

MITOS Y REALIDADES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA **Elías F. Combarro**

INSPIRANDO A LAS NIÑAS DE HOY **Marta Pérez Dorao** | AMENAZAS CUÁNTICAS A LA CIBERSEGURIDAD **Carlos Jiménez**

APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES CUÁNTICAS **Patricia García Garrido**

# T | e | L | O | S

**119**  
ABRIL 2022. 9€

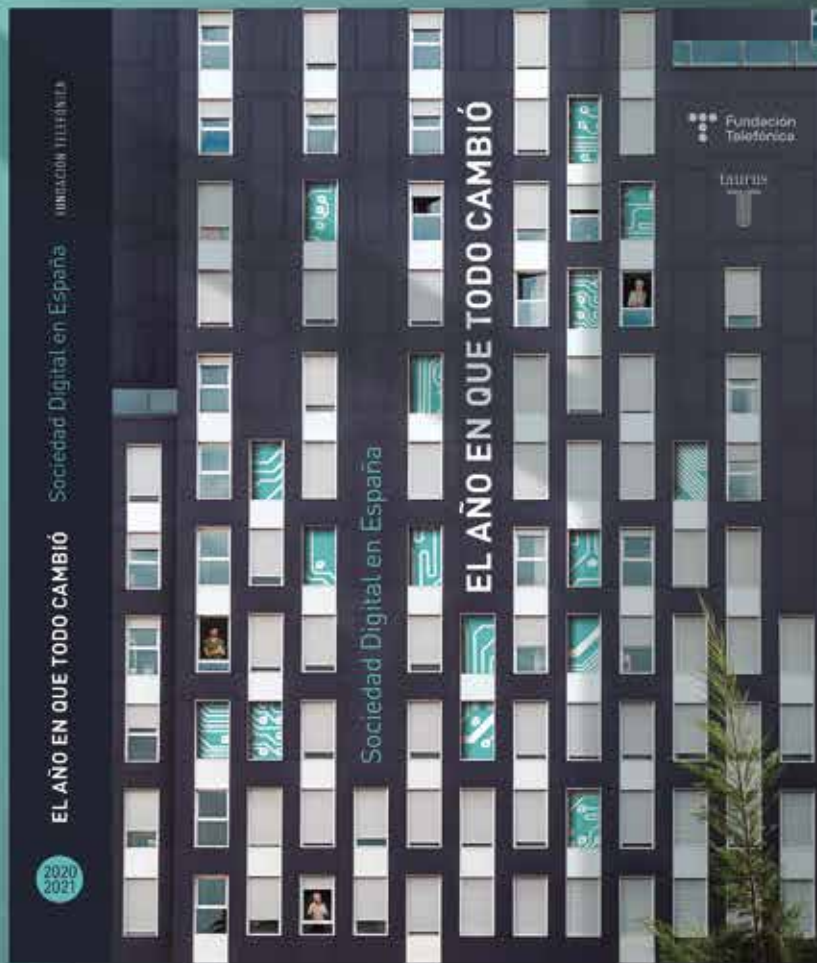
ENTREVISTA: JUAN IGNACIO CIRAC

Fundación  
Telefónica



## MUNDO CUÁNTICO

UNA NUEVA FORMA DE PROCESAR  
Y DE TRANSFORMAR LA SOCIEDAD



Informe de la Sociedad Digital en España

# EL AÑO EN QUE TODO CAMBIÓ 2020 - 2021

Descubre toda la información y los hitos  
que han revolucionado este periodo.

Descárgate  
gratis el informe  
aquí:

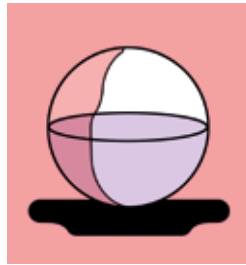
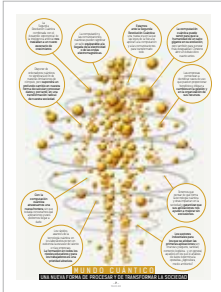


COMUNICACIÓN CUÁNTICA • DIPLOMACIA • FUTURO  
 COMPUTACIÓN CUÁNTICA • PLASTILINA • FRONTERAS  
 SOCIEDAD • PÓDCAST • AUDIO DIGITAL • CUÁNTICA  
 RECURSO PEDAGÓGICO • BIENESTAR • CRIPTOGRAFÍA  
 INNOVACIÓN EDUCATIVA • SIMULACIÓN • EMPRESAS  
 APRENDIZAJE ACTIVO • STEAM • FÍSICA CUÁNTICA  
 COMUNICACIONES CUÁNTICAS • SUPREMACÍA CUÁNTICA  
 APLICACIONES • INTELIGENCIA ARTIFICIAL • ESTRATEGIA  
 GESTIÓN • INDUSTRIA • TELECOMUNICACIÓN  
 HABILIDADES VIRTUALIZACIÓN  
 EDUCACIÓN PROSPECTIVA  
 CONOCIMIENTO UNIVERSIDAD  
 EMPLEABILIDAD COMUNICACIÓN  
 DIGITALIZACIÓN CIBERSEGURIDAD  
*SOFTWAREZACIÓN* TRANSFORMACIÓN  
 DERECHOS DIGITALES • RESOLUCIÓN INDUSTRIAL  
*QUBITS* • SOBERANÍA NACIONAL • SEGURIDAD  
 FIRMAS DIGITALES • MUJER Y CIENCIA • REDES  
 ESPAÑA • INCERTEZA • ORGANIZACIÓN LÍQUIDA  
*BLOCKCHAIN* • TALENTO • OPORTUNIDADES • TRIBU  
 ESTUDIANTE • ESTRATEGIA DOCENTE • NARRATIVA  
 RELATO • TRANSFORMACIÓN DIGITAL • INFANCIA  
 MUJERES REFERENTES • TECNOLOGÍA • IGUALDAD  
 VENTAJA COMPETITIVA • LENGUAJE GENERACIONAL  
 OPERACIONES LEGALES • CREATIVIDAD • EFICIENCIA



## -06- Presentación

Estamos ante la Segunda Revolución Cuántica: una nueva era en la que las leyes de la física se aplican a la computación y a las comunicaciones para transformarlo todo.



## -10- Autor invitado

MARÍA LUQUE

El trilema de las tecnologías cuánticas en el renacer global de los bloques geopolíticos.

## -17- Asuntos de comunicación

-18-  
TERESA BAZARRA

Un futuro de plastilina: un escenario flexible y caleidoscópico, en línea con la multiplicidad de la posmodernidad.

-22-  
RAÚL TEROL, ARIADNA FERNÁNDEZ Y NADIA ALONSO

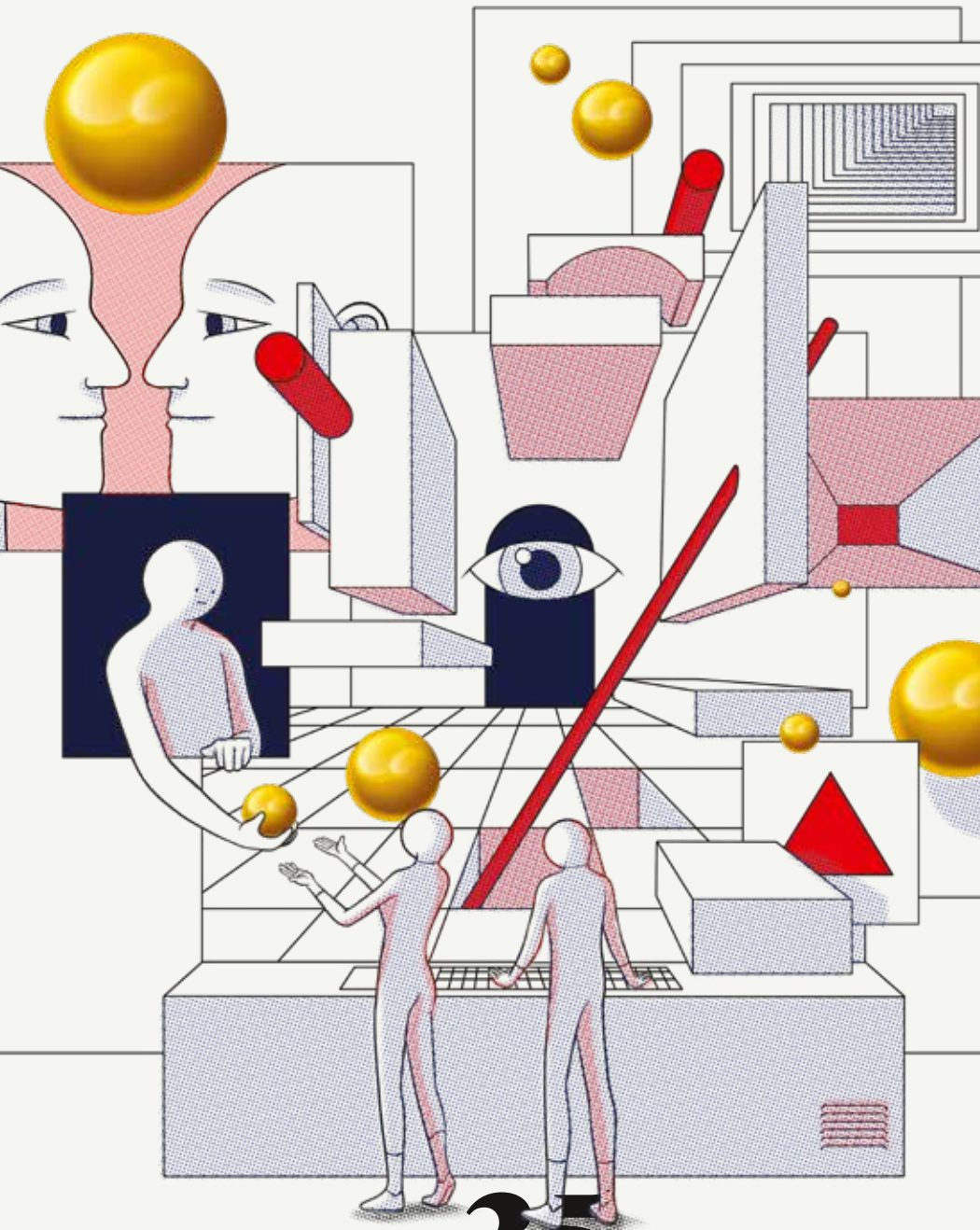
El uso del pódcast educativo como recurso pedagógico.



## -26- Entrevista

JUAN IGNACIO  
CIRAC

Entrevista con una de las mayores autoridades mundiales en el mundo cuántico. El español Juan Ignacio Cirac, director del Instituto Max Planck de Óptica Cuántica, considera que "los avances científicos se deben orientar al bienestar general".



# -35- Cuaderno

## MUNDO CUÁNTICO

### -36- ELÍAS F. COMBARRO

Computación cuántica: mitos y realidades. Las verdaderas capacidades de los ordenadores cuánticos.

### -42- PATRICIA GARCÍA GARRIDO

Un horizonte apasionante: aplicaciones de la computación cuántica.

### -50- ESPERANZA CUENCA GÓMEZ

La estrategia cuántica. Las compañías líderes y las tecnologías cuánticas.

### -58- ENRIQUE BLANCO

Softwarización y tecnologías cuánticas. Planck, *quanta* y redes de telecomunicación.

### -64- ARACELI VENEGAS- GÓMEZ

Escasez de talento en el creciente ecosistema cuántico.

### -72- SERGIO GAGO

Cerebros, soberanía nacional e Isaac Asimov. Más allá de los qubits.

### -79- Análisis

#### -80- CARLOS JIMÉNEZ

Las amenazas cuánticas para la seguridad.

#### -86- MARTA GARCÍA OUTÓN

Claves estratégicas para la España Digital 2025.

#### -92- DAVID MATA

Herramientas para la empleabilidad en el universo digital.

#### -98- ANTONIO FERNÁNDEZ-COCA

Estrategia para conquistar el aprendizaje.

#### -104- JOSE MANUEL ARNÁIZ

El mundo de Telos Chronopolus.

### -109- Experiencias

#### MARTA PÉREZ DORAO

Inspiring Girls, el ejemplo de mujeres referentes.

### -115- Biblioteca

Selección de las principales referencias bibliográficas.

### -121- Regulación

#### JORDI ESTALELLA

La digitalización de la asesoría jurídica como ventaja competitiva.

T | E | L | O | S 119

# Bienvenidos al universo cuántico

**T**odavía no sabemos cuándo ni dónde, pero científicos, académicos y analistas coinciden en que nos encontramos en los albores de la Segunda Revolución Cuántica. Viene determinada por la confluencia de la computación y la comunicación cuánticas; representa la aplicación de las leyes de la física a las áreas de la tecnología que más están impactando en nuestra existencia; y supone una nueva forma de procesar, de calcular y de transferir información de consecuencias todavía imprevisibles en nuestra forma de vida.

Juan Ignacio Cirac, el más prestigioso de los investigadores en este ámbito, lo resume afirmando que “estamos atravesando una nueva frontera”. Las aplicaciones de los avances conseguidos en los laboratorios todavía están por definir y los ordenadores cuánticos que se anuncian en la actualidad están repletos de errores y aún no han demostrado todo el potencial que se presupone. Llegará su momento. El de las máquinas y el de quienes ya se están preparando para esta nueva realidad cuántica, ya sean personas, instituciones o empresas.

Los historiadores señalan que la Primera Revolución Cuántica tuvo su punto de inflexión en 1945, con la llamada prueba Trinity en el desierto de Nuevo México. Hubo una explosión nuclear equivalente a 19.000 toneladas de dinamita basada en la fisión de plutonio y el mismo principio fue utilizado después en Nagasaki.

La Segunda Revolución Cuántica es un salto; no es un avance más, es realmente una disrupción, una ruptura con el pasado binario. La unidad fundamental deja de ser el bit y pasa a ser el cúbit. Podemos estar de enhorabuena: en un mundo en el que la complejidad es ya la norma, los ordenadores cuánticos nos ayudarán a ir por delante, a predecir, a adaptarnos con mayor facilidad al entorno cambiante y ahora impredecible. La combinación cuántica con otras tecnologías transformadoras como inteligencia artificial o el *blockchain* nos abre un futuro que debemos construir conforme a reglas absolutamente nuevas.

La exigencia también se hace mayor. Una nueva forma de procesar la información, de manejarla y de transferir los conocimientos adquiridos, obliga a configurar e impulsar nuevos aprendizajes, nuevas formas de organización social, corporativa y de gobernanza pública. Es una paradoja que cuando el progreso tecnocientífico pone a nuestro alcance un escenario en el que los problemas, por complejos que resulten, pueden llegar a resolverse —desde la desigualdad o la exclusión, al cambio climático— el conflicto bélico esté condicionando nuestro presente y el futuro.

No podemos caer en el desánimo. Aunque la cotidianidad duele, y hasta avergüenza, mientras el ejército de Putin destroza ciudades enteras y sesga el futuro de millones de personas, científicos e investigadores de todo el mundo luchan por el bien común. La historia demuestra que la peor de las crisis es una oportunidad. Construir un futuro mejor, en cooperación, aunando esfuerzos y propósitos aún —y siempre— es posible porque está en nuestra mano. Si la humanidad en su conjunto y cada individuo, en particular, no lo hubiera creído así no habiéramos alcanzado las altas cotas de desarrollo global que hemos conseguido.



**JUAN MANUEL ZAFRA**  
Director de TELOS

La Segunda Revolución Cuántica combinada con el desarrollo exponencial de la inteligencia artificial nos trasladan a un nuevo escenario de crecimiento.

La computación y las comunicaciones cuánticas pueden significar un salto equiparable a la llegada de la electricidad o de las ondas electromagnéticas.

Estamos ante la Segunda Revolución Cuántica: una nueva era en la que las leyes de la física se aplican a la computación y a las comunicaciones para transformarlo todo.

La computación cuántica puede servir para que la humanidad dé un salto gigante en su evolución, pero también para generar más desigualdad. Conviene abrir un debate ético cuanto antes.

Disponer de ordenadores cuánticos no significará el fin de nuestras limitaciones de cómputo, pero supondrá un profundo cambio en nuestra forma de calcular y procesar datos y, por tanto, en una transformación radical de nuestra sociedad.

Las empresas comienzan a identificar casos de uso que pueden proporcionar beneficios y obligan a cambios en la gestión y en la organización de sus recursos.

Con la computación cuántica atravesamos una nueva frontera, sin que todavía conozcamos qué aplicaciones y usos podremos llegar a darle.

Tenemos que pensar de qué forma la tecnología cuántica y otras impactan en la sociedad y garantizar que sus aplicaciones nos ayuden a mejorar sin exclusiones.

Los rápidos avances de la tecnología cuántica en los laboratorios ponen en evidencia la escasez de talento en las empresas. La formación en todos los niveles educativos y para los trabajadores es una prioridad absoluta.

Los sectores industriales para los que se atisban las primeras aplicaciones son finanzas y seguros, sanidad, comercio, logística... y, en general, aquellos en los que el análisis de datos determina la operativa. ¿Agricultura, medio ambiente?

## MUNDO CUÁNTICO

UNA NUEVA FORMA DE PROCESAR Y DE TRANSFORMAR LA SOCIEDAD



### **MARÍA LUQUE**

Responsable del Máster Europeo de Inteligencia Artificial para el Sector Público y consultora de estrategia y políticas públicas tecnológicas. Ha trabajado con consultoras multinacionales, asociaciones tecnológicas y gobiernos, entrelazando intereses para diseñar tecnologías de interés público.

@madamejuliet



### **TERESA BAZARRA**

Periodista y humanista, siempre en busca de nuevas formas de comunicar, crear y pensar de manera colectiva. Es parte del equipo de Transformación en Prodigioso Volcán y ha trabajado en medios como *The Objective* o *Emisora M21*.

@BazarraTeresa



### **RAÚL TEROL**

Profesor de radio y audio digital en la Universitat Politècnica de València, Campus de Gandía. Su investigación se centra en el campo de la comunicación y, específicamente, del *podcasting*. Fundador de *Educast*, jornada de divulgación sobre el *podcast* educativo.

@raulterol



### **ARIADNA FERNÁNDEZ**

Profesora contratada doctora en la Universidad Politécnica de Valencia. Doctora en Comunicación Pública por la Universidad Pompeu Fabra (Barcelona), su investigación versa sobre el impacto de las TIC en diferentes ámbitos de la vida.

@e\_ariadna



### **NÀDIA ALONSO**

Doctora en Comunicación, máster en Gestión de la Producción Audiovisual, máster en Marketing y Comunicación Digital. Profesora en la Universitat Politècnica de València. Codirectora del Congreso Internacional de Nuevas Narrativas en la Sociedad Digital - Digit-ALL.

@NadiaA40



ILUSTRACIÓN: JORGE ESTEBAN



### **ARACELI VENEGAS-GÓMEZ**

Dejó su carrera en Airbus Alemania para doctorarse en Simulación Cuántica por la Universidad de Strathclyde en Glasgow (Escocia). Tras identificar la necesidad de cerrar la brecha entre industria y academia fundó su empresa, QURECA, en 2019.

@sciencefreak\_



### **SERGIO GAGO**

Ingeniero en Telecomunicaciones, MBA y UPC postgrado en Computación Cuántica. Emprendedor, *business angel* y CTO. Fundador de Qapitan Quantum, plataforma de despliegue de algoritmos cuánticos y *managing director* en Moody's Analytics. Consultor en The Pirate CTO.

@piratecto



### **CARLOS JIMÉNEZ**

Es considerado uno de los mayores expertos mundiales en ciberseguridad. Creó el primer antivirus de ordenador contra el virus *Viernes 13* en 1988, antes de acabar la carrera de ingeniería de Telecomunicación en la UPM. Ha fundado dos multinacionales: Anyware y Secuware.

@cjimenezsuarez



### **MARTA GARCÍA OUTÓN**

Consultora estratégica y directora del Instituto de Seguridad y Cultura. Es colaboradora de la Cátedra de Innovación, Tecnología y Transición Digital del Observatorio MESIAS - Inteligencia de Marca España. Fue Fundadora de la consultora GIASP Intelligence & Strategy. Es autora del blog *ImpactON Future*.

@martagou

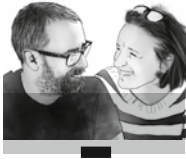


### **DAVID MATA**

Comunicador audiovisual y *storyteller*. Su mayor pasión es la curiosidad radical, que le permite mantener la atención en las preguntas y el pensamiento crítico. Intenta entender de qué material está hecha la condición humana. Conecta saberes multidisciplinares.

@dmataes





### **DAQ**

Dúo creativo especializado en ilustración formado por la ilustradora Anna Miracle Fandos y el ilustrador David Acevedo Queral. Combinan los encargos comerciales con la producción de piezas personales. Trabajan para *Adobe, Spotify, Politico, The New Yorker* o *Wired*, entre otros.  
@weareDAQ



### **ELÍAS F. COMBARRO**

Profesor titular del Departamento de Informática de la Universidad de Oviedo. Doctor en Matemáticas. Investigador en computación cuántica e inteligencia artificial. Representante de España en la junta asesora de la Iniciativa de Tecnologías Cuánticas del CERN.



### **PATRICIA GARCÍA GARRIDO**

Ingeniera Superior en Informática por ICAI con especialización en computación cuántica en el MIT. Trabaja en Kyndryl como *Quantum, Data&Artificial Intelligence domain leader*. Profesora, mentora y voluntaria en computación cuántica, IA y tecnología.



### **ESPERANZA CUENCA GÓMEZ**

Es responsable de Navegación del Cambio en el Quantum Strategy Institute. También lo es de estrategia y divulgación en Multiverse Computing. A finales de 2019 comenzó a estudiar computación cuántica y comunicaciones.



### **ENRIQUE BLANCO**

Director Global de Tecnología e Información (CTIO) de Telefónica desde 2017, y miembro del Comité Ejecutivo desde 2019. Director de Tecnología de Telefónica desde 2011. Es físico por la Universidad Complutense de Madrid y Máster PDG por el IESE.

# radóres



### **ANTONIO FERNÁNDEZ-COCA**

Licenciado en Bellas Artes, doctor en informática y profesor titular de universidad en Expresión Gráfica Arquitectónica. Comunicador y creador de textos e imágenes, disruptivo, transmedia y creyente en audificación. Apuesta por el aprendizaje en 360°.  
@fernandezcoca



### **JOSE MANUEL ARNÁIZ**

Fundador de una docena de empresas con base tecnológica, incluyendo Jazztel y lo que hoy es DIGI mobil en España. Diplomado en Gobierno Corporativo. Autor de *El Mundo de Telos Chronopoulos* (2021) y *Transformation Occurs at Night* (2020).  
@jmarnaiz



### **MARTA PÉREZ DORAO**

Presidenta de la Fundación Inspiring Girls y directora general de la Federación Española de Comerciantes de Electrodomésticos (FECE). Es abogada de empresa y durante más de treinta años ha trabajado en el sector del *software*.  
@InspirinGirlsE



### **JORDI ESTALELLA**

Socio y consultor de AlterWork y LOIS (*Legal Operations Institute Studies*), abogado y profesor de *Legal Tech* y *Legal Operations* en ESADE.  
@jordiestalella



MARÍA LUQUE

Palabras clave:  
comunicación  
cuántica,  
computación  
cuántica, geopolítica,  
cooperación,  
diplomacia.



## EL TRILEMA DE LAS TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS EN EL RENACER GLOBAL DE LOS BLOQUES GEOPOLÍTICOS

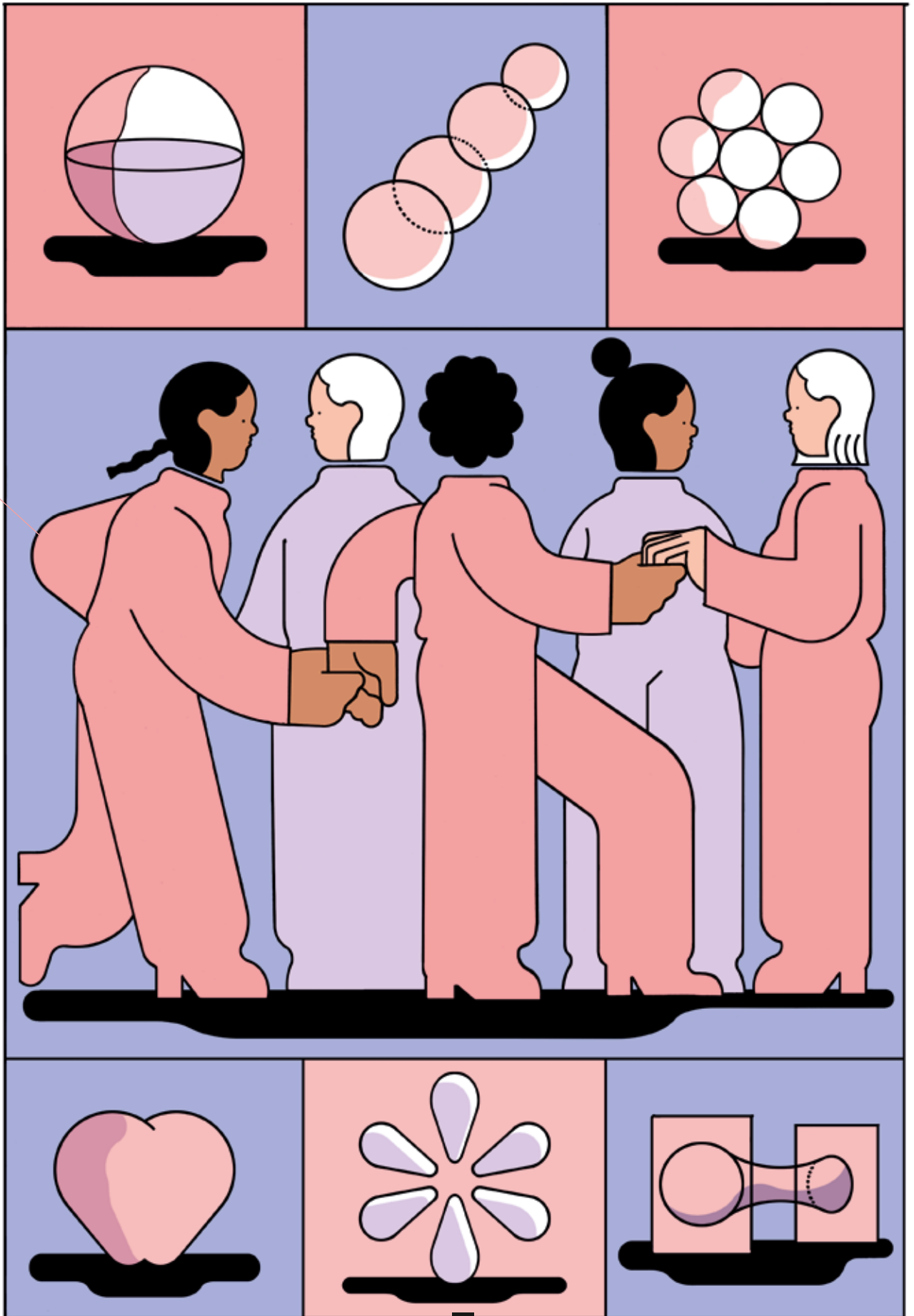
# Un elefante cuántico en la sala

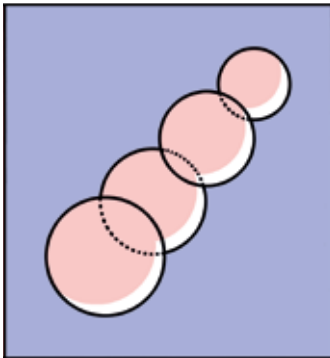
El sueño del Internet cuántico pone de manifiesto cuán necesaria es la cooperación internacional para construir infraestructuras tecnológicas. El escenario geopolítico, polarizado, plantea límites a esta cooperación tecnológica, y reduce los factores que determinarán estos esquemas a un trilema.

*The trilemma of quantum technologies in the global revival of geopolitical blocks*  
**A QUANTUM ELEPHANT IN THE ROOM**

*The dream of the quantum Internet highlights the need for international cooperation to build technological infrastructures. The polarized geopolitical scenario poses limits to this technological cooperation, and reduces the factors that will determine these schemes to a trilemma.*

**Keywords:** quantum communication, quantum computing, geopolitics, cooperation, diplomacy.





1 Ezratty, O. (2021). "Understanding Quantum Technologies" en *Le Lab Quantique*.

2 Quantum Internet Research Group. *Architectural Principles for a Quantum Internet*. IETF, 2022. Disponible en: <https://www.ietf.org/id/draft-irtf-qirg-principles-10.html#name-introduction>

3 Fundeu recomienda el uso de cúbit en vez del inglés *qubit*. No obstante, al estar extendido el uso de *qubit*, hemos preferido mantener el criterio de cada autor/a.

4 Más información sobre el Quantum Internet Alliance en: <https://qt.eu/about-quantum-flagship/projects/european-quantum-internet-alliance/>

5 Acín, A. et al. (2018). "The quantum technologies roadmap: a European community view" en *New J. Phys.* Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/aad1ea>

6 Kozłowski W.; Dahlberg A. y Wehner S. (2020). "Designing a quantum network protocol" en CoNEXT. Proceedings of the 16th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies Disponible en: <https://research.tudelft.nl/en/publications/designing-a-quantum-network-protocol>

7 Más información en: <https://www.nist.gov/news-events/news/2020/07/nists-post-quantum-cryptography-program-enters-selection-round>

Las tecnologías cuánticas ofrecen oportunidades para dar un salto cualitativo en diferentes ámbitos que necesitan no solo de nuevas soluciones, sino de nuevos caminos para llegar a ellas. Se trata de una tecnología que se apoya en las leyes fundamentales de la naturaleza para proveer de músculo: sentir de manera más aguda (metrología y sensorización cuánticas), ver con mayor claridad, contemplar ángulos diferentes (simulación cuántica), analizar más rápido (computación) y comunicar de manera más segura (comunicación)<sup>1</sup>. Se trata de tecnologías habilitadoras de potencial transformador que rompe el *status quo* del equilibrio global —cómo y cuán efectivamente me protejo— y generan a su alrededor una carrera geopolítica por obtener sus rendimientos en un mundo cada vez más polarizado, con el objetivo de obtener una ventaja cuántica.

Para conseguirla, a largo plazo, necesitamos escalar física y operativamente los desarrollos tecnológicos en los que trabajamos actualmente, como la computación y la comunicación cuántica.

Encontramos un ejemplo paradigmático en el caso del Internet cuántico. Y es que necesitamos no un ordenador, sino una red de computación para alcanzar la fuerza computacional que requiere el resolver grandes desafíos. Es difícil construir ordenadores cuánticos lo suficientemente grandes para resolver los grandes desafíos de nuestra época. Investigadores en todo el mundo señalan que, para llegar a ese estadio, necesitamos un ordenador cuántico distribuido, esto es, uno que funcione en red<sup>2</sup>. Porque el poder de la computación cuántica reside en tener un gran número de *qubits*<sup>3</sup>. Y para eso, necesitamos una red de *networking* cuántico, un Internet cuántico que entrelace un significativo número de *qubits*.

No solo para lo anterior, también podemos aprovechar una red distribuida de nodos cuánticos para mejorar la *seguridad de las redes de comunicación*, y para mejorar la arquitectura de la conectividad global, con un control más exhaustivo del flujo de información. El Internet cuántico se presenta así como un posible relevo del sistema nervioso de la conectividad global, representando el desafío conjunto de la computación y de la comunicación cuántica. Y del *software* habilitador —los algoritmos cuánticos— que operen en la red, en lo que a computación se refiere.

La construcción de un Internet cuántico presenta desafíos técnicos a corto y largo plazo. La computación cuántica se encuentra en desarrollo, y algo tan básico como mantener la coherencia de los estados cuánticos de los *qubits* —la capacidad computacional— se trabaja desde diferentes perspectivas, desde los iones atrapados a las juntas super-

conductoras. La comunicación cuántica, base de la interconexión de la red, afronta desafíos como la pérdida paulatina de la intensidad de la señal fotónica a medias distancias, la corta memoria de los repetidores cuánticos o la dolorosa sincronización, necesaria para hacer efectivo el entrelazamiento entre fotones.

A la hora de afrontar estos retos, será clave el desarrollar soluciones y *hardware* que sean interoperables: diferentes tipos de repetidores cuánticos deberían poder trabajar entre ellos, redes heterogéneas deberían poder integrarse a medida que los “cinturones” de Internet se interconecten. Para ello, el desarrollo común de estándares tecnológicos será clave.

Con la tecnología aún en su infancia, hay que trabajar pensando en las grandes infraestructuras que lo habilitarán. Afianzando pasos en esta aventura, Europa tiene la Alianza del Internet Cuántico<sup>4</sup>. Estados Unidos tiene Q-Next, el programa nacional de ciencias de la información cuánticas.

El ejemplo del Internet cuántico pone de manifiesto cuán necesaria es la cooperación entre ecosistemas de innovación para alcanzar estas cotas de desarrollo tecnológico. Los ecosistemas público-privados de I+D actuales se mantienen dentro de los límites de las fronteras nacionales, tal es el caso de los Estados Unidos o China. O dentro de las fronteras del continente europeo, en el caso de la Unión Europea<sup>5</sup>. Sin embargo, será potencialmente necesario explorar estas fronteras, diluirlas, en algunos casos, para desarrollar por completo infraestructuras operativas como el Internet cuántico. Será necesario un papel protagonista del Estado en estos proyectos.

El escenario geopolítico actual, polarizado y con la seguridad física y digital de los países en riesgo, plantea lími-

tes a la cooperación necesaria para llevar a cabo proyectos internacionales. Se materializan de nuevo las narrativas Occidente frente a Oriente. Volvemos cíclicamente a la guerra, explícitamente multidimensional: psicológica, física, digital.

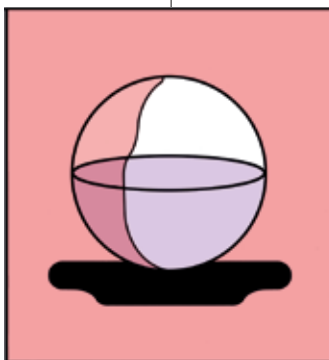
Las tecnologías cuánticas prometen darnos un respiro en lo que a protección y defensa de las comunicaciones y de las conexiones se refiere, con un compromiso a largo plazo —el desarrollo paulatino de computación y comunicación conectada—, una misión —la soberanía tecnológica como garante de un orden liberal— y una necesidad de colaboración para alcanzar estos hitos.

Frente a esta necesidad, naciones en todo el globo afrontan un conflicto de confianza y de cooperación que deberán resolver para plantear su hoja de ruta nacional

en lo referente a las tecnologías cuánticas. En este escenario, cada país tendrá que hacerse preguntas en dos dimensiones: ¿con quiénes coopero? y ¿con qué contribuyo ¿con quién gano, con quién pierdo?.

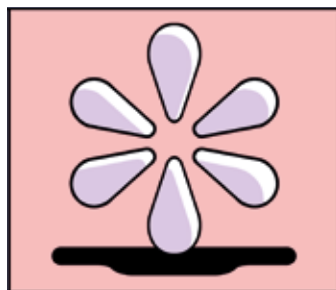
Para ayudarse a dar respuesta a las preguntas anteriores, se propone un sencillo esquema de tres dimensiones que es necesario ponderar a la hora de elaborar una estrategia cuántica: el trilema cuántico. Que consta de:

**El desarrollo de estándares tecnológicos.** Ser proactivos generando estándares de calidad y de construcción técnica determinará la influencia de cada país, o de cada bloque, en la generación de productos finales de tecnologías cuánticas: desde la construcción de repetidores cuánticos, hasta la *suite* de protocolos para poner en marcha nodos de una red<sup>6</sup>, pasando por la estructura de los cinturones de comunicación cuánticos: enteramente ■■■



Necesitamos no un ordenador, sino una red de computación para alcanzar la fuerza computacional que requiere resolver grandes desafíos

# El escenario geopolítico actual plantea límites a la cooperación necesaria para llevar a cabo proyectos tecnológicos internacionales



<sup>8</sup> Más información en: <https://www.cenelec.eu/areas-of-work/cen-cenelec-topics/quantum-technologies/>

<sup>9</sup> Más información en: [https://www.escludigital.com/ciberseguridad/la-comunicacion-cuantica-tensa-la-carrera-hacia-la-ciberseguridad-en-europa\\_31519\\_102.html](https://www.escludigital.com/ciberseguridad/la-comunicacion-cuantica-tensa-la-carrera-hacia-la-ciberseguridad-en-europa_31519_102.html)

<sup>10</sup> Más información en: <https://eurohpc-ju.europa.eu/calls/call-expression-interest-hosting-and-operation-european-quantum-computers-integrated-hpc>

cuánticos, implementados en superposición sobre estructuras de comunicación clásicas —Internet— y otras múltiples piezas y arquitecturas.

Ser un *standard-setter*, que implica, a la par, que los estándares sean aceptados por países y por potenciales fabricantes, también determinará con qué grado de dependencia tecnológica de otros países construimos nuestros sistemas tecnológicos. En este sentido, actores públicos y privados han trabajado conjuntamente en el seno de la Unión de Telecomunicaciones Internacional (ITU) para desarrollar estos estándares. Estados Unidos espera para 2022-2023 el set de estándares del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST)<sup>7</sup>, que trabaja con diversas iniciativas nacionales y con el consorcio industrial QED-C. La Unión Europea ha presentado su estrategia de estandarización, y se esperan esfuerzos conjuntos del organismo de estandarización CEN-CENELEC<sup>8</sup>, la Comisión y la industria cuántica europea. La pregunta aquí sería determinar en qué corriente de estándares nos apoyamos, y si coadyuvamos a desarrollarla, invirtiendo capacidades nacionales de I+D.

**La transferencia tecnológica.** Será necesario articular modelos de transferencia tecnológica entre países y entre regiones para cooperar en el desarrollo de infraestructuras conjuntas. Como ejemplo, la Unión Europea desarrolla la Infraestructura de Comunicación Cuántica (EuroQCI) cooperando con empresas y centros de innovación de los 27 países europeos. Y éstos implementan sus proyectos de comunicación cuántica, como España, con miras a integrarlos, o a que sean interoperables, con esta infraestructura europea, que plantea en sus contratos de desarrollo mantener la completa propiedad intelectual de la tecnología desarrollada<sup>9</sup>. Encontramos un ejemplo diferente en los Estados Unidos, que plantean la cooperación bilateral estratégica con países amigos, en acercamientos 1-1, en su *National Strategic Overview for Quantum Information Science* (2018). La pregunta aquí sería en qué ámbitos o dimensiones de desarrollo de tecnologías cuánticas estamos dispuestos a cooperar, o en qué ámbitos necesitamos cooperar.

**El modelo energético.** El uso energético de los futuros ordenadores cuánticos, y de estos conectados en red, plantea actualmente preguntas sobre eficiencia energética y sostenibilidad medioambiental difíciles de contestar. Como planteamiento más experimental, proponemos seguir la

pista de las últimas investigaciones científicas, que esgrimen que la energía requerida para la refrigeración de los ordenadores cuánticos es significativamente mayor que la energía requerida para computar, un patrón inverso al que presenta la computación convencional. Diseñar ordenadores cuánticos, centros de computación y cinturones de comunicación de un Internet cuántico nacional, regional o, quién sabe, global, requerirá resolver conjuntamente el reto de generar sistemas de refrigeración efectivos, cuyo uso energético no escale con el tamaño del sistema. Planteamos, siempre en nuestra opinión, que es probable que el garantizar la sostenibilidad energética de las infraestructuras cuánticas haya de tener en cuenta la geopolítica energética del momento, y que requieran estos esfuerzos de alianzas en dimensiones más allá de la tecnológica.

Tras esgrimir estrategias en estas aristas, será imprescindible pensar en esquemas de incentivos a la hora de cooperar con otros países: ¿Con quién y por qué genero interdependencias de uso de lo cuántico? Analizar qué países podrán usar nuestros algoritmos, quiénes obtienen vía libre para comprar nuestro desarrollo tecnológico. Un análisis de capacidades y de necesidades enfocado a enriquecer el desarrollo tecnológico mediante la cooperación, garantizando un uso rentable y escalable de nuestras tecnologías. Sirviendo la tecnología al desarrollo de soluciones comunes a retos compartidos.

Teniendo en cuenta que, con la cooperación en la construcción de infraestructuras compartidas, surge la necesidad de especialización o de trabajo planificado y en red, algo que fomenta, por ejemplo, la Unión Europea, y que puede verse también en sus recientes expresiones de interés para hospedar y operar, de manera descentralizada, ordenadores cuánticos integrados en el EuroHPC, el ecosistema de supercomputación europeo<sup>10</sup>.

Con los anteriores dilemas en mente, los países han de ser activos determinando su papel en los órdenes colectivos de desarrollo tecnológico que se generen en estos bloques. Países como Reino Unido, China, Estados Unidos, Alemania, Japón, Australia, Israel, Rusia, Francia y Taiwán han lanzado ya sus estrategias cuánticas nacionales.

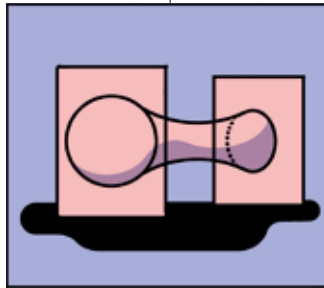
Tanto estos como los países restantes han de esgrimir una estrategia propia que permita que su inversión cuántica

de dé réditos en el medio y en el largo plazo. Esto pasa por proveer al ecosistema de I+D y empresarial con un mercado amplio para sus aplicaciones comerciales (capital), por alimentar proyectos comunes que garanticen nuestro bienestar y seguridad (intangibles comunes) y por reservarnos la ventaja competitiva que nos permita conservar nuestra seguridad y nuestra libertad en este mundo polar (el interés nacional).

Se hace necesario articular una diplomacia tecnológica responsable para elevarse como potencias cuánticas, articulando una visión para sí y para el mundo. A nivel de país, se habrá de establecer una visión y misión nacional, priorizando estratégicamente las líneas de desarrollo del proyecto nacional, así como las líneas de I+D prioritarias. En su relación con el mundo, será necesario plantear estrategias que creen esquemas de cooperación comunes. Entrelazando intereses con

otros países, así como se entrelazan fotones.

En un mundo polar en el que las ganancias se hacen tangibles si actuamos de manera colectiva, se torna en responsabilidad salir al mundo a hacer la diplomacia de lo que necesitamos, de lo que no queremos, y de lo que estamos dispuestos a contribuir. El mundo tiende hacia una supremacía cuántica a la carta: de nacionalización o cooperación y especialización. Trabajemos en una verdadera diplomacia tecnológica, identificando y cooperando en resonancia con nuestros compañeros de viaje.



## Bibliografía

- Agudo, A.; López, V.; Diego, D.; Peev, M.; Poppe, A.; Pastor, A.; Folgueira, J.; y Vicente, M. (2019). "The engineering of software-defined quantum key distribution networks" en *IEEE Communications Magazine*. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1907.00174>
- Kozłowski W.; Dahlberg A. y Wehner S. (2020). "Designing a quantum network protocol", CoNEXT 2020 - Proceedings of the 16th International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies, pp. 1-16. Disponible en: [<https://research.tudelft.nl/en/publications/designing-a-quantum-network-protocol/>]
- Martin, M.; Hughes, C.; Moreno, G.; Jones, E.; Sickinger, D.; Narumanchi, S. y Grout, R. (2021). "Energy use in quantum data centers: Scaling the impact of computer architecture, qubit performance, size, and thermal parameters" en *National Renewable Energy Laboratory*. Disponible en: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2103/2103.16726.pdf>
- U.S. National Science & Technology Council (2018). *National Strategic Overview For Quantum Information Science*. Disponible en: [https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018\\_NSTC\\_National\\_Strategic\\_Overview\\_QIS.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf)



Todo el contenido  
de TELOS en un  
único espacio

# 119 NÚMEROS A TU ALCANCE

[telos.fundaciontelefonica.com](http://telos.fundaciontelefonica.com)



El futuro nos  
descubre día a día  
nuevas formas de  
comunicar,  
de producir, de  
habitar, de ser.  
La interacción con  
seres y máquinas  
adopta formas  
y formatos  
novedosos. La voz  
nos acerca  
y el podcast sigue  
creciendo.

# asuntos de diseño.





TERESA BAZARRA URQUIDI

PARA MENTES CURIOSAS,  
ELÁSTICAS Y VISIONARIAS

# Un futuro de plastilina

El futuro se perfila como un escenario flexible y caleidoscópico, en línea con la multiplicidad que prometía la posmodernidad; con un espíritu curioso, lúdico y visionario que descubra nuevas formas de producir, de habitar, e incluso de ser.

Los posestructuralistas franceses de los años 70 ya nos avisaron. La posmodernidad —ese desarrollo cultural, artístico y filosófico que aún impregna el pensamiento actual, se caracteriza por la caída de fronteras. Lo que en un momento se consideró alta cultura —de las partituras de Vivaldi a una pintura de Rubens— se diluye con la cultura popular —de Harry Potter a los Beatles—; una perspectiva multicultural relativiza los valores canónicos de la sociedad occidental; y los grandes relatos que habían funcionado como un marco unificador de la sociedad, que habían dado sentido a las acciones humanas —desde el cristianismo hasta el relato racional que prometía progreso—, se derrumban, dando paso a infinitos microrrelatos, pilares incluso individuales, versiones para todos los gustos y creencias.

Si bien la posmodernidad convive hoy en día con otros muchos movimientos —lo que, irónicamente, es parte de su esencia—, su huella es innegable en nuestra sociedad. Las fronteras han caído. Por un lado, entre lugares, a través de un proceso de globalización y deslocalización que hace que una persona pueda vivir en Málaga, trabajar en Estambul, mantener una relación a distancia con alguien de Boston y comprar en tiendas francesas.

Y es que la caída de fronteras deriva también de la digitalización, del puente construido entre lo virtual y lo presencial, que ha llegado a la educación —cada vez es más frecuente que haya alumnos conectados en línea siguiendo una clase impartida en presencial, o que una clase llena de estudiantes reciba una formación en línea—, al ocio —ir al cine y a un concierto ya no es incompatible con consumir contenidos en Netflix o escuchar música en Spotify—, al trabajo —con el modelo laboral híbrido— e incluso a la socialización —los vínculos socio afectivos nacidos en plataformas como Tinder son un claro ejemplo de ello—.

Sin embargo, la caída de fronteras va más allá de los hábitos y estilos de vida y alcanza un nivel identitario: la teoría *queer* —que en los años 90 empezó a reivindicar otras sexualidades más allá de la dicotomía masculino/femenino y a desafiar la tradicional correspondencia entre sexo y género— está más a la orden del día que nunca. En junio de 2021, el Gobierno de España aprobaba el anteproyecto de la llamada Ley Trans, que permite la autodeterminación de género a partir de los 14 años. Una persona podrá, por su propia voluntad, cambiar su sexo y nombre en el Documento Nacional de Identidad (DNI), revelando que las nociones identitarias aparentemente estables empiezan a ser insuficientes y reclamando una mayor fluidez, también en la forma en que nos identificamos como seres humanos y nos presentamos a la sociedad.

For curious, elastic and  
visionary minds

**A FUTURE OF PLASTICINE**

The future is shaping up as a flexible and kaleidoscopic scenario, in line with the multiplicity promised by postmodernity, with a curious, playful and visionary spirit that discovers new ways of producing, of living and even of being.

**Keywords:** future, plasticine, frontiers, postmodernity, society.

Palabras clave:  
futuro,  
plastilina,  
fronteras,  
posmodernidad,  
sociedad



ILUSTRACIÓN: JEFF BENEFIT

Quizás la clave resida en un  
escenario elástico; espíritu  
curioso, casi lúdico

# Un uso crítico de las herramientas nos orientará hacia el escenario ético, político y social que queramos construir



<sup>1</sup> Rodríguez de las Heras, A.: "El mundo digital no es líquido, es húmedo". Edición España. *El País*, 2019. [https://elpais.com/retina/2019/11/07/tendencias/1573109538\\_388857.htm](https://elpais.com/retina/2019/11/07/tendencias/1573109538_388857.htm)

<sup>2</sup> Rodríguez de las Heras, A. (2013). "La Aventura del Saber", en RTVE. Disponible en: <http://www.rtve.es/alacarta/videos/la-aventura-del-saber/aventura-del-saber-antonio-rodriguez-heras/2211701/>

Por su parte, Mark Zuckerberg ha culminado el derrumbe posmoderno de las fronteras entre realidad y ficción asegurando que Facebook (ahora llamado Meta) liderará la creación del Metaverso, un universo virtual donde podríamos tener una vida paralela mediante las tecnologías inmersivas. Si bien la idea no es nueva, el hecho de que esta vida independiente del mundo real no se conciba como algo ficticio y sea una posibilidad de negocio, donde las grandes tecnológicas quieren invertir, nos muestra que las fronteras y los límites tradicionales tienen cada vez menos valor.

## Caleidoscopio cultural

Si atendemos a todos estos fenómenos que marcan el panorama actual, el futuro se perfila como un escenario maleable, en línea con la multiplicidad que prometía la posmodernidad; una suerte de caleidoscopio de identidades, lugares y no-lugares, de relatos. Bauman (2002) habló de una "modernidad líquida" y Rodríguez de las Heras de un "mundo digital húmedo"<sup>1</sup>. Sin embargo, quizá la clave resida en un escenario más bien elástico, con un espíritu curioso, casi lúdico —pero también visionario—, que descubra nuevas formas de producir, de habitar, e incluso de ser. Un futuro de plastilina.

Ahora bien, si la plastilina no se cuida, corre el riesgo de secarse rápido: es entonces cuando renacen los muros de piedra, duros, inflexibles, áridos. Es precisamente en ese punto de inflexión en el que se encuentra la sociedad actual. A medio camino entre ir más allá de lo efímero, de aquello que carece de principios y caduca una vez se consume, y una polarización —ya no solo política— que nos divide en compartimentos estancos e inmóviles, que enturbia el diálogo y nos impide avanzar.

Son numerosos los fenómenos que hacen tambalear ese futuro de plastilina, pues la flexibilidad siempre ha sido un arma de doble filo. ¿Un ejemplo? Cada vez son más las empresas que permiten a sus trabajadores decidir desde dónde trabajan y hacerlo dentro de un horario laboral relativamente flexible. Sin embargo, si esta flexibilidad no se ofrece desde la confianza y la comunicación, es muy probable que derive en dinámicas de vigilancia y escepticismo, levantando nuevos muros cuando en realidad se quería fomentar un ambiente más horizontal, adaptado a las circunstancias vitales de cada trabajador. Un futuro complejo, que trate de abarcar

múltiples realidades, perspectivas y formas de vida, requerirá una base sólida sobre la que poder construir.

Lo mismo ocurre con la brecha digital: la tecnología puede ser una herramienta clave en la democratización de la información, la accesibilidad a la educación y a la cultura, los avances científicos... Sin embargo, también puede ser la propia tecnología la que perpetúe otras brechas ya existentes a nivel socioeconómico, de género o edad si no se cuestionan sus límites y sesgos.

En este sentido, las redes sociales son otro ejemplo claro. Sus posibilidades como elemento de cohesión social y debate público compiten con la urgencia por posicionarnos inmediatamente en cada polémica. Ante una conversación con fecha de caducidad, no existe el tiempo para escuchar, reflexionar y, finalmente, poder decidir. La clave residirá en un uso inteligente y crítico de las herramientas que nos permita orientar los avances hacia el escenario ético, político y social que queramos construir.

Cuando hablamos de un futuro de plastilina, no solo nos referimos a las posibilidades que este ofrece. Se trata también de una cuestión de actitud, de cómo afrontamos ese caleidoscopio de identidades, perspectivas y valores. La diversidad del panorama actual puede ser enriquecedora, pero también compleja, y esto requiere de una sociedad a la altura.

Una sociedad maleable —que no líquida o superficial—, flexible e inteligente, con capacidad de imaginación y creatividad, que sabe reaccionar y enriquecerse ante la disrupción y la diversidad. Esas serán las mejores armas contra la incertidumbre, contra el miedo y la hostilidad que hace crecer los muros. Tal y como dijo Antonio Rodríguez de las Heras, “vamos a tener que acostumbrarnos a respirar incertidumbre cuando siempre nos ha gustado respirar certezas”<sup>2</sup>; es lo que va a caracterizar el cambio cultural que se avecina. Por tanto, estemos preparados, apostemos por lo flexible, por lo que tolera, lo que se adapta; cuidemos ese futuro de plastilina para que nunca llegue a secarse.

---

## Bibliografía

- Bauman, Z. (2002). *Modernidad líquida*. México, Fondo de Cultura Económica de España (FCE).  
Butler, J. (2007). *El género en disputa*. Barcelona, Ediciones Paidós.  
Lyotard, J. F. (2006). *La condición postmoderna: informe sobre el saber*. Madrid, Cátedra.





RAÚL TEROL  
ARIADNA FERNÁNDEZ  
NÀDIA ALONSO

## EL USO DEL EDUCASTING COMO RECURSO PEDAGÓGICO

# ¡Larga vida al pódcast!

Creado a partir de la suma de dos tecnologías complementarias como son el audio digital y la sindicación de contenidos, el pódcast apareció hace dos décadas, pero ha sido en el último lustro cuando ha conseguido el verdadero impulso.



### Palabras clave:

podcast, audio digital, recurso pedagógico, innovación educativa, aprendizaje activo.

La innovación educativa y el profesorado en búsqueda de nuevas herramientas para conectar con su alumnado y ayudar a transmitirles conocimientos y competencias es una constante en el mundo educativo, desde la educación infantil a la educación universitaria. Uno de los últimos actores en ser incorporado en las aulas como recurso pedagógico ha sido el pódcast.

El pódcast arranca en los albores del siglo XXI con la unión de la sindicación de contenidos o RSS y los ficheros de audio digital, eminentemente en formato MP3. La sindicación posibilita suscribirnos a un contenido y que este llegue directamente a nuestro dispositivo, sin necesidad de ir a buscar las actualizaciones. Los creadores de esta hibridación fueron Adam Curry, periodista y bloguero de la MTV, y Dave Winer, informático que desarrolló el RSS. Fue el 11 de enero de 2001, después de haber implementado la etiqueta *enclosure* al lenguaje XML con el que se programa el RSS, cuando se estrenó por primera vez la sindicación de un contenido sonoro, concretamente con una canción de Grateful Dead, en una de las entradas del blog *Scripting News*<sup>1</sup>.

A finales de ese mismo año, los medios de comunicación empezaron a hacerse eco de esta innovación tecnológica y, en 2004, en un artículo del periódico británico *The Guardian*, es Ben Hammersley<sup>2</sup> quien propone darle nombre a la revolución sonora que empezaba a abrirse paso. En su texto, el periodista analizaba algunos ejemplos de distribución periódica de archivos de audio sobre algún tema en concreto y a través de los blogs. Hammersley señaló como propuestas posibles los términos de *audioblogging* o *podcasting*. La particularidad de esta nueva tendencia residía en que permitía a la audiencia la posibilidad de escuchar los contenidos en cualquier lugar y en cualquier momento, dado que podrían descargarlos en los reproductores digitales portátiles, como el iPod, en los que podría haberse inspirado para pensar en el nombre con el que lo bautizó.

A España el primer pódcast llega en octubre de 2004 y lo hace de la mano del periodista José Antonio Gelado. Tras su paso por distintas cadenas de radio, con el título *Comunicando pódcast*<sup>3</sup>, su presentador se iniciaba en el *podcasting* tratando temas relacionados con la tecnología. Hasta ese entonces se trata de algo que se desconocía por com- ➤

*The use of educating as a pedagogical resource*  
**LONG LIVE THE PODCAST!**

*Created from the sum of two complementary technologies such as digital audio and content syndication, the podcast appeared two decades ago, but it has been in the last five years when it has achieved real momentum.*

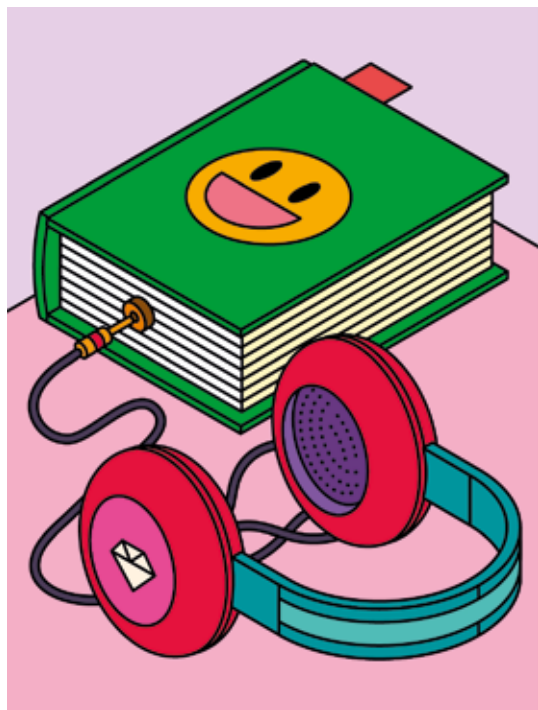
**Keywords:** podcast, digital audio, pedagogical resource, educational innovation, active learning.

1 Disponible en: <http://scripting.com/2022/03/09/145152.html?title=gratefulDead>

2 Hammersley, B.: "Audible revolution"; en *The Guardian*, 12 de febrero de 2004. Disponible en: <https://www.theguardian.com/media/2004/feb/12/broadcasting.digitalmedia>



# La introducción de un recurso sonoro en las asignaturas impulsa el espíritu creativo a lo largo del curso académico



3 Comunicando podcast. Disponible en: [https://www.ivoox.com/podcast-comunicando-podcast\\_sq\\_f1146\\_1.html](https://www.ivoox.com/podcast-comunicando-podcast_sq_f1146_1.html)

4 *Serial*. Disponible en: <https://serialpodcast.org/season-one>

5 El futurólogo Alvin Toffler acuñó el término prosumidor en el libro *The Third Wave (La tercera ola, 1980)*, cuando hizo predicciones sobre los roles de los productores y los consumidores, aunque ya se había referido al tema desde 1970 en su libro *Future Shock*.

6 Disponibles en: <https://educast.webs.upv.es>

pleto en nuestro país y que arrancaba con cierta timidez en Estados Unidos. Su primera prueba fue con un episodio piloto, de unos 54 segundos de duración, en el que buscaba comprobar que la sindicación de contenidos con el fichero de audio digital funcionase a la perfección.

En los más de veinte años de existencia del podcast, hemos encontrado diferentes puntos de inflexión que definen las etapas por las que ha atravesado en su corta existencia. El profesor Tiziano Bonini (2015) señala el año 2012 como uno de los momentos en los que se produce la emancipación de la radio pública de algunos podcast exitosos en Estados Unidos. El objetivo era conseguir mayor independencia a la hora de tratar los contenidos. En el aspecto económico, trataron de financiarse con las donaciones de la audiencia a través de las plataformas de micromecenazgo.

Pero si un lapso fue decisivo en la historia del podcast, fue el último trimestre de 2014, con la irrupción de *Serial*, de Sarah Koenig<sup>4</sup>, un podcast de *true crime* que experimenta el crecimiento de audiencia más rápido hasta el momento, llegando a las cinco millones de descargas en la plataforma de Apple, y duplicando el número de usuarios que habían escuchado un podcast en Estados Unidos durante el último mes. *Serial* puede considerarse el podcast que transformó esta tecnología de distribución y la convirtió en un medio de comunicación de masas. Con su llegada contribuyó a una visión de futuro más positiva y esperanzadora para el *podcasting*.

En la historia del podcast, M<sup>a</sup> Jesús Espinosa de los Monteros, directora de Prisa Audio, fija cuatro períodos por los que ha atravesado el podcast a lo largo de su vida. El primero, evidentemente, el de su génesis, desde los inicios de siglo hasta el año 2012. En este momento arranca la segunda fase, motivada por la aparición de Apple Podcast, en un principio integrada en la aplicación iTunes, que llegaba para simplificar y facilitar el proceso de distribución y escucha de los podcast, siendo mucho más fáciles de encontrar. Con el éxito de *Serial*, al que ya hemos hecho referencia, arrancaría la tercera etapa, en la que por primera vez se consigue una escucha masiva y despertar el interés de la audiencia. La cuarta fase es a la que Espinosa de los Monteros se refiere como *era de la audifcación*, que se caracteriza por un mayor uso de la voz con el fin de conseguir una comunicación mucho más cálida y cercana. En esta fase destaca la decidida apuesta que hacen grandes empresas internacionales por el *podcasting* y en la que se multiplican las plataformas de podcast, su audiencia y un elevado crecimiento en lo que respecta a su producción.

La primera empresa que apostó de manera firme por este mercado fue Spotify, que desde 2019 lleva realizando operaciones que demuestran el marcado interés de la compañía sueca en el *podcasting* y en aumentar de manera nota-



ble la presencia de este formato en el catálogo de audio de la plataforma. Algunas de sus inversiones más destacadas han sido la compra de Anchor, una herramienta de creación de pódcast, así como la de Gimlet Media, una productora de pódcast, o la adquisición de Parcast, un estudio estadounidense de distribución de pódcast. Detalles como estos, o el de la organización de varios eventos sociales a lo largo de distintos países de Europa, son algunas pistas de que su objetivo es convertirse en el Netflix del audio.

## Espíritu creativo en las aulas

Si observamos el uso de esta tecnología en las aulas, debemos señalar que, en el ámbito educativo, encontramos diferentes maneras de nombrar a los pódcast, así como diferentes tipologías, según su finalidad, sus características y quién lo produzca. Existen numerosos ejemplos sobre cómo implementar el pódcast educativo, o *educasting*, en cualquiera de los niveles formativos. Sus contenidos pueden adquirir un tinte radiofónico, abordando alguna temática en particular; una locución de noticias elaboradas previamente sobre algo que haya acontecido; entrevistas mediante las que aportar mayor información sobre la comunidad educativa; exposiciones prácticas o actividades que hayan sido realizadas por el alumnado; reflexiones personales o de grupo sobre temas de interés; debates; trabajos etnográficos; actividades prácticas sobre algún idioma; encuestas; narraciones de memoria personal; reseñas de libros; biografías de personajes relevantes, entre otras.

La introducción de un recurso sonoro como el pódcast en las asignaturas impulsa el espíritu creativo a lo largo del curso académico. Entre los aspectos positivos que diferentes iniciativas han detectado destacan que facilita un ambiente de continuidad narrativa; humaniza la relación entre el usuario y la tecnología; favorece la atención y motiva a la acción; desarrolla procesos de identificación y de participación; refuerza la interacción y, por último, se puede utilizar para resaltar y personalizar la instrucción.

Además, el alumnado obtiene una serie de ventajas con la utilización del *educasting*. Algunas de estas ventajas son la implicación en el aprendizaje del alumnado y en su trabajo personal; la autogestión del tiempo y planificación de las tareas del estudiante; un aprendizaje guiado por el profesorado, ofreciendo indicaciones durante todo el proceso; una continuidad en el estudio, a través del hábito de escucha de este tipo de pódcast; una mejora en la comprensión de los contenidos teóricos o una reducción de la preocupación del estudiante a la hora de preparar una prueba o examen para una asignatura.

El término *prosumidor*<sup>5</sup>, al que hace referencia Alvin Toffler (1980), identifica muy bien al tipo de alumnado que llena las aulas en nuestros días. Su rol se ha modificado, pudiendo pasar de ser un simple consumidor pasivo a asumir un papel dinámico. En la Escuela Politécnica Superior de Gandia, de la Universitat Politècnica de València, se ha implementado en los últimos cursos un proyecto de innovación y mejora educativa en el Grado de Comunicación Audiovisual basado en la generación de pódcast educativos por parte del alumnado y bajo supervisión del docente responsable. Con el objetivo principal de favorecer el desarrollo de competencias específicas del Grado de Comunicación Audiovisual, así como de competencias transversales, se ha conseguido aumentar la implicación del alumnado en el proceso de enseñanza y aprendizaje a través del uso del pódcast y se ha generado un repositorio de materiales teóricos en formato audio de las asignaturas que ya está disponible en la web<sup>6</sup>.

En definitiva, el pódcast, como recurso pedagógico, puede resultar de gran relevancia en el contexto post-COVID actual. La tecnología ha convertido mucho más accesible y participativa la comunicación, propiciando la interacción entre profesor y alumnado y favoreciendo la distribución de contenidos teóricos en nuevos formatos más interactivos y atractivos. A esto se suma el fuerte cambio en el modelo educativo que se ha producido tras la pandemia y que ha supuesto implementar una formación a distancia o semipresencial que no se descarta que haya venido para quedarse. Todo ello fomenta la utilización de este recurso en la docencia, en cualquiera de sus niveles. Si entendemos el *educasting* como el pódcast educativo, debemos pensar en ese recurso sonoro como un buen complemento docente, cuyo objetivo es guiar al alumnado en sus estudios, que puede incluso ser producido por ellos, con un formato de breve duración y que implique al alumnado como generador de contenidos. A nosotros solo nos cabe desearle, en el aula y fuera de ella, ¡larga vida al pódcast!

## Bibliografía

- Borges, F. (2009). *Podcasts: Aprender y enseñar con podcasts*. Barcelona, Editorial UOC.
- Cebrián Herreros, M. (2008). *La radio en Internet: De la ciberradio a las redes sociales y la radio móvil*. Buenos Aires, La Crujía.
- Gallego Pérez, J. I. (2010). *Podcasting: Nuevos modelos de distribución para los contenidos sonoros*. Barcelona, Editorial UOC.
- Pedrero-Esteban, L. M. y García-Lastra, J. M. (eds.) (2019). *La transformación digital de la radio. Diez claves para su comprensión profesional y académica*. Valencia, Editorial Tirant.
- Sellas, T. (2011). *El podcasting. La revolución sonora*. Barcelona, Editorial UOC.
- Toffler, A. (1980). *La tercera ola*. Bogotá, Plaza y Janés.

# “ LOS AVANCES CIENTÍFICOS SE DEBEN ORIENTAR AL BIENESTAR GENERAL ”

## Juan Ignacio Cirac

DIRECTOR DEL INSTITUTO MAX-PLANCK DE ÓPTICA CUÁNTICA

Y CO-DIRECTOR DEL CENTRO DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS DE MÚNICH

UNA ENTREVISTA DE: **JUAN M. ZAFRA**  
FOTOS: **ENRIQUE TORRALBO**

Juan Ignacio Cirac transmite seguridad y confianza en cada una de sus palabras, de sus gestos. Es un genio accesible, una persona extraordinaria y un investigador con una capacidad excepcional para explicar las cuestiones más complejas con una sencillez absoluta y, sobre todo, con una generosidad casi única. Si la Segunda Revolución Cuántica va a suponer que atravesamos una nueva frontera en el desarrollo de la humanidad, con Ignacio Cirac, reconocido como una autoridad mundial en la materia, podemos estar muy tranquilos porque será para bien.

**Juan Ignacio Cirac**  
Director at the Max Planck Institute for Quantum Optics in Munich and co-director of the Munich Center for Quantum Sciences and Technologies  
**“THE SCIENTIFIC ADVANCES MUST BE ORIENTED TO THE GENERAL WELFARE”**

Juan Ignacio Cirac transmits certainty and confidence in each of his words and gestures. He is an accessible genius, an extraordinary person and a researcher with an exceptional capacity to explain the most complex questions with absolute simplicity and, above all, with an almost unique generosity. If the Second Quantum Revolution is going to mean that we are crossing a new frontier in the development of humanity, with Ignacio Cirac, recognized as a world authority on the subject, we can rest assured that it will be for the better.

**Keywords:** quantum, quantum physics, quantum computing, quantum communications, welfare.



Palabras clave:  
cuántica,  
física cuántica,  
computación  
cuántica,  
comunicaciones  
cuánticas,  
bienestar.



Juan Ignacio Cirac está considerado el abanderado de la llamada Segunda Revolución Cuántica, aquella que supone la aplicación de la física cuántica a la computación y a las comunicaciones. “Estamos atravesando una nueva frontera”, subraya Juan Ignacio Cirac (Manresa, 1965), doctor en Física por la Universidad Complutense de Madrid, que atesora premios y reconocimientos de primer nivel internacional —entre ellos, el Príncipe de Asturias— por su trabajo en el campo de la óptica cuántica, la computación y la comunicación cuántica. Estamos ante un nuevo mundo, “aunque las aplicaciones no se conocen e iremos descubriéndolas cuando nos vayamos adentrando en él”, advierte. Para Cirac, director del Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica en Alemania desde 2019 y vocal del Consejo de Administración de Telefónica, “tenemos que pensar de qué forma la tecnología cuántica y otras tienen un impacto en la sociedad y que este impacto sea ético y nos ayude a mejorar a todos”.

#### **¿De qué hablamos cuando hablamos de computación cuántica?**

Hablamos de un ordenador; de un superordenador como los que hemos conocido hasta ahora, pero que nos permiten hacer cálculos muy especiales. No son los cálculos que hacemos en casa, porque se trata de un superordenador muy distinto a los que tenemos hoy en día; funciona de otra manera completamente distinta y eso nos da ventajas y nos permite hacer operaciones mucho más complicadas y muchísimo más rápido que las que pueden realizar hoy los superordenadores que conocemos. De hecho, hay algunos cálculos que nunca podremos hacer si no disponemos de ordenadores cuánticos. En algunos casos, van mucho más allá de los superordenadores que se han construido o se están construyendo.

#### **En realidad, hablamos de computación cuántica pero previamente deberíamos hablar de física cuántica, ¿correcto?**

Lo que hace la computación es resolver problemas. A lo largo de la historia de la humanidad hemos resuelto los problemas de forma diferente, utilizando distintas leyes de la física. Los ábacos utilizaban la mecánica, los ordenadores convencionales, la electrónica. Lo que nos permite la física es hacer operaciones; con la computación cuántica lo que estamos haciendo es utilizar las leyes de la física cuántica para procesar la información de la que disponemos.

#### **¿Qué harán los ordenadores cuánticos que no hagan los que utilizamos ahora en diferentes entornos, desde el que tenemos en casa al que hay en el Centro de Supercomputación de Barcelona?**

La diferencia real la encontraremos en lugares como el Centro de Supercomputación de Barcelona. Porque los que tenemos en casa ya nos cubren nuestras necesidades personales básicas: correo electrónico, jugar, hacer la declaración de la Renta... Los ordenadores cuánticos son muy, muy potentes y, por tanto, se tienen que utilizar para problemas que requieren una gran potencia de cálculo. Esos no son los problemas que tenemos habitualmente; se refieren al uso de materiales, al diseño de fármacos o hacer todo tipo de predicciones. Es importante pensar que hace 80 años, cuando se dieron a conocer los primeros ordenadores normales, electrónicos, se pensaba que no serían muy útiles; no se podían imaginar que hoy en día los tenemos encima de nuestras mesas. Por eso, es posible que una vez se consigan estos ordenadores cuánticos, más allá de realizar cálculos complicados, se desarrollen aplicaciones que nos puedan beneficiar en nuestras casas, en nuestra vida cotidiana. Pero estas aplicaciones todavía no se conocen.

# "NECESITAMOS AVANCES CIENTÍFICOS Y TECNOLÓGICOS Y QUE ESTOS SE ORIENTEN A ELIMINAR LA DESIGUALDAD"

Los primeros ordenadores electrónicos necesitaban una enorme sala para ellos solos, instalaciones enormes, y ahora llevamos un superordenador electrónico en el bolsillo. ¿Ocurrirá lo mismo con los supercomputadores cuánticos?

Estoy seguro de ello. No sé cuándo ocurrirá, pero llegará. Lo que hacemos con la tecnología es atravesar fronteras. Con los ordenadores electrónicos superamos la frontera de la electrónica porque fuimos capaces de crear circuitos electrónicos y hacer cosas que parecían inimaginables y difíciles de predecir como las cajas registradoras, los teléfonos móviles o los videojuegos. Con la física cuántica nos pasa algo parecido: estamos atravesando una frontera. Y una vez que atravesamos esa frontera, es muy difícil saber ahora cuáles van a ser las aplicaciones más importantes. Conocemos ya algunas, pero la historia nos ha enseñado que cuando cruzas una frontera tecnológica, las aplicaciones más importantes están aún por descubrir.

**El desarrollo de las redes con tecnología 5G es necesario, conveniente o, sencillamente, ¿no está desvinculado de las aplicaciones que se pueden desarrollar con la computación cuántica?**

La computación cuántica va a necesitar de comunicaciones y también va a facilitar comunicaciones. Cuanto más rápida sea la comunicación, mejor será para la computación cuántica. Las ventajas que tiene la tecnología 5G podrán ser explotadas en la comunicación entre ordenadores cuánticos. Has hecho una analogía que es muy interesante: la tecnología 5G se conocía hace ocho años, pero no se sabía cómo se iba a aplicar en la industria, el automóvil o los juegos; con la cuántica ocurre lo mismo, iremos descubriendo aplicaciones.

**¿Existen ya o no ordenadores cuánticos?**

Existen prototipos que demuestran que se pueden construir y explotar sus aplicaciones. Son muy pequeños y todavía tienen errores. Para construir ordenadores cuánticos tenemos que romper la frontera de la física cuántica, más allá de lo que podemos hoy en día. Sin embargo, aunque son pequeños e imperfectos, ya existen problemas que se pueden resolver con ellos más rápidamente que con superordenadores convencionales. De ahí viene la confusión: no son todavía los ordenadores cuánticos con los que soñamos, pero ya están haciendo alguna cosa muy especial.

**¿Se han utilizado computadores cuánticos para combatir la pandemia?**

No. Las aplicaciones actuales están en el ámbito académico. Las aplicaciones más prometedoras y más avanzadas están relacionadas con el diseño de materiales y con el diseño de fármacos.

**La lengua española es rica y ya venimos utilizando desde hace tiempo la expresión "salto cuántico". Lo** ▶▶▶

“ LA  
TECNOLOGÍA  
CUÁNTICA,  
COMO TANTAS  
OTRAS, TIENE  
UN IMPACTO EN  
LA SOCIEDAD  
Y TENEMOS QUE  
PENSAR DE QUÉ  
FORMA ESE  
IMPACTO ES  
ÉTICO Y AYUDA  
A MEJORAR ”

**que nos describes es precisamente un salto enorme que no sabemos adónde nos llevará. En cualquier caso, ¿será un escenario completamente distinto?**

Sí. Será una disrupción. Yo lo comparo con el descubrimiento de la electricidad o del electromagnetismo, de la comunicación por ondas. Hemos llegado a la telefonía móvil a partir de ahí. Cuando atravesemos la frontera y apliquemos la física cuántica a la computación y a la comunicación habremos cambiado el escenario. Podremos hablar entonces de la Segunda Revolución Cuántica.

**Con unas máquinas superpotentes, con una capacidad de proceso y de comunicación muy superior a la que tenemos los humanos, ¿qué será de nosotros? ¿Nos habremos quedado ob-**

**soletos en términos de procesamiento y de comunicación de información?**

No, no nos habremos quedado obsoletos. Eso ya es otro salto muchísimo mayor. La computación cuántica nos va a dar nuevas oportunidades y en campos muy diversos, también en el de la inteligencia artificial, pero de ahí a que las máquinas reemplacen a los humanos o nos dejen a un lado... Creo que hay muchas características de los seres humanos que son muy difíciles de replicar por los ordenadores.

**¿Cómo imaginas la vida cotidiana en ese mundo cuántico?**

La mayoría de aplicaciones que conocemos por ahora son indirectas, secundarias. Es ese un aspecto importante de la investigación científica en general, que los mayores beneficios son difíciles de predecir. Para que se entienda la situación: imagínate que a partir del año que viene vas a poder realizar cálculos mil millones de veces más rápido que los que se hacen ahora. ¿Qué hago con eso? En un primer momento no lo sabrás, pero si compartes ideas, desarrollos e innovaciones con los diseñadores, los ingenieros... surgirán muchas más cosas, cosas más grandes. No obstante, es importante subrayar que no conocemos todos los casos de uso de los ordenadores cuánticos y ni siquiera si tendrán o no ventaja respecto a los convencionales. Lo bueno es que las empresas están trabajando en esta zona oscura para determinar si los ordenadores cuánticos van a ayudar a realizar un mejor producto, de una forma más económica y también más sostenible.

**¿Acceder o no y más o menos tarde a la computación cuántica y a sus aplicaciones va a ser otro factor de desigualdad?**

Es una cuestión que hay que valorar y creo que los países lo están teniendo muy presente. Imagínate que un país que no es España ni está en Europa tiene un ordenador cuántico. Eso quiere decir que tiene potencia para, por ejemplo, descifrar mensajes, con lo cual la seguridad de los demás países no está garantizada. O podría desarrollar armas mucho mejores con sus cálculos, o llevar a cabo investigaciones químicas para su



sanidad o sus productos y no exportarlas. Por eso es importante conocer qué tecnologías, en manos de quién están y, sobre todo, cómo podemos hacerlas accesibles y que beneficien al conjunto de la sociedad. Los científicos, como es mi caso, podemos trabajar e informar, pero no tomamos ese tipo de decisiones.

**¿Te consultan mucho los gobiernos?**

Sí. Me consultan mucho en Alemania y en el Estado de Baviera. Sobre todo, me preguntan sobre la situación actual y acerca de qué podemos esperar. Como ocurre con muchos otros cambios, se suele querer pensar que estos avances son la solución para todo y hay que tener los pies en el suelo. Los científicos tenemos que ser muy sinceros respecto a lo que tenemos y conocemos.

**¿Hay una carrera entre las grandes potencias por dominar la computación y la comunicación cuánticas como la hay por la inteligencia artificial?**

Sí, si hay una carrera entre China, Estados Unidos, Europa y otros países como Japón y Singapur. Pero la que más recursos está dedicando a la investigación es China, como en tantos otros campos; también Europa; y Estados Unidos, aunque allí la financiación viene más por las empresas privadas.

En Europa, lo significativo es que, en la parte científica, estamos por delante de los americanos y también de los chinos, pero el tránsito de los avances en el mundo académico a la industria se hace de forma más eficiente en el ámbito americano que en el europeo. En EE. UU., las empresas arriesgan y en Europa somos más conservadores y lo fiamos más a los fondos públicos.

**¿Ha habido más apoyo en el marco de los fondos Next Generation EU para la computación cuántica?**

Sí, sí. Además, este campo es uno de los proyectos incluidos entre los *flagship*<sup>1</sup>. En esta nueva etapa se multiplicarán los fondos públicos por la cuestión de la soberanía tecnológica: qué ocurriría si otros países llegan antes y no nos venden su tecnología. Se está impulsando no solo a nivel europeo, sino también de cada país. En Alemania, por ejemplo, ahí hay un consenso político para avanzar en la dirección de la computación cuántica.

<sup>1</sup> La Comisión Europea ha lanzado varios programas emblemáticos para abordar los principales desafíos científicos y tecnológicos e impulsar la innovación en la UE. Estos programas (conocidos como *flagship* o proyectos emblemáticos se refieren a iniciativas de investigación a largo plazo y a gran escala). Los programas en vigor en la actualidad están en los campos del desarrollo de baterías de alto rendimiento; el grafeno, el cerebro humano y las tecnologías cuánticas.

ca; en España, también, a través de la Secretaría de Estado de Digitalización.

**En un entorno geopolítico como en el que estamos ahora mismo, la ciberseguridad toma una importancia aún más relevante si cabe, ¿qué significa la computación cuántica en esta materia?**

Bueno... la computación cuántica es una amenaza para la criptografía. Por eso se está trabajando tanto en el terreno de las comunicaciones, como en el de la computación para proteger los mensajes de la propia computación cuántica. En ese campo trabaja, por ejemplo, Telefónica, que forma parte de varios consorcios multinacionales y es pionera en este ámbito.

**El mundo cuántico avanza en la dirección de la sociedad distribuida que también se desarrolla con otras tecnologías. ¿Correcto?**

Tenemos que pensar de qué forma la tecnología cuántica y otras tienen un impacto en la sociedad, y que este impacto respete la ética y nos ayude a mejorar a todos.

**¿Cómo deberíamos prepararnos para ese momento en el que se supere la frontera y nos adentremos en el mundo cuántico?** ■■■



“ EL PRIMER  
PAÍS QUE  
LOGRE UN  
ORDENADOR  
CUÁNTICO  
DISPONDRÁ  
DE UNA  
VENTAJA  
ENORME  
EN EL  
CONTEXTO  
MUNDIAL”





## UNA VIDA CUÁNTICA

“La física cuántica parece extraña al principio: las cosas pueden estar en más de un lugar al mismo tiempo; la observación cambia el objeto observado; nada se puede predecir con certeza”, resume la página *Quantum flagship* de la Comisión Europea. El mundo cuántico se refiere a partículas individuales, ultra pequeñas e indivisibles de luz y energía. No es algo que se pueda entender, modelar y divulgar con facilidad.

Juan Ignacio Cirac lo logra. Es el mejor en esas materias y sus conocimientos se extienden por multitud de organizaciones con la vista puesta en el futuro. Citamos solo algunas. Es miembro del Consejo de Administración de Telefónica y del consejo asesor de Telefónica Tech, así como del comité científico de TELOS. Es también director del Instituto Max-Planck de Óptica Cuántica y co-director del Centro de Ciencias y Tecnologías Cuánticas de Múnich, entre otras instituciones académicas y comités científicos de varios centros internacionales de investigación como Harvard, Maryland y MIT —en EE. UU.—, Kyoto, Tsinghua y Singapur —en Asia— y en Europa. Entre los premios recibidos pueden destacarse el Premio Micius de Computación Cuántica de la Fundación Micius (China); John Bell, de la Universidad de Toronto; Max-Planck, de la Sociedad Alemana de Física; Wolf de Física; Benjamin Franklin, Fronteras del Conocimiento de la Fundación BBVA; Carl Zeiss; Nacional Blas Cabrera; Electrónica Cuántica de la Sociedad Física Europea; Felix Kuschenitz, de la Academia Austríaca de Ciencias y Príncipe de Asturias a la Investigación Científica y Técnica. Es, además, embajador honorario de la Marca España y miembro electo de la Real Academia de Ciencias de España.

Déjame ir atrás. Cuando se descubrió la electricidad y el magnetismo, era imposible explicárselo a la gente. Las siguientes generaciones no han tenido ningún problema en aplicarlo. Con la cuántica, pasa lo mismo. Nos cuesta entenderla, pero las nuevas generaciones ya conviven con ello. Dentro de diez años las tecnologías estarán más implantadas en la sociedad y, por tanto, los jóvenes de hoy, con perfiles técnicos o no, se irán adaptando a vivir con ellas. En Alemania, se lo están tomando muy en serio y están formando a la gente en tecnologías cuánticas a pesar de que todavía queda mucho camino que recorrer.

### ¿Hay déficit de talento?

En el ámbito académico, no. Pero hay déficit de talento en las empresas. Algunas de ellas ya se están preparando y están formando especialistas en estos campos.

### ¿Qué hay de los jóvenes que prefieren estudiar humanidades?

Dentro de las humanidades hay muchas cosas que aportar a la tecnología. En el campo del derecho es evidente; la ética detrás de las aplicaciones; y la historia, incluso, nos ayuda a comprender de dónde venimos y hasta dónde queremos llegar.

### ¿El futuro cuántico será mejor? ¿O lo cuántico ayudará a que lo sea?

Yo soy muy optimista. Tiempos pasados parecen mejores porque siempre nos acordamos de lo bueno, pero si echamos la vista atrás, no de manera individual sino globalmente, hemos mejorado en todos los aspectos. Queremos más igualdad y las tecnologías pueden hacer que lo logremos. Lo que necesitamos es que no solo se produzcan avances, sino que una parte de la sociedad se ocupe de que los progresos se encaminen en esa dirección.

### ¿A quién le corresponde ese papel?

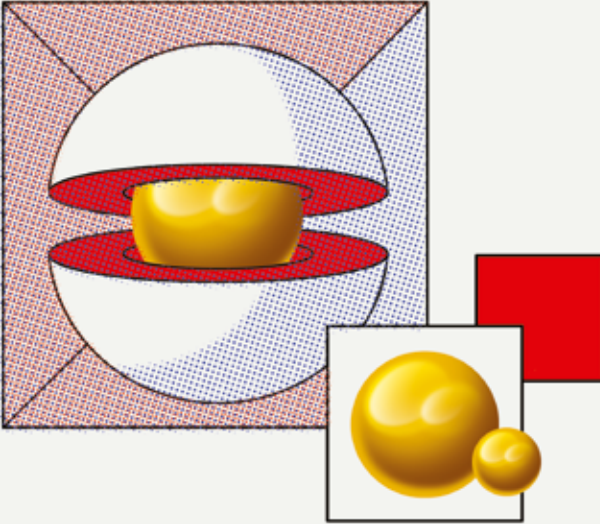
A los legisladores, que los elegimos cada uno de nosotros. A los científicos nos corresponde exponer las cosas —como estamos haciendo ahora en TELOS— para que se entiendan tanto por parte de la ciudadanía como por los que toman las decisiones.



# cuaderno

MUNDO CUÁNTICO

ILUSTRACIONES: DAQ

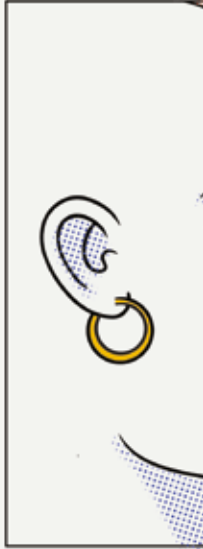


## Las verdaderas capacidades de los ordenadores cuánticos



ELÍAS F. COMBARRO

**Palabras clave:** computación cuántica, supremacía cuántica, criptografía, inteligencia artificial, simulación.



# COMPUTACIÓN CUÁNTICA: MITOS Y REALIDADES

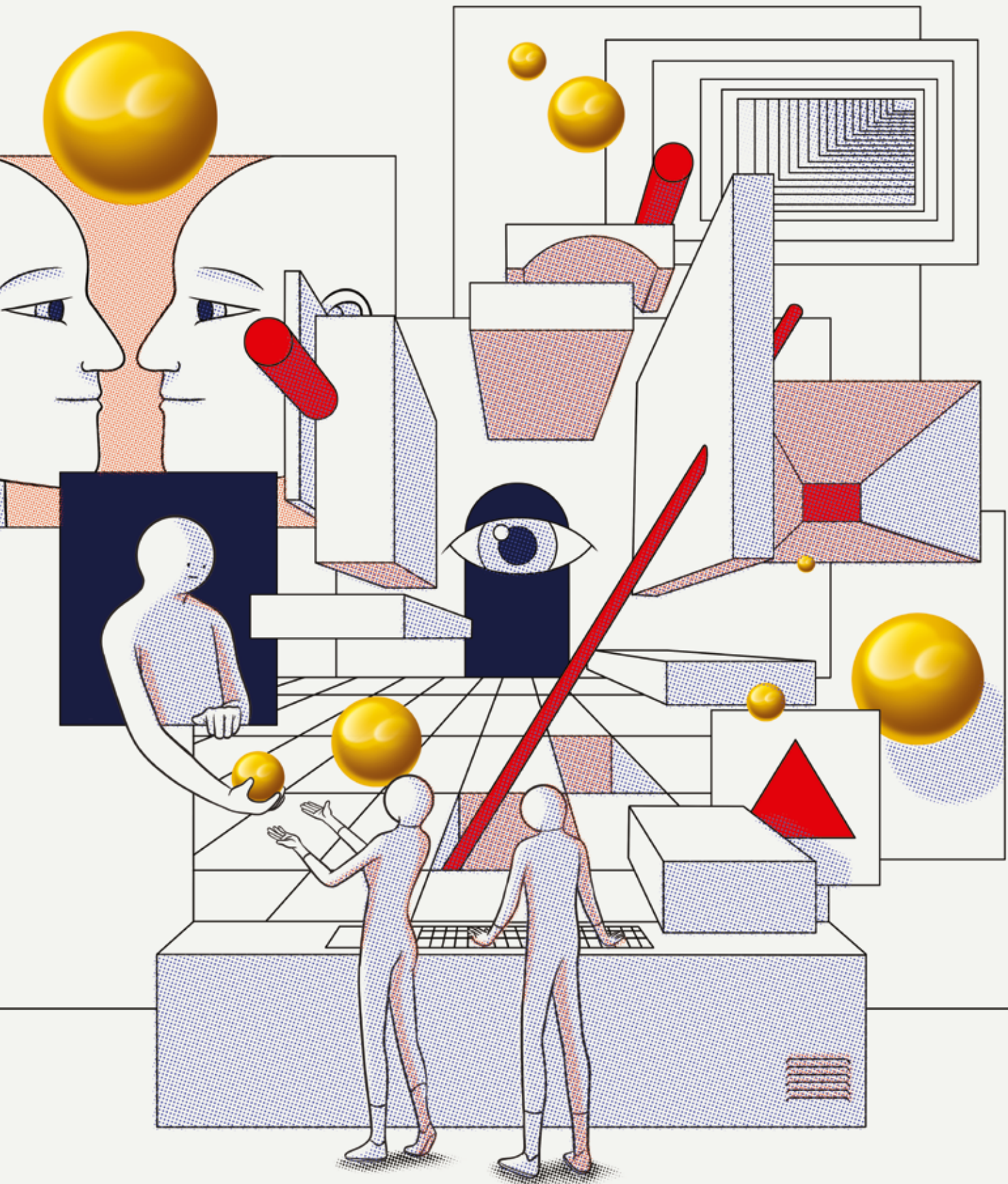
La computación cuántica es una tecnología llamada a transformar nuestra sociedad. Sin embargo, sus verdaderas capacidades son a menudo incomprendidas y mitificadas. Explicar las potenciales aplicaciones de los ordenadores cuánticos ayuda a disipar dudas y a desterrar falsas expectativas.

*The true capabilities of quantum computers*

### **QUANTUM COMPUTING: MYTHS AND REALITIES**

*Quantum computing is a technology that is set to transform our society. However, its true capabilities are often misunderstood and mythologized. Explaining the potential applications of quantum computers helps to dispel doubts and banish false expectations.*

**Keywords:** quantum computing, quantum supremacy, quantum supremacy, cryptography, artificial intelligence, simulation.



En octubre de 2019, la computación cuántica acaparó durante varios días titulares de noticias en todo el mundo. Un equipo de investigadores del gigante tecnológico Google había conseguido alcanzar la supremacía cuántica, venciendo a los supercomputadores más grandes del planeta con un ordenador cuántico. No solo eso, sino que la diferencia de tiempos resultaba sencillamente apabullante: unos pocos minutos frente a los miles de años necesarios para realizar el mismo cálculo con un ordenador tradicional.

Decenas de artículos y reportajes en prensa, radio y televisión se hicieron eco de este hito histórico e intentaron explicar al público no especializado en qué consistía realmente el logro de Google y qué eran esos misteriosos ordenadores cuánticos que se habían utilizado para conseguirlo. Pese a su buena intención, la mayor parte de estas explicaciones deben haber sembrado más dudas que las que consiguieron aclarar.

Y es que en los artículos de divulgación sobre computación cuántica es habitual encontrar una serie de analogías e imágenes recurrentes que no se corresponden con la realidad y que contribuyen a crear falsos mitos alrededor de las verdaderas capacidades de los ordenadores cuánticos. Una de las más repetidas es aquella de que “un ordenador cuántico encuentra la solución a un problema probando simultáneamente todas las opciones posibles”. Esta explicación no simplifica en demasía el funcionamiento de los computadores cuánticos, sino que parece dotarlos

de fantásticos superpoderes mediante los que completar cualquier cálculo es cuestión de pulsar un botón y esperar unos pocos segundos.

Pero, entonces, ¿no es cierto que un ordenador cuántico usa un paralelismo masivo para explorar, al mismo tiempo, todas las soluciones de un problema? Como en muchas cosas que tienen que ver con el mundo cuántico, la respuesta es, a la vez, sí y no. Es verdad que una de las principales propiedades en las que se apoyan los algoritmos cuánticos es la superposición, esa misteriosa tendencia de ciertos sistemas físicos a encontrarse en una combinación de varios estados distintos. Pero esa es únicamente una parte, y bastante pequeña, de toda la historia.

Podríamos definir la computación cuántica como la disciplina que estudia el uso de las propiedades de las partículas subatómicas para realizar cálculos. Entre estas propiedades se encuentra, sí, la superposición, pero también el entrelazamiento y la interferencia. En cierta forma, podríamos decir que un algoritmo cuántico primero crea una superposición de muchas posibilidades a explorar, luego entrelaza estas posibilidades con sus resultados y, finalmente, consigue que las soluciones malas interfieran entre sí para que solo sobrevivan aquellas que nos interesan.

Esta fase de aniquilar opciones desfavorables es la parte más difícil y delicada de todo el proceso, una especie de compleja coreografía matemática, por usar las palabras de Scott Aaronson y Zach Weinersmith<sup>1</sup>, que solo sabemos llevar a

<sup>1</sup> Scott Aaronson y Zach Weinersmith trabajaron en un maravilloso proyecto educativo para explicar la mecánica cuántica y la computación cuántica mediante cómics.

# Podríamos definir la computación cuántica como la disciplina que estudia el uso de las propiedades de las partículas subatómicas para realizar cálculos

cabo en algunos problemas concretos. Es más, hace tiempo que se ha demostrado que en determinadas tareas no es posible aprovechar la computación cuántica para conseguir acelerar los cálculos con respecto a los ordenadores tradicionales.

Un ordenador cuántico no es, por tanto, ese dispositivo mágico capaz de resolver al instante cualquier problema que a veces nos quiere vender la prensa sensacionalista. Pero tampoco es, simplemente, un ordenador más rápido.

## No solo más rápidos

Otra de las falacias que es habitual encontrar en los artículos populares sobre ordenadores cuánticos es la reducción de todas sus capacidades a un mero incremento de velocidad. He perdido la cuenta de la cantidad de ocasiones en las que me he encontrado explicaciones como “científicos desarrollan un ordenador cuántico al millón de veces más rápido que los ordenadores tradicionales”. Por llamativas que puedan resultar estas afirmaciones, son totalmente erróneas.

Estamos acostumbrados a que, cada pocos meses, los grandes fabricantes de microchips anuncien nuevos desarrollos que consiguen ser un veinte, un treinta o un cincuenta por ciento más veloces que sus predecesores. Pero un ordenador cuántico no basa su funcionamiento en un simple avance en la tecnología que permita hacer las mismas operaciones de forma más rápida.

Por un lado, es posible que para algunas tareas un ordenador cuántico no supere en velocidad a un ordenador clásico. Pero es que en los casos en los que un computador cuántico ofrece una ventaja sobre los dispositivos tradicionales, las diferencias no se pueden medir con un único número. Un ordenador cuántico ejecuta algoritmos radicalmente diferentes de los que usa un ordenador clásico, lo que hace que la ventaja del dispositivo cuántico crezca más cuanto más grande sea el tamaño del problema que queremos resolver. Por ejemplo, para problemas de búsqueda en listas, un ordenador cuántico será cinco veces más rápido que uno

tradicional con cien datos, cincuenta veces más rápido con diez mil elementos y quinientas veces más rápido con un millón de registros.

## Aplicaciones

Es precisamente este aumento de la ventaja de los ordenadores cuánticos al crecer el tamaño de los datos a procesar lo que los hace especialmente atractivos a la hora de abordar problemas que son intratables con ordenadores tradicionales. Es el caso de tareas como encontrar los factores de números ■■■

enteros muy grandes, en cuya dificultad se basa la seguridad de muchos de los protocolos de cifrado que se usan en nuestras comunicaciones digitales. El tiempo necesario para resolver este problema utilizando los mejores algoritmos clásicos disponibles crece casi exponencialmente con la longitud de los números, por lo que aumentar en unas pocas decenas de bits el tamaño de una clave la haría millones de veces más segura. Sin embargo, el matemático Peter Shor<sup>2</sup> demostró hace más de veinte años que romper este tipo de cifrado sería viable en la práctica si se usaran algoritmos cuánticos.

La criptografía no es el único campo en el que los ordenadores cuánticos pueden ofrecer una gran ventaja con respecto a la computación tradicional. Por ejemplo, la simulación de nuevos

materiales o el estudio de compuestos químicos son dos de las aplicaciones más prometedoras de la computación cuántica. Se trata, nuevamente, de tareas extremadamente difíciles para los ordenadores clásicos porque el número de parámetros que describen el comportamiento de los sistemas físicos y químicos crece exponencialmente con la cantidad de partículas que los componen. Pero las propiedades cuánticas de este tipo de sistemas hacen que su simulación con ordenadores cuánticos resulte natural, como señaló el físico Richard Feynman<sup>3</sup> incluso antes de que la computación cuántica existiera como disciplina científica.

Así, son muchos los investigadores que en los últimos años han desarrollado algoritmos específicamente pensados para estudiar propiedades de moléculas químicas mediante ordenadores cuánticos. Uno de los más famosos es el llamado *Variational Quantum Eigensolver* (VQE), que presenta la particularidad de poder ser usado incluso con los ordenadores cuánticos, pequeños y sensibles al ruido, de los

que disponemos hoy en día. Con este método, se ha conseguido simular en *hardware* cuántico real algunas moléculas de tamaño reducido, alcanzando una precisión equivalente a la de los cálculos clásicos. Aunque aún estamos lejos de superar a los ordenadores tradicionales en esta tarea, el ritmo de crecimiento de las capacidades de los computadores cuánticos y las mejoras en los algoritmos que se utilizan nos hacen suponer que posiblemente esta sea una de las primeras aplicaciones prácticas de la tecnología.

## Computación cuántica e IA

Otros campos en los que la investigación de las aplicaciones de la computación cuántica es especialmente intensa en la actualidad son la inteligencia artificial y la optimización. En concreto, son varios los algoritmos cuánticos que se han propuesto para acelerar las tareas implicadas en el entrenamiento de modelos de

<sup>2</sup> Peter Shor es un profesor estadounidense de matemáticas aplicadas en el MIT, reconocido por su trabajo en computación cuántica. Es el artífice del algoritmo de Shor, uno de los algoritmos cuánticos más famosos.

<sup>3</sup> Richard P. Feynman fue un físico teórico estadounidense conocido por sus trabajos en la formulación por integrales de camino en la mecánica cuántica. Está considerado uno de los artífices del desarrollo de la bomba atómica durante la Segunda Guerra Mundial.

Un ordenador cuántico  
ejecuta algoritmos  
radicalmente diferentes  
de los que usa un  
ordenador clásico



*machine learning* a partir de grandes colecciones de datos.

En algunos casos, con técnicas parecidas a las empleadas por Shor en el desarrollo de su algoritmo de factorización, se consigue una ganancia exponencial con respecto al correspondiente método clásico. Sin embargo, puesto que debemos trasladar uno a uno los datos al ordenador cuántico desde los ficheros en que se almacenan, el cuello de botella se encontraría no en el procesamiento de la información, sino en la lectura de la misma. Posibles soluciones serían el uso de datos captados directamente con sensores cuánticos, lo que evitaría tener que cargarlos desde un dispositivo externo, o el desarrollo de memorias cuánticas que permitan leer datos en superposición.

Además del estudio de técnicas para acelerar los procesos del aprendizaje automático clásico, también se investigan modelos puramente cuánticos como, por ejemplo, las llamadas redes neuronales cuánticas. Puesto que estas propuestas son relativamente recientes, no se conocen aún todas sus capacidades, pero se dispone de evidencias que muestran que su rendimiento es superior al de los métodos clásicos con ciertos conjuntos de datos creados de forma artificial.

Como bien ha señalado John Preskill, uno de los mayores expertos en computación cuántica del mundo, del mismo modo que las aplicaciones de las redes neuronales clásicas se han ido desarrollando sin necesidad de tener, en todos los casos, una teoría sólida y exhaustiva que las sustentara, el aumento en la disponibilidad de ordenadores cuánticos en los que ejecutar y ajustar redes neuronales cuánticas muy posiblemente conducirá a encontrar casos de uso que hoy no podemos prever.

Los ordenadores cuánticos no son la solución a todos los problemas compu-

tacionales y de tratamiento de datos que podamos plantear. No son dispositivos mágicos con los que se pueda realizar instantáneamente cualquier cálculo. Pero tampoco son solamente versiones más rápidas de los ordenadores de los que disponemos hoy. En las tareas en las que es posible obtener una ventaja mediante el uso de la computación cuántica, la ganancia en tiempo de ejecución aumenta cuando el tamaño del problema se hace más grande.

Si tenemos en cuenta que las aplicaciones de los ordenadores cuánticos incluyen campos de tanta relevancia como la ciberseguridad, la simulación de procesos físicos y químicos o la inteligencia artificial, el hecho de que la computación cuántica no sea una herramienta que sirva para todo no disminuye su valor sino que simplemente lo matiza. Disponer de ordenadores cuánticos no significará el fin de nuestras limitaciones de cómputo, pero podemos dar por seguro que supondrá un profundo cambio en nuestra forma de calcular y procesar datos y, por tanto, una transformación radical de nuestra sociedad.

## Bibliografía

Arute, F.; Arya, K.; Babbush, R. et al. (2019): "Quantum supremacy using a programmable superconducting processor" en *Nature*. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41586-019-1666-5>

Aaronson, S. y Weinersmith, Z.: "The Talk" en *SMB Comics*. Disponible en: <https://www.smbc-comics.com/comic/the-talk-3>

Feynman, R. (1982): "Simulating physics with computers" en *International Journal of Theoretical Physics*.

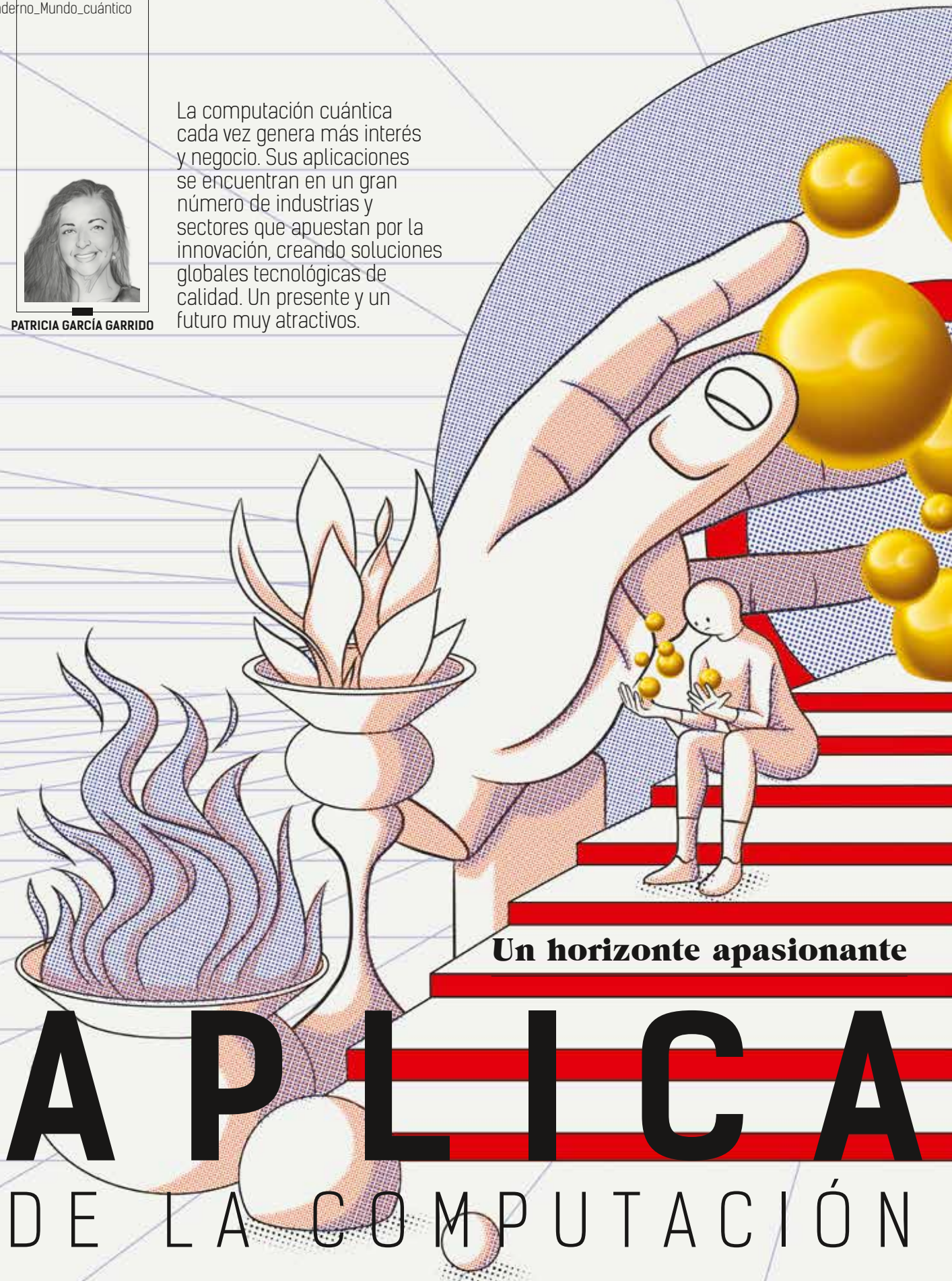
Preskill, J. (2018): "Quantum computing in the NISQ era and beyond" en *Quantum*. Disponible en: <https://quantum-journal.org/papers/q-2018-08-06-79/>





PATRICIA GARCÍA GARRIDO

La computación cuántica cada vez genera más interés y negocio. Sus aplicaciones se encuentran en un gran número de industrias y sectores que apuestan por la innovación, creando soluciones globales tecnológicas de calidad. Un presente y un futuro muy atractivos.



**Un horizonte apasionante**

# APLICA DE LA COMPUTACIÓN



**Palabras clave:**  
 computación cuántica,  
 aplicaciones,  
 tecnología,  
 inteligencia artificial.

*An exciting horizon*  
**QUANTUM COMPUTING APPLICATIONS**

Quantum computing is generating more and more interest and business. Its applications are found in a large number of industries and sectors that are committed to innovation, creating quality global technological solutions. A very attractive present and future.

**Keywords:** quantum computing, applications, technology, artificial intelligence.

# ACIONES

## CUÁNTICA

La computación cuántica es ya una realidad que va a marcar el futuro de la tecnología. Las inversiones empresariales y gubernamentales que apoyan su desarrollo aumentan significativamente, mientras que la tendencia creciente del número de proyectos iniciados y de las empresas interesadas en formar a su personal denotan que su aplicación es considerada como una opción actual, más que como una promesa futura.

El número de empresas que incorporan la computación cuántica en su oferta de servicios o productos ha aumentado, así como la oferta de formación, las plataformas de desarrollo, el número de ordenadores cuánticos y las facilidades para el acceso a los mismos.

La coexistencia actual de diferentes tecnologías deja abierta para el futuro la batalla por el posicionamiento hegemónico. No existe una única tecnología cuántica, sino un amplio abanico de interesantes opciones, con alianzas que cubren un ecosistema completo, en continuo crecimiento. Las diferentes tecnologías adoptadas por estas empresas, en algunos casos condicionan sus aplicaciones y los tipos de problemas a resolver.

Por sus características intrínsecas, la computación cuántica no se presenta como alternativa global de la computación clásica, sino como un complemento mucho más eficaz que esta en áreas específicas, con velocidades y versatilidades mucho mayores e inalcanzables por la computación clásica.

Algunos de los sectores, áreas e industrias que más se espera que vayan

a beneficiarse son: medio ambiente, ciencias, agricultura, salud, logística, energía, comercio minorista, automóvil, aeroespacial, finanzas y seguros.

## Aplicaciones por sectores

Los avances más importantes para la salud y las ciencias se esperan en el estudio de las medicinas personalizadas, del ADN y del diseño de la estructura de las proteínas. La simulación de la estructura interna del nitrógeno permite reducir el gasto energético relacionado con los fertilizantes actuales, mejorando la calidad de estos. La simulación molecular es ideal para las máquinas cuánticas, ya que son capaces de simular el comportamiento de la naturaleza de forma más fiel que la computación clásica.

Los estudios sobre biología cuántica permitirán entender mejor los procesos de la fotosíntesis y de la ecolocalización de algunas aves. La simulación meteorológica realizará ajustadas predicciones sobre el cambio climático, beneficiando al medio ambiente, a la agricultura y a la sostenibilidad. Los primeros instantes del universo se están comprendiendo mejor gracias al estudio del comportamiento de la mecánica cuántica.

Los problemas de optimización son ideales para resolverse con la computación cuántica. La gestión del tráfico, la optimización de inventarios y cadenas de suministro y la obtención de rutas óptimas, son algunas de sus aplica-

<sup>1</sup> En este video, seleccionado por la autora, se explica cómo funciona el algoritmo de Shor, uno de los algoritmos más famosos en el mundo de la computación cuántica, capaz de dividir un número en factores primos. Disponible en: [https://youtu.be/6SIX\\_FR4w0M](https://youtu.be/6SIX_FR4w0M)

ciones en las industrias de energía, de logística, de comercio minorista, de telecomunicaciones, de consumo y de gestión de flotas. La aplicación en la optimización de rutas óptimas puede ayudar a las empresas que necesiten identificar la mejor ruta a realizar, teniendo en cuenta costes, tiempo y contaminación. Se están realizando avances en las empresas energéticas para la optimización de redes, la eficiencia energética, la predicción de consumos y la captura óptima de la energía solar.

En el sector del automóvil, la mejora del tiempo de proceso de las tareas de entrenamiento de las redes neuronales y el aumento del volumen de las imágenes a procesar, mejora el aprendizaje automático de la inteligencia artificial para los coches autónomos y la visión artificial. En este sector también se están realizando estudios para la optimización de baterías.

La combinación interdisciplinar de la computación cuántica y de la inteligencia artificial (*Quantum Machine Learning*) aumenta el número de casos de uso de aplicación de la computación cuántica y mejora los procesos existentes en la inteligencia artificial.

La industria aeroespacial se ve beneficiada por el desarrollo de nuevos materiales, la optimización de rutas de vuelos, la asignación de aeronaves en aeropuertos, la planificación de misiones satelitales y la mejora de motores de recomendación, también de aplicación este último en comercio minorista.

En el sector de las finanzas, la inversión de cartera, el arbitraje de divisas,

el análisis de riesgos y la detección de fraude, son algunas de sus mejores aplicaciones, algunas comunes al sector de los seguros. La inversión de cartera trata de optimizar la recomendación de las posibles inversiones, reduciendo costes y procesos en comparación con la computación clásica. La optimización de este tipo de problemas beneficia a los sectores de banca, bolsa y seguros.

La criptografía y la ciberseguridad son de gran interés e inversión para el sector bancario. El problema que el avance de los algoritmos cuánticos, en concreto el algoritmo de Shor<sup>1</sup>, y su implicación en la ruptura de claves criptográficas podría suponer, empuja a ►►►

No existe una  
única tecnología  
cuántica, sino un  
amplio abanico  
de interesantes  
opciones, con  
alianzas que  
cubren un  
ecosistema  
completo

Los sectores,  
áreas e industrias  
que más se  
beneficiarán de  
la computación  
cuántica son  
medio ambiente,  
ciencias,  
agricultura,  
salud, logística,  
energía, comercio,  
automóvil,  
aeroespacial,  
finanzas y seguros

su estudio y prevención. Aunque, para que este avance suponga un problema, tendrá que pasar todavía tiempo, y la evolución en paralelo de la criptografía cuántica y el Internet cuántico quizá pueda realizarse a más velocidad. Si bien es cierto, la protección de la información actual que debe guardarse durante años en los bancos, es una operativa realizada a día de hoy.

En cuanto a las comunicaciones cuánticas, se está diseñando y creando la infraestructura necesaria para el Internet cuántico, con futuras comunicaciones cuánticas completas. Esto permitirá una comunicación segura, libre de espionaje.

### **España cuántica**

En España existen iniciativas y proyectos de gran interés que están impulsando el desarrollo y la evolución de la computación cuántica. Un buen ejemplo de esto es el reciente proyecto CUCO<sup>2</sup>, de tres años de duración. Es el primer gran proyecto de computación cuántica a nivel nacional y empresarial, subvencionado por el CDTI y apoyado por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España.

El proyecto CUCO tiene como objetivo progresar en el conocimiento científico y tecnológico de algoritmos de computación cuántica mediante la colaboración público-privada entre empresas, centros de investigación y universidades, que permita acelerar la implantación de estas tecnologías para su uso a medio plazo.

Este relevante proyecto, está liderado por GMV y formado por el consorcio de estas empresas: BBVA, Amatech, DAS Photonics, GMV, Multiverse Computing, Qilimanjaro Quantum

Tech y Repsol, junto con los siguientes centros de investigación: Barcelona Supercomputing Center (BSC), Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Donostia International Physics Center (DIPC), Instituto de Ciencias Fotónicas (ICFO) y Tecnalia y la Universidad Politécnica de Valencia. Su misión es investigar la computación cuántica aplicada a las industrias estratégicas de la economía española, como son energía, finanzas, logística, espacio y defensa. Investigarán casos de uso para la observación de la tierra, el cambio climático y el medioambiente, la trazabilidad de la información en las cadenas de suministro, la optimización y la simulación de cálculos financieros complejos, entre otros.

Multiverse es una de las empresas del proyecto CUCO. Esperanza Cuenca Gómez (directora de estrategia y divulgación) describe los proyectos de esta interesante empresa: “Los primeros proyectos que se abordaron en Multiverse Computing estaban en el sector financiero. Este es el caso de la optimización de carteras de inversión para BBVA y la optimización de carteras estáticas para Bankia/Caixa-Bank, por ejemplo. Dentro del sector financiero, actualmente están en marcha colaboraciones con un banco líder en Europa y una importante entidad financiera en Canadá. Las líneas de trabajo de Multiverse Computing se han expandido a otros sectores más allá del sector financiero, como el sector manufacturero, donde hay proyectos en marcha, y el sector público. Adicionalmente, Multiverse Computing es una de las organizaciones que participan en el proyecto CUCO”.

“Qilimanjaro Quantum Tech también participa en el proyecto CUCO para contribuir al *benchmarking* de los algoritmos cuánticos y de los ‘*quan-*

*tum inspired*’ clásicos, tanto en cuanto a prestaciones como a consumo energético, y en el que se prevén mejoras en órdenes de magnitud. Qilimanjaro es la *startup* de computación cuántica española que se centra en el co-diseño de chips cuánticos y de los algoritmos cuánticos para maximizar prestaciones de ciertas clases de aplicaciones como optimizaciones y *Machine Learning*. Es una *spin-off* de tres centros académicos de Barcelona y ha sido elegida recientemente como una de las ‘*5 Top Quantum Computing Startups to Watch in 2022*’ a nivel mundial. Ya ha instalado su primer ordenador cuántico para un cliente en los UAE y da servicios de algorítmica a la empresa de logística Stuart (del grupo francés GeoPost)”, cuenta Víctor Canivell, cofundador de Qilimanjaro Quantum Tech.

BSC coordina el proyecto Quantum Spain, además de formar también parte del proyecto CUCO. El proyecto incluye la construcción y puesta en marcha del primer ordenador cuántico del sur de Europa, que se instalará en el BSC. En el programa Quantum Spain participan 25 universidades y centros de investigación e infraestructuras de 14 comunidades autónomas que colaboran para crear un ecosistema español de computación cuántica. El proyecto está liderado por la doctora en computación cuántica Alba Cervera-Lierta.

Jaime Zamora, *AI Engineering Technical Lead / Quantum Algorithms* en CaixaBank explica que han realizado algunos proyectos de interés entre los que se encuentran: 1) Clasificador documental. A través de la plataforma de inteligencia artificial Marvin, que realiza tareas cognitivas automatizadas para la tramitación de hipotecas y préstamos de clientes bancarios, se implementa dentro del componente clasificador documental, encargado de clasificar ■■■

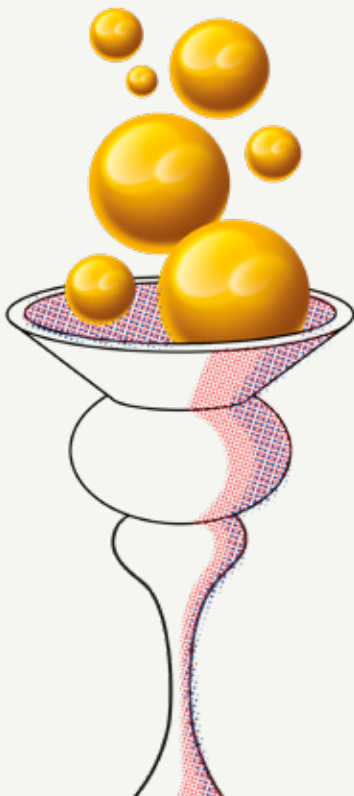
2 El Proyecto CUCO es el primer gran proyecto español de algoritmos cuánticos. Más información en: <https://www.cuco.tech>



3 Disponible en: <https://www.youtube.com/channel/UCedVPGH5nWBmsR4oHVOX6w>

4 En los siguientes enlaces se muestran algunas de sus aplicaciones: cambio climático: QCentroid (<https://qcentroid.substack.com/p/quantum-against-climate-change?s=w>) y sostenibilidad (<https://qcentroid.substack.com/p/quantum-for-sdgs?s=w>).

5 Se pueden conocer un poco más en detalle los logros de Quside en el siguiente enlace: <https://quside.com/quside-announces-qn100-quantum-entropy-source-for-cybersecurity-computation>



las tipologías y subtipologías de los documentos que se tramitan, un circuito variacional cuántico que da soporte al resto de algoritmos del componente para realizar dicha tarea, lo que permite reducir la tasa de error por clasificación en la plataforma en producción. 2) Detección de firma en documentos con un modelo comprimido cuánticamente inspirado: PoC con resultado de éxito de la mano de Inspiration-Q, una *spin-off* del CSIC especializada en algoritmos cuánticamente inspirados, en la que se consigue comprimir una red neuronal convolucional (CNN) de un modelo existente en la casa empleado para la tarea de detección de firma en documentos. Se logra pasar de un modelo de tamaño 450 MB a otro de 37 MB, lo que significa un 92 por ciento de compresión, sin pérdida de precisión en la tarea de detección de firma en documentos. 3) *Quantum Inspired Feature Selection*: PoC con resultado de éxito de la mano de Inspiration-Q, en la que se obtiene una mejor selección de variables para problemas de *Machine Learning* usando técnicas cuánticamente inspiradas que las técnicas clásicas comúnmente utilizadas.

El canal de YouTube Ket.G<sup>3</sup>, centrado en la divulgación y formación en computación cuántica es iniciativa de Guillermo Alonso Alonso. El proyecto comenzó hace dos años y en sus más de ochenta vídeos encontramos desde la explicación de algoritmos fundamentales hasta la aplicación de estos computadores en el mundo real. Este canal, en español, ayuda enormemente a la comprensión de la computación cuántica en el mundo de habla hispana.

En QCentroid, están colaborando y avanzando en el uso de tecnologías cuánticas junto con Web3 para acelerar la transformación sostenible, con presencia nacional e internacio-

nal<sup>4</sup>. Estas cubren gran cantidad de sectores e industrias, con un fuerte compromiso por la sostenibilidad. QCentroid, con Carlos Kuchkovsky (cofundador y CEO de QCentroid) al frente, está fomentando un ecosistema en el que la transformación sostenible y la innovación de calidad son pilares fundamentales.

Otra interesante empresa es Quside, cuyo CEO y cofundador es Carlos Abellán. En esta empresa diseñan y comercializan tecnologías cuánticas para una conectividad segura y una computación avanzada. Los generadores de números aleatorios cuánticos de Quside<sup>5</sup>, medibles y de alto rendimiento, se utilizan hoy en día en aplicaciones de alta seguridad y cálculo aleatorio en una amplia gama de mercados, como las finanzas, los seguros, la nube o la logística.

“Inspiration-Q es una *fintech* de computación cuánticamente inspirada que construye soluciones a los retos más complejos en el sector financiero, utilizando algoritmos que funcionan tanto en ordenadores convencionales como en los futuros computadores cuánticos. Como *spin-off* del CSIC, su base tecnológica se apoya en 20 años de experiencia investigadora, ofreciendo ventajas competitivas en optimización, *Machine Learning* y simulación. De este modo, Inspiration-Q ayuda a empresas y organizaciones a acortar los plazos de adopción de la computación cuántica, al mismo tiempo que ofrece valor de negocio real en el ahora”, según explica Samuel Fernández Lorenzo (cofundador y CEO de Inspiration-Q).

La criptografía cuántica avanza de la mano del proyecto MADRID-Q, de la Universidad Politécnica de Madrid. José Luis Rosales, coordinador de emprendimiento y formación en MADRID-Q, lo explica: “La Distri-



# Los avances más importantes para la salud se esperan en el estudio de las medicinas personalizadas

bución de Clave Cuántica (*Quantum Key Distribution, QKD*) es en la actualidad el primer protocolo de información cuántica completamente disponible para aplicaciones comerciales. Este es el protocolo BB84 en el que la red de Madrid está funcionando. La red de Madrid ha logrado transmitir señales cuánticas por la misma fibra física por donde se retransmiten las señales clásicas de control de red. Este avance único en el mundo ha sido posible mediante la programación de una red cuántica definida mediante *software* (quantum SDN Network), un esfuerzo conjunto de la UPM y Telefónica I+D.

Mediante la creación de esta infraestructura se está empezando a cimentar el futuro de las transmisiones cuánticas, y se hace viable su disponibilidad para sistemas vitales de nuestra sociedad, tales como banca, defensa, seguros, aplicaciones telemáticas de salud, etcétera. El diseño de una red cuántica, compartida mediante *software* con las señales clásicas, permite una transición suave y evita migrar simultáneamente todos los sistemas criptográficos existentes anteriores a esta revolución cuántica que experimentamos, favoreciendo el camino del Internet cuántico y se hace viable, en un futuro no muy lejano, la comunicación entre ordenadores cuánticos”.

Otra empresa a destacar es LuxQuanta, *spin-off* del ICFO, dedicada a fabricar módulos de QKD para mejorar la seguridad de las telecomunicaciones. Está liderada por el Dr. Valerio Pruneri, con fuerte presencia en la iniciativa EuroQCI.

## Investigación aplicada

En Kyndryl estamos realizando investigación aplicada en casos de uso reales que ayudan a modernizar y consolidar la tecnología de nuestros clientes, con reflejo en casi todos los sectores e industrias. Tenemos acceso a las diferentes tecnologías de HW y SW cuánticas. Ofrecemos servicios Quantum que cubren las diferentes etapas del proceso: consultoría estratégica, análisis, diseño y planificación y ejecución e implantación.

Estamos diseñando y modelizando casos de uso relacionados con los sectores de finanzas, agricultura y medio ambiente, comercio minorista y logística. Recientemente, hemos realizado un piloto de varias aplicaciones basadas en la tecnología Annealing para la optimización de la tasa interna de retorno (TIR) en una cartera de inversión compuesta por bonos del Estado y el cálculo de una cobertura dinámica con la compra/ven-

ta de futuros y opciones, con resultados óptimos de tiempos de ejecución.

Todos estos proyectos e iniciativas españolas demuestran que existe negocio, capacidad, interés, respaldo económico, amplio y variado conocimiento y una gran colaboración entre los centros de investigación, las universidades y los centros de formación, las empresas y el Gobierno.

Los límites actuales de la computación cuántica se están reduciendo progresivamente, y el trabajo realizado para explorar y experimentar la tecnología cuántica permitirá aprovechar las óptimas condiciones en un futuro no muy lejano.

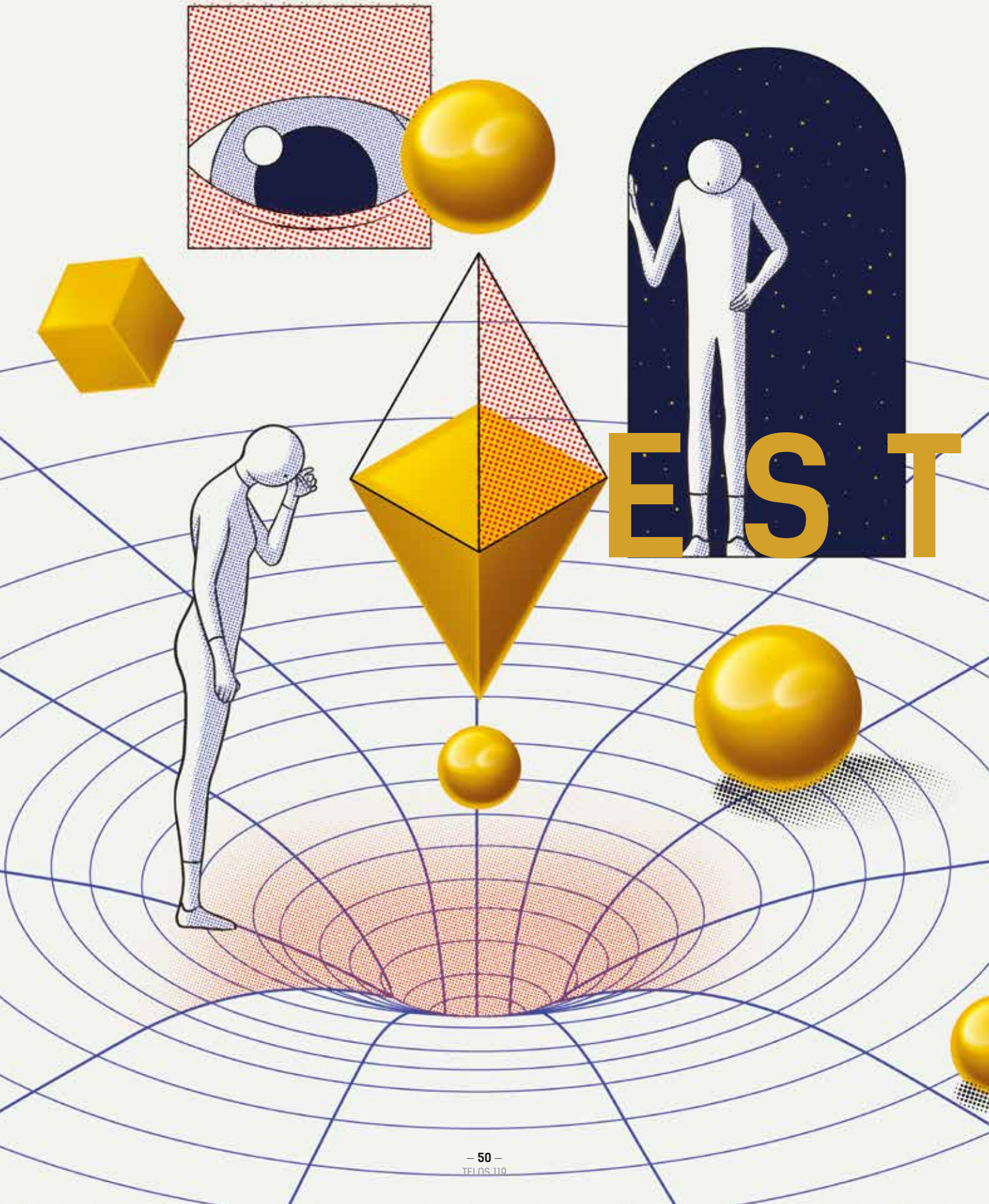
Sin duda, unos escenarios de presente y futuro muy interesantes.

## Bibliografía

Ruane, J. (2022): "The business case for Quantum Computing. MIT. Disponible en: <https://ide.mit.edu/insights/the-business-case-for-quantum-computing/>

Ruane, J.; McAfee, A. y Oliver, W. D. (2022): "Quantum Computers for business leaders", en *Harvard Business Review*. Disponible en: <https://hbr.org/2022/01/quantum-computing-for-business-leaders>

Yndurain, E.; Woerner, S. y Egger, D. J. (2019): "Quantum Computing. Use cases for financial services". IBM. Disponible en: <https://www.ibm.com/downloads/cas/2YPRZPB3>



Palabras clave:  
computación  
cuántica,  
estrategia,  
comunicaciones  
cuánticas,  
empresas, gestión.



ESPERANZA CUENCA GÓMEZ

**Las compañías  
líderes y las  
tecnologías  
cuánticas**

**LA**

**R A T E G I A**

**CU Á N T I C A**

Existen ya compañías que tienen una estrategia para las tecnologías cuánticas. Y no solo eso, sino que además la están implementando. ¿Por qué necesitamos definir una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas? ¿Cómo podemos formular una estrategia empresarial de manera que la incertidumbre, en lugar de ser una carga, sea una ventaja?

*Leading companies and quantum technologies*  
**THE QUANTUM STRATEGY**

*There are already companies that have a strategy for quantum technologies. And not only that, but they are also implementing it. Why do we need to define a business strategy for quantum technologies? How can we formulate a business strategy so that uncertainty is not a burden but an advantage?*

**Keywords:** quantum computing, strategy, quantum communications, business, management.

*“Vivimos en un mundo de cambios acelerados, donde el futuro es cada vez menos una extrapolación del pasado”.*

**Gary Hamel<sup>1</sup>**

Las tecnologías cuánticas —entendiendo como tales la computación cuántica, las comunicaciones cuánticas y los sensores cuánticos— tienen el potencial de transformar nuestras economías y nuestras sociedades. Algunos de estos cambios los podemos ver desde este lado del horizonte, y otros quizás ni siquiera somos capaces de imaginarlos ahora. Lo que somos capaces de ver desde la perspectiva que tenemos es que estas tecnologías pueden contribuir decisivamente a resolver algunos de los retos más importantes a los que nos enfrentamos.

Estos retos se distribuyen a lo largo de un amplio espectro de industrias que van desde el sector financiero a la industria farmacéutica, pasando por las compañías de telecomunicaciones, energía, automovilísticas, logística y aeronáutica. Estas industrias son una muestra de las que van adelantadas en sus caminos cuánticos y que ya disponen de casos de uso identificados sobre los que están trabajando, tanto para realizar las primeras integraciones con las tecnologías cuánticas actualmente disponibles, como para ir preparando las que llegarán en el futuro.

“Los casos de uso de las tecnologías cuánticas abarcan un amplio espectro de industrias, como por ejemplo la

industria aeronáutica (Airbus), automovilística (BMW, Volkswagen) y el sector financiero (J. P. Morgan y Crédit Agricole)”, afirma Najwa Sidqi, gerente de transferencia de conocimiento para tecnologías cuánticas en Innovate UK KTN. “En mi opinión, es importante que las empresas exploren y analicen qué es útil de las tecnologías cuánticas para sus industrias”, añade. Sidqi nos hace ver que hay compañías que ya tienen una estrategia para las tecnologías cuánticas y que la están implementando. Y a la vista de ello: ¿Por qué necesitamos definir una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas?

Para responder a esta pregunta, en una primera aproximación, podemos utilizar la conocida técnica matemática y lógica de la reducción al absurdo. Supongamos, entonces, que no necesitamos definir una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas. Esta hipótesis nos lleva casi automáticamente a los casos de las organizaciones que no siguen ninguna estrategia y, de seguirla, no contemplan las variables e impactos que introducen las tecnologías disruptivas en sus estrategias. Los resultados de estas organizaciones son claramente sub-óptimos cuando menos.

“Como mínimo, las empresas deberían estar trazando una hoja de ruta de tecnologías cuánticas para sus organizaciones. Deberían estar definiendo las grandes preguntas: ¿Qué hará la cuántica

tica por nosotros? ¿Cómo funcionará con nuestros sistemas clásicos? ¿Cuál de los problemas de negocio se alinearía con las capacidades cuánticas? ¿Cómo podemos realizar pilotos? ¿A qué proveedores debemos contactar para que nos ayuden?”, resalta Brian Lenahan, fundador y presidente del Quantum Strategy Institute.

Necesitamos una estrategia empresarial y, específicamente, necesitamos una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas. Para profundizar en esta idea, vamos a ver en primer lugar los resultados de la reflexión estratégica en las organizaciones.

*“Hoy es siempre el resultado de las acciones y decisiones tomadas ayer”.*

**Peter Drucker**<sup>2</sup>

Durante mis años como consultora de estrategia y operaciones, participé en ejercicios de reflexión estratégica, especialmente en el sector de las telecomunicaciones. A un alto nivel, estos ejercicios intentan de alguna forma predecir qué va a pasar en el futuro y qué significa eso para una compañía en concreto.

Entonces sabíamos que iba a pasar —y de hecho ya estaba pasando— y que el uso del móvil iba a ser cada vez mayor, y que dicho uso se iba a basar en el consumo de datos. A partir de aquí, el reto era responder a las preguntas de negocio que esto implicaba para las empresas de telecomunicaciones, como, por ejemplo: ¿Esto signifi-

ca una amenaza o una oportunidad? ¿Cómo podemos hacer frente a las amenazas? ¿Cómo podemos aprovechar las oportunidades? Tendríamos que pensar en nuevos productos y servicios? Y, si es así, ¿en cuáles? ¿Qué impacto podríamos estimar que tiene todo esto en nuestra cuenta de pérdidas y ganancias? ¿De qué plazos estaríamos hablando? ¿Qué iniciativas tendríamos que lanzar? ¿Cómo las podríamos planificar?

Estas preguntas constituyen el núcleo de los ejercicios de reflexión estratégica en las organizaciones. Y los resultados que las organizaciones obtienen al responder a estas preguntas tienen ■■■

## El desarrollo de las tecnologías cuánticas se está acelerando y las empresas deben prepararse



<sup>1</sup> Gary Hamel, estratega. Profesor visitante de estrategia y emprendimiento en London Business School. Director del Management Innovation eXchange.

<sup>2</sup> Peter Drucker, consultor de gestión y estrategia, educador y autor.

# Los enfoques ortodoxos y tradicionales no son óptimos para formular una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas

<sup>3</sup> Van der Maas, A. (2014): "Why Strategies Fail", en *Strataegos Consulting*. Disponible en: <https://strataegos.com/why-strategies-fail/>.

<sup>4</sup> Anthony Dunne y Fiona Raby son profesores de Diseño y *Social Inquiry* en la New School de Nueva York. Pioneros del diseño de futuros.

<sup>5</sup> John Preskill, físico teórico y profesor Richard P. Feynman de física teórica en el California Institute of Technology, donde también es director del Instituto de Información y Materia Cuántica.

que ver con cómo abordan sus ejercicios y procesos de reflexión estratégica.

¿Qué resultados, entonces, obtienen las empresas de sus ejercicios de reflexión estratégica? La verdad incómoda es que no tan buenos como sería de esperar. De hecho, se estima que las tasas de fallo en la implementación de la estrategia oscilan entre el 60 y el 90 por ciento<sup>3</sup>.

Estos resultados son el producto de cómo las organizaciones abordan sus ejercicios y procesos de reflexión estratégica. Por lo general, las compañías realizan estos ejercicios con rigidez y una fuerte aversión a la incertidumbre.



*"Tenemos que pasar de diseñar aplicaciones a diseñar implicaciones".*

**Anthony Dunne y Fiona Raby<sup>4</sup>**

La clave para que una organización tenga éxito con su estrategia en tecnologías cuánticas es que sea capaz de alcanzar una mentalidad que le permita aprovechar el poder de las tecnologías cuánticas como un elemento crucial para alcanzar su por qué. Esto requiere un ejercicio de reflexión que va más allá de la estrategia. Este ejercicio queda fuera del alcance de este artículo, pero es importante resaltar aquí que la mentalidad de los líderes de las organizaciones es lo que fundamentalmente determina la mentalidad de una organización.

"En el caso de Multiverse Computing, la estrategia se ha centrado en el crecimiento para poder competir, cercanía al cliente, facilidad de uso del *software*, y captación de talento. Creemos también que, en la actualidad, el *hardware* es efectivamente lo que hace que todo arranque, pero que a medio/largo plazo el *software* va a tener mas valor", explica Román Orús, *Chief Scientific Officer* de la empresa.

*"La diferencia está entre los problemas que podemos resolver con computadores y los problemas que no podemos resolver con computadores porque son demasiado difíciles, esa diferencia cambia porque este es un mundo cuántico, no uno clásico".*

**John Preskill<sup>5</sup>**

Para abordar las tareas que conlleva la formulación de la estrategia para las tecnologías cuánticas, es conveniente

que las organizaciones cuenten con un estrategia cuántica. El estrategia cuántico facilita las conversaciones necesarias para formular la estrategia de las empresas en tecnologías cuánticas. Para ello, el estrategia cuántico debe contar con conocimientos acerca de la industria y de la compañía en la que opera, lo que le permitirá identificar posibles casos de uso que se propondrán y revisarán internamente. Esta dinámica también puede darse de forma inversa, es decir, personas de la organización pueden proponer casos de uso —para lo que es útil organizar sesiones de trabajo e ideación— y entonces la labor del estrategia cuántico es moderar y dinamizar dichas sesiones, así como asesorar sobre la idoneidad de las tecnologías cuánticas para dichos casos de uso. El estrategia cuántico también garantiza el alineamiento de los casos de uso con la estrategia global de la compañía y los integra tanto en el plan estratégico global como en la estrategia específica para las tecnologías cuánticas.

Los resultados de lo anterior se hacen tangibles en el plan estratégico de las tecnologías cuánticas. El estrategia cuántico también puede colaborar en la implementación de este plan estratégico, definiendo la estructura de seguimiento (esquema de gobierno, indicadores o los KPI, documentos de seguimiento, etcétera) y, en algunos casos, siendo parte activa de la implementación de la estrategia.

El objetivo último de todos estos esfuerzos es que la organización llegue a tener una mentalidad cuántica, es decir, que logre alcanzar un estado mental colectivo que le permita aprovechar al

máximo las ventajas y oportunidades que las tecnologías cuánticas ofrecen. Este es un buen ejemplo de cómo la estrategia empresarial da resultados que van más allá de la estrategia.

## Conclusiones

Las tecnologías cuánticas tienen el potencial de traer cambios disruptivos en múltiples niveles, algunos de los cuales ni siquiera podemos imaginar ahora. Adicionalmente, el desarrollo de estas tecnologías se está acelerando, con nuevos descubrimientos y avances prácticamente todos los meses.

En este contexto, es necesario que las empresas comiencen a pensar en términos estratégicos acerca de las tecnologías cuánticas. Si no lo hacen, no solo corren el riesgo de quedarse atrás en esta revolución, sino también de no poder alcanzar a aquellos que van por delante. La experiencia de otras revoluciones tecnológicas, como la inteligencia artificial, sirve de ejemplo y aviso de lo que puede pasar.

Sin embargo, este ejercicio de reflexión estratégica no se debe realizar de cualquier manera. Específicamente, los enfoques ortodoxos y tradicionales para la formulación de la estrategia no son óptimos para formular una estrategia empresarial para las tecnologías cuánticas. Es necesario, por tanto, reinventar la estrategia mediante el uso de nuevos enfoques y uno de estos posibles enfoques es el diseño de futuros. Para facilitar y coordinar la formulación de la estrategia en tecnologías cuánticas de una organización surge la figura del estrategia cuántico.

El objetivo último de todos estos esfuerzos es que la organización llegue a tener una mentalidad cuántica, lo cual permitirá a la organización aprovechar al máximo las ventajas y oportunidades que las tecnologías cuánticas ofrecen. En definitiva, le permitirá ser uno de los líderes de la revolución cuántica.

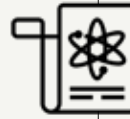
## Bibliografía

- Dunne, A. y Raby, F. (2013). *Speculative Everything*. Cambridge, MIT Press.
- Web, A. (2019). "How to Do Strategic Planning Like a Futurist" en *Harvard Business Review*. Disponible en: <https://hbr.org/2019/07/how-to-do-strategic-planning-like-a-futurist>.
- Lenahan, B. (2021). "What is a Quantum Business Strategist?". Disponible en: <https://www.linkedin.com/pulse/what-quantum-business-strategist-brian-lenahan>
- Van der Maas, A. (2014). "Why Strategies Fail", en *Strataegos Consulting*. Disponible en: <https://strataegos.com/why-strategies-fail/>

Luminarias de la física y las matemáticas, genios informáticos, laboratorios punteros, gigantes de la tecnología, *startups*, visionarios de los negocios, grandes potencias, pequeñas naciones, presupuestos billonarios, secretismo, euforia, rivalidad... Nadie quiere perder el paso en **la gran carrera cuántica**, un desafío cuyos ingredientes están a la altura de sus prometedoras —y apenas intuidas— posibilidades. Un fascinante **desafío global** en pos de la comprensión y el manejo de las partículas subatómicas en el que participan, codo con codo, el mundo académico, el sector privado y los gobiernos, y que asombra al mundo con regularidad a golpe de **descubrimientos, patentes y récords**, con el cúbit por bandera y la emoción de estar explorando un territorio desconocido.

**LA CONEXIÓN SUPREMACISTA ESPAÑOLA**

EN 2019 GOOGLE ANUNCIÓ LA "SUPREMACÍA CUÁNTICA" CON UN EXPERIMENTO DISEÑADO POR EL ESPAÑOL **SERGIO BOIXO**: UN ORDENADOR CUÁNTICO LOGRÓ HACER EN UNOS MINUTOS ALGO QUE A UN SUPERORDENADOR CONVENCIONAL LE LLEVARÍA MILES DE AÑOS.



**El panorama cuántico**

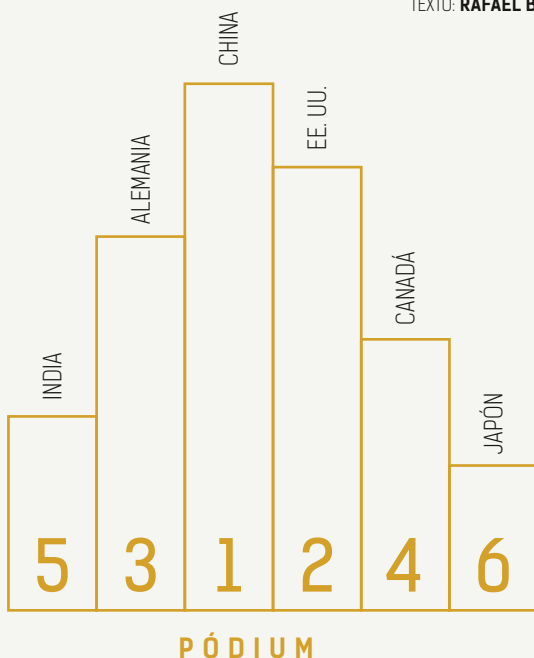
**QUANTUM**

AUNQUE ES POSIBLE QUE LAS EMPRESAS QUE HARÁN QUE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA SEA ACCESIBLE A TODO EL MUNDO NI SIQUIERA EXISTAN TODAVÍA, DE MOMENTO LA SITUACIÓN ESTÁ ASÍ

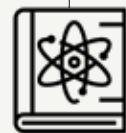
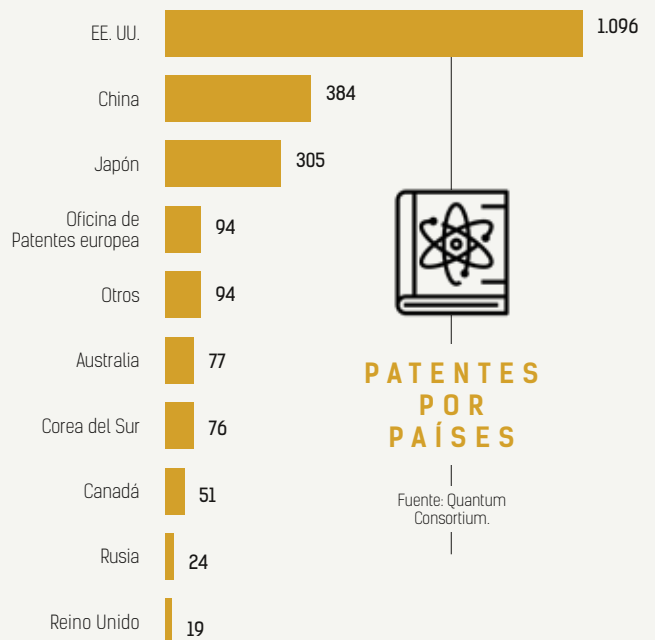
TEXTO: RAFAEL BENÍTEZ



**POR PAÍSES**



Fuente: Global Tech Outlook.



**PATENTES POR PAÍSES**

Fuente: Quantum Consortium.

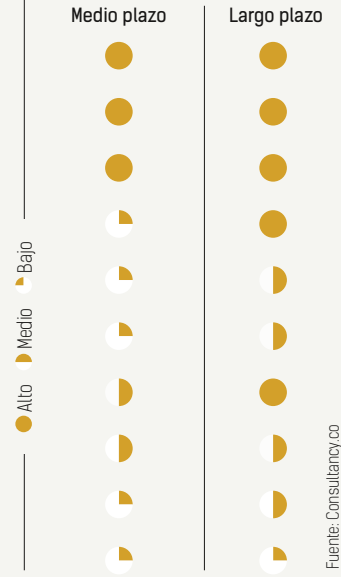


**EL CLUB DE LOS CINCO**  
 HASTA AHORA, SOLO CINCO EMPRESAS HAN FABRICADO CHIPS CUÁNTICOS: GOOGLE CON BRISTLECONE, IBM CON IBM EXPERIENCE Y Q, INTEL CON TANGLE LAKE, RIGETTI CON 19Q Y D-WAVE CON RAINIER.

**CASOS DE USO DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA, 2019 %**



**VALOR ESTIMADO EN JUEGO**



Fuente: Consultancy.co

# REVOLUTUM

**APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA**

**ANÁLISIS DE BIG DATA**

- Industria financiera
- Compañías de seguros
- Sanidad
- Transportes
- Construcción

**CIENCIA DE MATERIALES**

- Biomedicina
- Farmacéuticas
- Arquitectura
- Automoción



Fuente: Futurebridge.

**EL CUCO ESPAÑOL**

Un consorcio formado por siete empresas (Amatech, BBVA, DAS Photonics, GMV, Multiverse Computing, Qilimanjaro Quantum Tech y Repsol), cinco centros de investigación (BSC, CSIC, DIPC, ICFO y Tecnalia) y la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) han puesto en marcha el proyecto CUCO para aplicar la computación cuántica en industrias estratégicas españolas: energía, finanzas, espacio, defensa y logística. Subvencionado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y con el apoyo del Ministerio de Ciencia e Innovación, es el primer gran proyecto de computación cuántica en España en el campo empresarial y tiene por objetivo "progresar en el conocimiento científico y tecnológico de algoritmos de computación cuántica mediante la colaboración público-privada entre empresas, centros de investigación y universidades" para implantar estas tecnologías a medio plazo.

**UN VALOR DE MERCADO DISPARADO**

EN 2016, LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA TUVO UN VALOR DE MERCADO GLOBAL DE **82 MILLONES DE EUROS**. SE ESPERA QUE ESTA CIFRA CREZCA MÁS DE 10 VECES PARA 2025, ALCANZANDO LOS 865 MILLONES DE EUROS (ESTIMACIÓN BASADA EN UNA TCAC DEL 30 POR CIENTO DE 2017 A 2025).

Fuente: MarketWatch.

## Softwarización y tecnologías cuánticas

# PLANCK, QUANTA

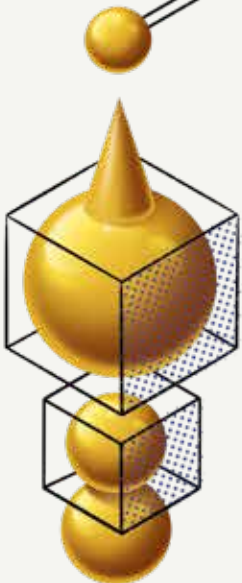
## Y REDES DE TELECOMUNICACIÓN

Con independencia de cómo se integren finalmente las tecnologías cuánticas en las redes de telecomunicación, es necesario ir acometiendo un proceso de transformación en las redes para que dicha aplicación sea posible. La *softwarización* es clave en este camino.



ENRIQUE BLANCO

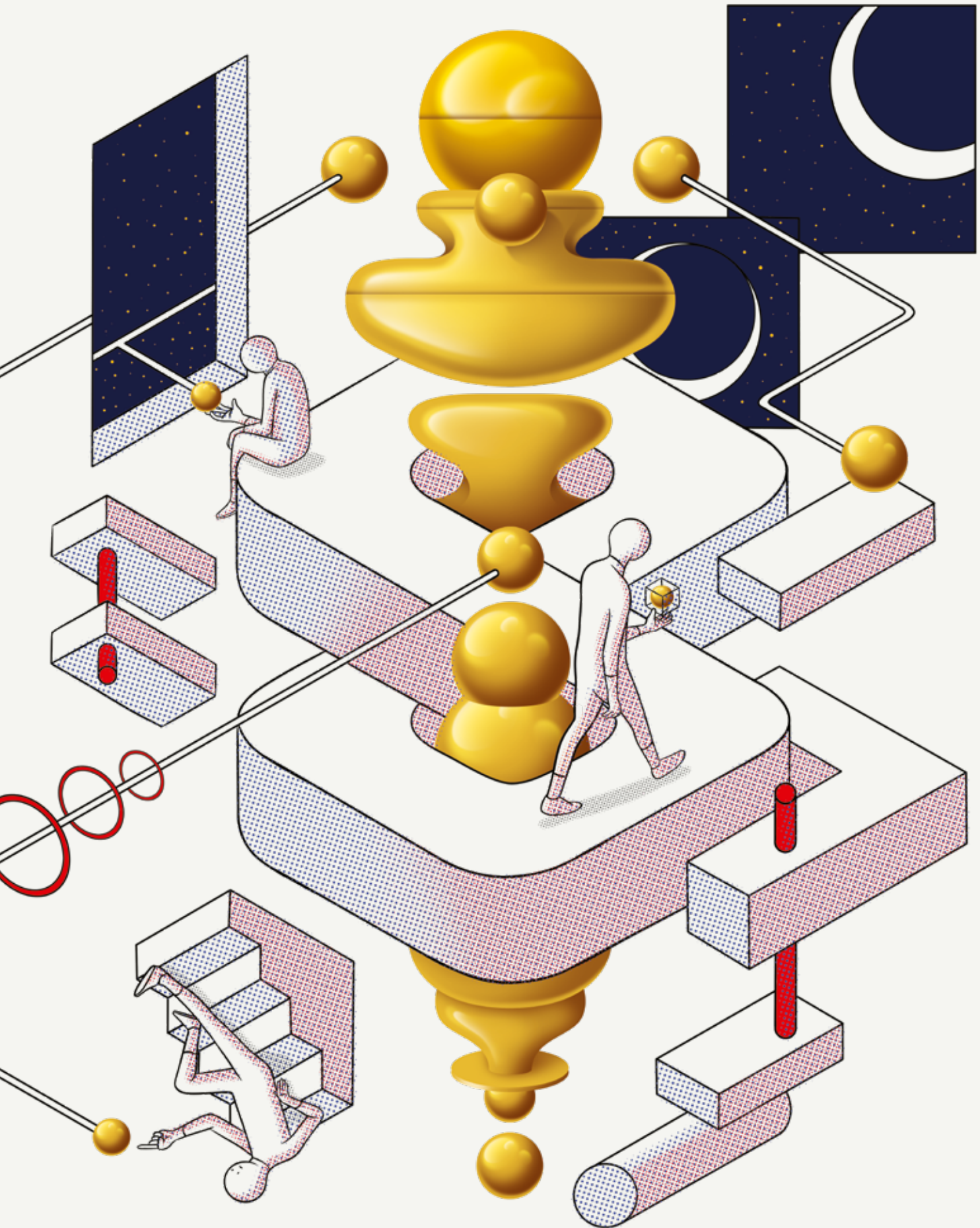
**Palabras clave:**  
redes,  
telecomunicación,  
tecnologías  
cuánticas,  
softwarización,  
virtualización.

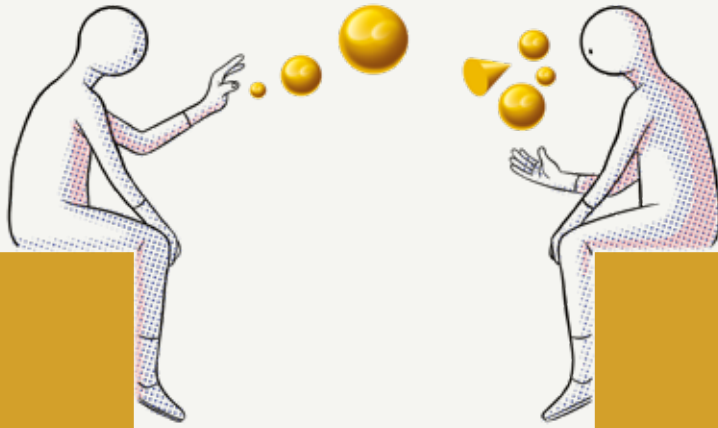


### Softwarization and quantum technologies **PLANK, QUANTA AND TELECOMMUNICATION NETWORKS**

Regardless of how quantum technologies are finally integrated into telecommunication networks, it is necessary to undertake a transformation process in the networks to make this application possible. Softwarization is key in this path.

**Keywords:** networks, telecommunications, quantum technologies, softwarization, virtualization.





Hace 122 años Planck<sup>1</sup> presentó al mundo científico el *paper* titulado *On the Theory of the Energy Distribution Law of the Normal Spectrum*, introduciendo el concepto de *quanta* y consolidando la idea de que la evolución y la transformación se producen en paquetes de energía.

Hoy, la tecnología de computación cuántica se encuentra en una fase muy inicial. Los ordenadores cuánticos actuales son todavía muy pequeños y tienen muchas limitaciones. Pero no cabe duda de que la teoría que formulara Planck hace más de un siglo nos abre un mundo de posibilidades, a la vez que nos plantea múltiples preguntas y no solo en el terrero cuántico, sino en todos los campos y, cómo no, también en el de las redes de telecomunicación.

La computación cuántica va a permitir resolver determinados problemas de forma muchísimo más rápida que la computación convencional. Pero ¿va a permitir la computación cuántica realizar los procesos involucrados en las redes de telecomunicación de una forma más eficaz? ¿Para todos ellos o solo para algunos, por ejemplo para el cifrado de la información? Si va a poder aplicarse, ¿va a ser posible codificar la información que transportan las redes de telecomunicaciones en un formato cuántico, es decir, en *qubits*<sup>2</sup> en lugar de bits? ¿Va a ser posible transportar la información codificada en formato cuántico a través de una red? Y ¿cuál es el mecanismo de transporte que se debe

utilizar? o ¿deberemos seguir mandando la información en formato de bits y convertirla en *qubits* en los nodos en los que se tiene que procesar? Muchas preguntas, que tendrán que ser resueltas por físicos e ingenieros en los próximos años. Apasionante.

Ha pasado mucho tiempo desde que programábamos con procesadores Intel 8086 y cada día estamos más cerca de la computación cuántica funcional. Pero, incluso antes de resolver todas las preguntas anteriores, para poder aprovechar esta tecnología de forma industrializada cuando lo esté, es preciso consolidar elementos de energía específicos. Y voy a hacer énfasis en uno de ellos, más cercano a mi trabajo diario: la *softwarización* de los elementos que constituyen la Red y el IT en el mundo telco.

Dejo para más adelante o para el lector curioso la evolución de las piezas físicas del transporte óptico desagregado, el MultiPON a 50 Gbps y las antenas capaces de gestionar terahercios, por citar algunos ejemplos.

¿Preparado? Vamos allá.

Poseer o alcanzar una capacidad de proceso cada día mayor de forma eficiente nos ha permitido evolucionar arquitecturas en el mundo telco. Sirva como ejemplo el paso de la señalización MIC a la señalización por canal común N7... procesadores hablando, señalizando que, al fin y al cabo, es lo mismo.

La capacidad de procesamiento y almacenamiento añadida a la capaci-

# La computación cuántica va a permitir resolver determinados problemas de forma muchísimo más rápida que la computación convencional

dad, velocidad y latencias en las redes de transporte ha ido incrementando la energía para que se vayan produciendo saltos cuánticos en esta *softwareización* de las redes y los sistemas. En definitiva, la inteligencia desagregada de los activos físicos.

Una capa de *software* capaz de manejar antenas trabajando en frecuencias desde 700 Mhz hasta el rango de los Thz que se usarán en 6G y que tendrán que gestionar nuevas tecnologías RIS (*Reconfigurable Intelligent Surfaces*) y VLC (*Visible Light Communications*). Fibras con láseres ópticos manejando velocidades y capacidades fabulosas, para clientes *ad hoc* con

GPON<sup>3</sup> y para redes de transporte. El futuro de la comunicación.

Antes de profundizar sobre dónde estamos ahora en la construcción de esas capas *software*, merece la pena una mención específica a toda la infraestructura descentralizada de entornos virtualizados sobre la que se ejecutan, y que constituye lo que hoy llamamos *Telco Cloud*. Un despliegue enorme de capacidades de procesamiento, memoria y *networking* que abarcan la Red de extremo a extremo (*core, acceso, edge*), ubicadas en nubes públicas y privadas, y que permiten de forma dinámica que esa inteligencia distribuida pueda funcionar. ■■■

---

1 Max Karl Ernst Ludwig Planck fue un físico alemán. Es considerado el fundador de la teoría cuántica y fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1918.

2 Fundeu recomienda el uso de cúbit en vez del inglés *qubit*. No obstante, al estar extendido el uso de *qubit*, hemos preferido mantener el criterio de cada autor/a.

3 Red Óptica Pasiva con Capacidad de Gigabit (GPON o *Gigabit-capable Passive Optical Network* en inglés) es una tecnología de acceso de telecomunicaciones que utiliza fibra óptica.

Ha pasado mucho tiempo desde que programábamos con procesadores Intel 8086 y cada día estamos más cerca de la computación cuántica funcional



Ahora sí, seguimos la aventura. Hablemos de Open RAN. Antenas 4G y 5G conectadas por un potente *backhaul* a elementos de *software*, centralizados y con interfaces abiertos. Un *quanta*, una consolidación de energía de la industria para simplificar y flexibilizar las redes móviles es un paso previo imprescindible para que, conforme nos acerquemos a la computación cuántica, el *software* esté desacoplado del *hardware*. Manejar THz en millones de *smallcells* va a requerir de mucha potencia de proceso. Vamos a ir preparando el terreno.

Open Broadband. El mundo apuesta por FTTH, ¡bienvenidos! Telefónica se adelantó, y hoy es la operadora occidental con más FTTH desplegado en su perímetro. Y la inteligencia que lo controla ya ha iniciado su *softwarización*. Ofrecer a nuestros clientes 10 Gbps está en nuestras manos; llegar a 25 Gbps y 50 Gbps será posible en los próximos cinco o diez años. La inteligencia *softwarizada*, las OLT virtualizadas son otro salto cuántico que permitirá controlar millones de clientes con 50 GBps, sobre inteligencia *software*, fibras poderosas y capacidad de proceso incremental cada día.

Y gracias a estas redes ópticas, en combinación con nuestros sistemas de transmisiones ópticas de alta capacidad que ofrecen el rendimiento necesario, hemos podido probar ya en una red comercial la aplicación de técnicas de criptografía cuántica para comunicaciones seguras. Es lo que se conoce como Distribución Cuán-

tica de Claves (QKD, por el término *Quantum Key Distribution*). Precisamente en las tecnologías cuánticas hay una solución a esta cuestión de la vulnerabilidad de los métodos actuales de encriptación: es posible aplicar principios cuánticos para intercambiar una clave entre los extremos de un canal de comunicaciones, de manera que esa clave sea segura frente a cualquier ataque, e incluso que cualquier intento de ataque sea inmediatamente detectado. Telefónica es una de las empresas pioneras en llevar a cabo una experiencia de estas características.

Podría dar más ejemplos basados en la evolución de nuestras redes de transporte, donde desde 2015 estamos yendo a arquitecturas ópticas e IP desagregadas; a la propia evolución de los sistemas de red (OSS) y comerciales (BSS) con un paradigma *Cloud Native*.

Tomemos un respiro. Hace años el presidente de Telefónica, José María Álvarez-Pallete, nos definió como una empresa de plataformas, interconectadas entre sí con un sistema nervioso basado en los datos y la inteligencia artificial, coronado por una cuarta plataforma abierta y con la visión completa, de modo que los servicios que se requirieran fueran estandarizados mediante puertas de entrada *ad hoc* a las que podemos llamar API<sup>4</sup>.

No estamos tan lejos, ¿no crees?

Plataformas de red y sistemas en los que el *hardware* y el *software* están desagregados, donde la inteligencia y la función son *software* puro y se manejan

y se autogestionan con algoritmos de inteligencia artificial que trabajan sobre datos en estructuras unificadas.

¿Me sigues? Estamos creando todas las piezas del puzzle, de tal suerte que cuando la capacidad de procesamiento vaya creciendo —de la mano de la evolución de los *chips* convencionales con densidades por debajo del nanómetro y de la disrupción de la computación cuántica— seamos capaces de no ponerle límites a la tecnología. Una tecnología al servicio de las sociedades.

La vida, aparentemente es un continuo, pero en realidad es cuántica. Ante esta certeza, la responsabilidad de los equipos técnicos de Telefónica es estar preparados.

---

4 Una API o interfaz de programación de aplicaciones es un conjunto de definiciones y protocolos que se usa para diseñar e integrar el *software* de las aplicaciones.

## Bibliografía

Planck, M.: *On the Theory of the Energy Distribution Law of the Normal Spectrum*. Berlin, 1900.

Rohde, Peter R. (2021). *The Quantum Internet: The Second Quantum Revolution*. Sydney, University of Technology. ISBN: 9781108491457

D. López, V. Martín, V. López, F. de la Iglesia, A. Pastor, H. Brunner, A. Aguado, S. Bettelli, F. Fung, D. Hillerkuss, L. Comandar, D. Wang, A. Poppe, J. Brito, P. Salas, M. Peev: "Demonstration of Software Defined Network Services Utilizing Quantum Key Distribution Fully Integrated with Standard Telecommunication Network", *Quantum Reports*, vol. 2, Issue 3, September 2020 DOI: 10.3390/quantum2030032

V. Martín, J. P. Brito, C. Escribano, C. White, F. Wessel, N. Genay, C. Abellán, A. Manzalini, A. Pastor, D. López et al.: "Quantum technologies in the telecommunications industry". *EPJ Quantum Technol.* 8, 19 (2021). DOI:10.1140/epjqt/s40507-021-00108-9

ETSI NFV ISG. Network Functions Virtualisation (NFV) Whitepaper #3. Disponible en: [https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/NFV/Docs/NFV\\_White\\_Paper3.pdf](https://portal.etsi.org/Portals/0/TBpages/NFV/Docs/NFV_White_Paper3.pdf)



**Palabras clave:**  
industria  
cuántica,  
habilidades,  
oportunidades,  
talento,  
educación

*The necessary skilled workforce in the quantum world*

**THE GROWING QUANTUM ECOSYSTEM AND THE TALENT SHORTAGE**

*Rapid advances in quantum technology have exacerbated the quantum workforce shortage. To this end, both governments and industry are developing strategies for education and workforce development in the commercialization of quantum technologies.*

**Keywords:** quantum industry, skills, opportunities, talent, education.





ARACELI VENEGAS-GÓMEZ

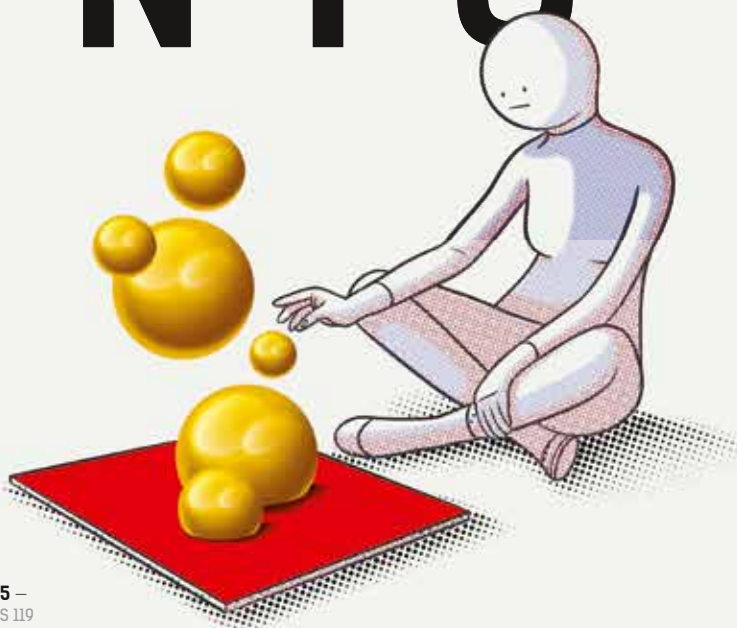
## La necesaria fuerza laboral cualificada en el mundo cuántico

# EL CRECIENTE ECOSISTEMA CUÁNTICO Y

# ESCARSEZ

# TALENTO

Los rápidos avances en la tecnología cuántica han exacerbado la escasez de la fuerza laboral cuántica. Para ello, tanto gobiernos como industria están desarrollando estrategias para la educación y el desarrollo del personal en la comercialización de las tecnologías cuánticas.



Las tecnologías cuánticas no son una cosa nueva. Ya llevamos mucho tiempo utilizando transistores, láseres y la resonancia magnética, por dar unos ejemplos concretos. Entonces, ¿por qué existe tal algarabía con esto de lo cuántico? Vayamos por partes. Todas las tecnologías basadas en efectos cuánticos (como superposición y entrelazamiento) que utilizamos actualmente se basan en efectos que suceden en muchas partículas a la vez (como los fotones en los láseres y los electrones en los transistores). Sin embargo, en las últimas décadas los investigadores han podido controlar estos efectos cuánticos al nivel de una partícula solamente, ya sea un electrón, un fotón, o un átomo. Este control ha dado lugar a una nueva tecnología emergente, que es lo que se llama la Segunda Revolución Cuántica.

El ecosistema cuántico global se ha impulsado muy rápidamente en los últimos años, gracias a la inyección de financiación en varias naciones alrededor del mundo. Lo mismo ha ocurrido en el sector privado, con empresas como IBM y Google, entre otros, centrándose cada vez más en las tecnologías cuánticas, y un sorprendente y creciente paisaje de nuevas empresas creadas en todo el mundo.

Hace más de diez años, Canadá y Singapur ya construyeron sus centros de investigación en tecnologías cuánticas, el Institute for Quantum Com-

puting (IQC) en Waterloo, y el Centre for Quantum Technologies (CQT) de Singapur, respectivamente.

En 2014, Reino Unido fue el primer país que lanzó un programa nacional sobre tecnologías cuánticas, el *UK National Quantum Technologies Programme*. Fue en 2018 cuando la revolución cuántica comenzó a nivel global, con el lanzamiento de la *Quantum Flagship* Europea y la *National Quantum Initiative* en Estados Unidos.

Desde entonces, numerosos países se han sumado a la carrera cuántica. En 2021, España se unió a este esfuerzo global anunciando una inversión de 60 millones de euros para construir un ordenador cuántico a través del proyecto *Quantum Spain*, que contribuirá a la creación del ecosistema cuántico en el país.

El esfuerzo cuántico global que conduce a la investigación y la innovación en la ciencia y las tecnologías cuánticas aumenta continuamente con inversiones públicas mundiales actuales, alcanzando casi los 30.000 millones de dólares (unos 27.300 millones de euros)<sup>1</sup>.

Si además hablamos de las inversiones privadas y, más recientemente, de empresas de tecnologías cuánticas que han dado el salto al mercado de valores, está claro que hay una tremenda oportunidad en este campo, creando una ocasión perfecta para subirse al tren cuántico.

Otra de las peculiaridades de las tecnologías cuánticas es que engloban

diferentes productos que nada tienen que ver unos con otros. Además, cabe mencionar que no todos los países se centran en las mismas tecnologías. Por ejemplo, Estados Unidos ha sido el líder en computación cuántica sobre todo debido a grandes corporaciones que han invertido en el sector. Europa lleva bastantes años comercializando tecnologías basadas en sensores cuánticos, y China ha sido pionera en el campo de las comunicaciones cuánticas. Sin embargo, hoy en día el desarrollo de las tecnologías está muy repartido por el mundo, y vemos emerger empresas emprendedoras en computación o comunicación cuántica globalmente.

Un mensaje es claro: algunas regiones no están suficientemente represen-

tadas. En nuestra actual sociedad tan conectada, algunas regiones siguen a la cola en lo que respecta al desarrollo de tecnologías emergentes. En cuanto a las tecnologías cuánticas, la creación de nuevas empresas está directamente relacionada con la cantidad de financiación pública y privada disponible. Específicamente, América Latina y África son típicamente regiones desatendidas, ya que el segmento más grande del desarrollo de las tecnologías cuánticas se sitúa en América del Norte, Europa y Asia. Sin embargo, este es el momento adecuado para pensar estratégicamente y traer más oportunidades a estas regiones. Como un ejemplo de creación de comunidad en una de estas regiones emergentes, en 2021 ■■■

---

1 Fuente: "Overview on quantum initiatives worldwide" – update 2022. QURECA. Disponible en: <https://qureca.com/overview-on-quantum-initiatives-worldwide-update-2022/>

2 Más información sobre Quantum Latino en: <https://quantum-latino.com>

**Es difícil encontrar  
personas con las habilidades  
adecuadas para los empleos  
que se generan en el  
mercado laboral cuántico**

# Estados Unidos ha sido el líder en computación cuántica porque grandes corporaciones han invertido en el sector

nació Quantum Latino para crear conciencia y promover la tecnología cuántica en América Latina y España.

Quantum Latino<sup>2</sup> es un encuentro virtual de tres días que ayuda a desarrollar una rica infraestructura cuántica en la región, ofreciendo charlas en inglés, español, y portugués. Reúne a investigadores, emprendedores, empresas emergentes y colaboradores de la industria para participar, aprender, intercambiar ideas y conectarse entre sí, buscando expandir la comunidad cuántica emergente en América Latina y España, donde existe una fuerte capacidad de investigación y abundancia de talento. Además, se organizó un evento de divulgación paralelo con el

objetivo de promover la física, la óptica y la fotónica como elementos clave en el desarrollo de las tecnologías cuánticas, para familiarizar con estos conceptos a niños y al público en general. El impacto de Quantum Latino ha sido y seguirá siendo fundamental para ayudar a lograr este rápido crecimiento que está experimentando la tecnología cuántica, y brindar una oportunidad a América Latina y a España para superar cualquier desafío y convertirse en jugadores clave del ecosistema cuántico.

## Ecosistema cuántico

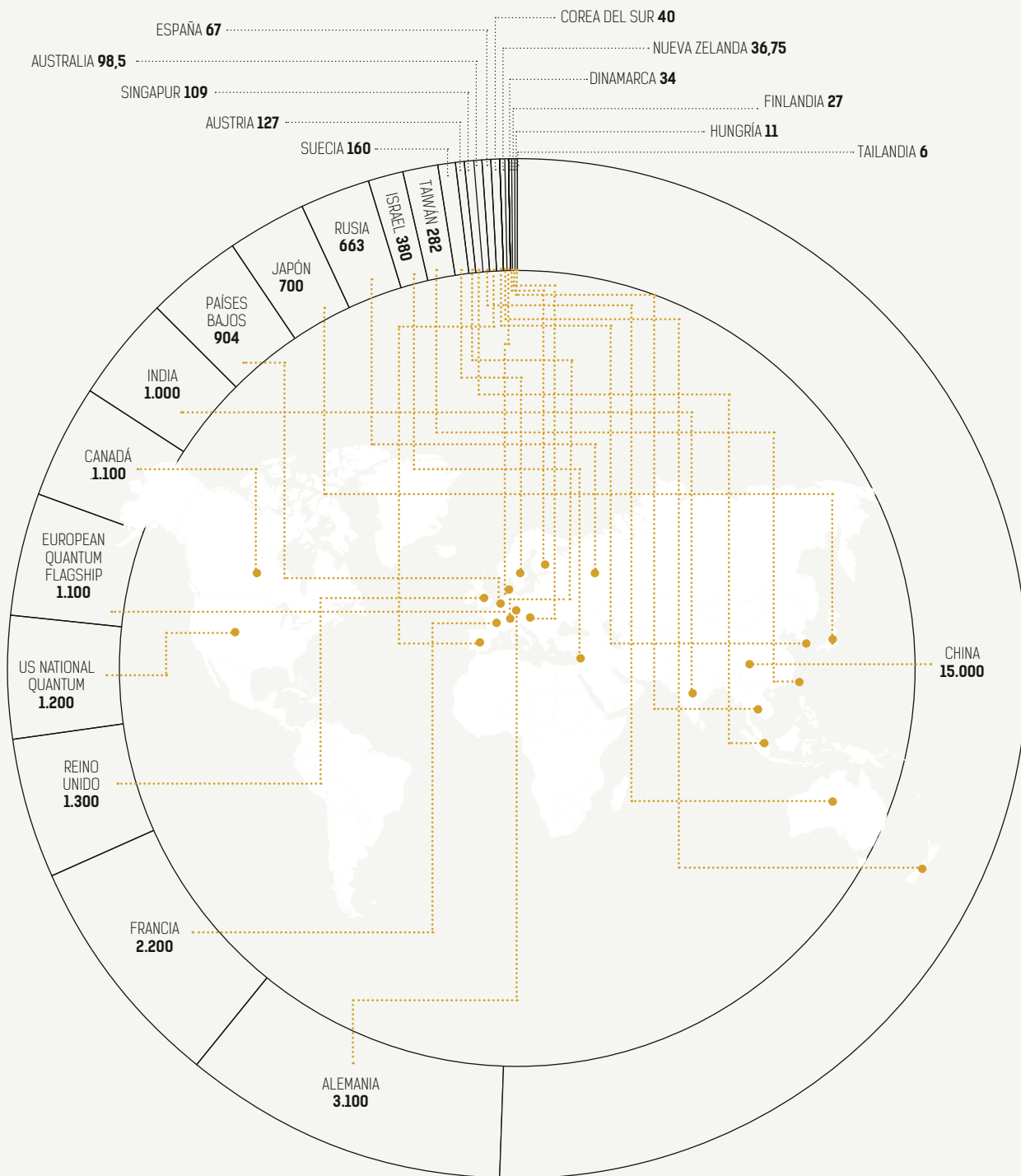
Cuando miramos a la distribución global, todos los continentes ya cuentan con *startups* de tecnologías cuánticas, y este número sigue creciendo. Si ahora quisiéramos traducir este crecimiento empresarial al mercado laboral, veríamos un crecimiento exponencial de puestos de trabajo en las tecnologías cuánticas durante las próximas dos décadas.

Esta creación de empresas en el sector implica que hoy se necesita mano de obra cualificada en el campo de las tecnologías cuánticas. Más de la mitad de las empresas cuánticas están contratando en la actualidad. Desafortunadamente, estas empresas ya han destacado lo difícil que es encontrar personas con las habilidades adecuadas para adaptarse a los nuevos puestos que se generan en este mercado laboral cuántico, el denominado “cuello de botella cuántico”.

El hecho de que, en general, las tecnologías cuánticas estén todavía en su infancia, implica que la mayoría de los puestos de trabajo actuales sean muy técnicos, sobre todo con especialización académica y doctorados. Sin embargo,

# FINANCIACIÓN PÚBLICA EN TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS

Fuente: QURECA. <https://qureca.com>. En millones de dólares



INVERSIÓN PÚBLICA MUNDIAL 2022

**30.000**  
MILLONES DE DÓLARES



Fuente: elaboración propia basada en *paper*: <https://arxiv.org/abs/2202.08940>.

# Veremos un crecimiento exponencial de puestos de trabajo en las tecnologías cuánticas durante las próximas dos décadas

en el último año han empezado a aparecer perfiles mucho más diversos, como por ejemplo marketing, desarrollo de producto y ventas, donde se requiere experiencia laboral previa, lo que demuestra que el mercado está madurando.

Al mismo tiempo, las únicas personas capacitadas en el campo de las tecnologías cuánticas son altamente académicas, es decir, de nivel de doctorado. Intentar encontrar individuos cualificados con experiencia laboral previa en el mundo de los negocios o la ingeniería, es como buscar una aguja un pajar. El estrechamiento del cuello de botella empeora cada vez que se añade algo más a la lista de los requerimientos del perfil laboral.

Más importante aún es el hecho de que debemos asegurarnos de que haya suficientes personas con las habilidades adecuadas para ocupar esta explosión de puestos de trabajo en los próximos veinte años. La única manera de poder educar la fuerza laboral del futuro es introduciendo conceptos cuánticos al nivel de la educación primaria y secundaria, y crear cada vez más oportunidades y programas específicos de ingeniería cuántica.

Hay varias iniciativas a nivel mundial, principalmente desde la perspectiva de actividades de divulgación, para aumentar la conciencia de las tecnologías cuánticas entre la población joven. Sin embargo, también es importante enseñar a los docentes a ser conscientes de la importancia de esta nueva tecnología y su mercado futuro. La educación de la futura fuerza laboral es un proceso largo, pero ya existen varios programas de educación superior en todo el mundo con un enfoque en ingeniería cuántica. En España ya hay cinco másteres enfocados en las tecnologías cuánticas. Lo que debe estar claro es que la fuerza laboral cuántica no solo consiste en físicos cuánticos, sino también en informáticos, ingenieros, técnicos e incluso personas con experiencia en negocios y ventas.

Por otro lado, existe el dilema de cómo acercar las tecnologías cuánticas a potenciales usuarios finales y sectores de negocio específicos que aún no forman parte del ecosistema cuántico. Por fortuna, existe un escenario muy rico en cuestión de recursos educativos tanto para individuos como para negocios, a diferentes niveles de especialización.

En el gráfico anexo se resumen numerosas iniciativas globales, incluyendo juegos, cursos en línea y encuentros.

El ecosistema emergente de las tecnologías cuánticas ofrece numerosas oportunidades tanto para individuos como para la industria. Aunque aún queda mucho por delante hasta que podamos decir que la tecnología cuántica forma parte de nuestro día a día, el presente es un buen momento para empezar a pensar en el próximo paso estratégico y adentrarse en el extraño mundo de la tecnología basada en efectos físicos a la escala de los átomos y las moléculas.

---

## Bibliografía

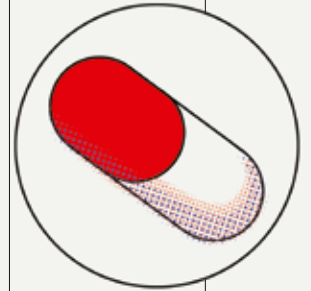
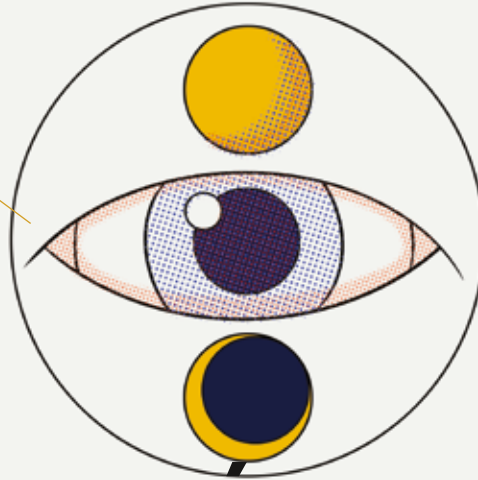
Kaur, M. (2022). "Defining the quantum workforce landscape: a review of global quantum education initiatives" en *arXiv* <https://arxiv.org/abs/2202.08940v1>

Venegas-Gómez, A. (2020). "The quantum ecosystem and its future workforce" en *PhotonicsViews*, 17, 34–38.

Palabras clave:  
computación cuántica, revolución industrial, qubits, ciberseguridad, soberanía nacional



## Cerebros, soberanía nacional e Isaac Asimov



# MÁS ALLÁ DE LOS

# QUBITS

La computación cuántica está en casi todos los medios hoy en día. Todos hablan de qué es un *qubit* y por qué trabajamos en esta revolución. ¿Qué implicaciones tiene? ¿Por qué los principales países y empresas están invirtiendo grandes cantidades de dinero en hacer realidad esta tecnología? ¿Qué problemas va a resolver? Y, sobre todo, ¿qué nuevos problemas va a crear?



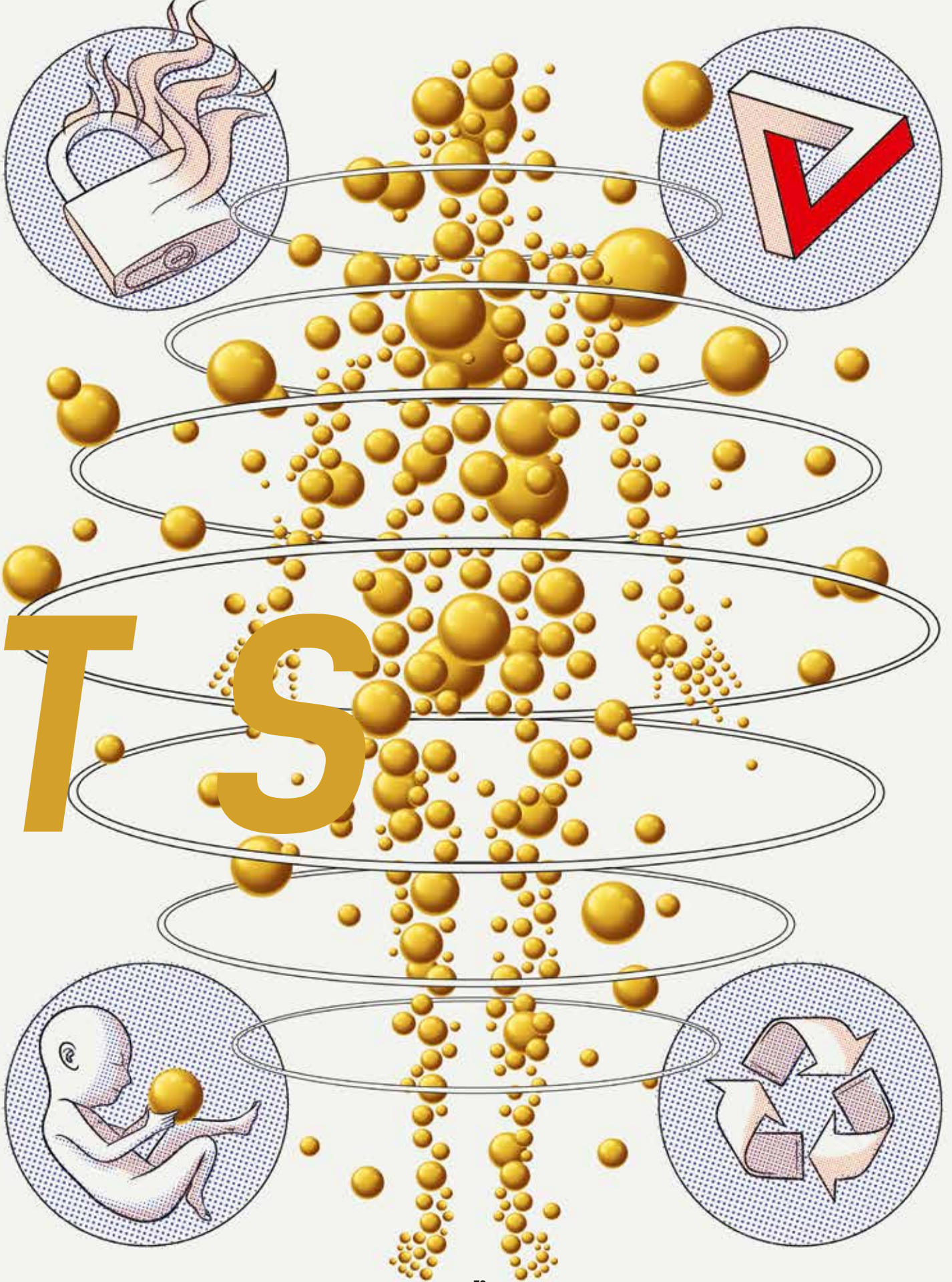
SERGIO GAGO

*Brains, national sovereignty and Isaac Asimov*  
**BEYOND QUBITS**

*Quantum computing is in almost every media today. Everyone is talking about what a qubit is and why we are working on this revolution. What are its implications? Why are major countries and companies investing huge amounts of money in making this technology a reality? What problems will it solve? And, above all, what new problems will it create?*

**Keywords:** quantum computing, industrial revolution, qubits, cyber security, national sovereignty.





TS

En las novelas de la Fundación de Isaac Asimov, el matemático Hari Seldon desarrollaba una ciencia llamada psichistoria con la cual podía predecir el futuro de grandes masas de población. En función de unos parámetros, hechos y evoluciones, Hari podía establecer la probabilidad de que un futuro determinado ocurriera o no. Y de esta manera inicia su trilogía: con la predicción del derrumbe del imperio galáctico.

Claramente Hari Seldon debía tener acceso a una capacidad computacional increíble. La cantidad de datos necesaria para hacer dichas inferencias (y la matemática para hacerlo relevante) tendría que ser tan grande que ningún ordenador con el que soñamos hoy podría ni siquiera rascar la superficie del problema.

Y de hecho no tenemos que ir demasiado lejos. Cualquier banco de nuestro barrio que nos vende hipotecas o nos da préstamos tiene un problema similar de predicción del futuro (aunque mucho más pequeño). Las entidades de crédito necesitan tener un control muy exhaustivo de cuánto dinero prestan y asumir que habrá un porcentaje de personas que no será capaz de pagar sus plazos. No es de extrañar, entonces, que los bancos se esfuercen por calcular —aunque sea aproximadamente— cuántas personas dejarán de poder pagar la hipoteca, cualquiera que sea la razón por la que esto ocurra.

Esto es por lo que dicen que nunca te darán un préstamo hipotecario por más del 80 % del valor de tasación, o que exigen tus nóminas y contrato fijo u otro tipo de avales. La estadística dice que un contrato fijo tiene menos posibilidades de perder pagos y, por tanto, el banco ganará pingües beneficios con ese producto hipotecario sin casi riesgo.

Al igual que ocurría con el *overbooking* en los aviones, que consideraba que siempre habría un pasajero perdiendo el avión, y por tanto se podían vender más billetes que asientos, este cálculo es peligroso debido a que se basa en la probabilidad. El banco tiene que asumir un riesgo y unas probabilidades de perder dinero, y de guardar una cierta cantidad en reserva para no entrar en quiebra (os podéis imaginar lo que pasaría si nadie pagara sus préstamos durante un mes). El cálculo no debería ser difícil. Si sabemos que una familia de cada 100 deja de pagar su hipoteca, es tan fácil como guardarnos ese dinero en la caja de caudales y listo, ¿no?

Imagina ahora que el banco tiene que hacer el cálculo con 10.000 hipotecas firmadas durante una semana. ¿Cómo podemos calcular cuántas familias, de media, dejarán de pagar su préstamo para poder contar con ese problema? (*spoiler*: en 2008 lo calculamos MUY MAL. Hoy, quizá un poquito mejor). Y es que el problema de calcular estas probabilidades es terriblemente complicado. Tan complicado que solo podemos estimarlo burdamente a base de tirar los dados muchas, muchísimas veces (lo que llamamos análisis de Montecarlo) y que consiste en preguntarnos millones de veces: ¿Y si esta familia quiebra, o si esta otra lo hace? ¿Y si hay una crisis financiera, o bien si la empresa que emplea a 20.000 personas en esta ciudad cierra?

Estos procesos son muy largos y costosos, pueden durar días, y los bancos, *hedge funds*, aseguradoras y otros agentes en el entorno financiero los usan continuamente. De hecho, hay un trabajo específico que se dedica a esto: analista cuantitativo. Uno de los pue-

tos más demandados y mejor pagados de Wall Street.

La razón por la que estos problemas son tan difíciles de resolver es porque su complejidad aumenta con su tamaño. Cuantas más hipotecas vende el banco, más difícil es su simulación. Un sudoku de 10x10 es fácil de resolver para cualquier ordenador — o para un humano a mano—, pero la dificultad de 15x15, o 20x20 no es lineal, sino exponencial. Es decir, el tiempo necesario para que un ordenador resuelva el problema aumenta más rápido que el propio tamaño del problema en sí mismo. Por tanto, nos encontramos con un techo invisible que incluso con nuestra ley de Moore a punto de caducar —donde podíamos meter el doble de transistores cada dos años en el mismo chip—, hace imposible calcular este tipo de problemas.

Calcular hipotecas o seguros, o resolver sudokus está muy bien, pero no son problemas tan generales como para poner el mundo patas arriba. Por suerte o por desgracia este tipo de problemas —que para los entendidos, llamaremos Clase NP— están en todas partes, en cualquier industria, en nuestro día a día. ¿Necesitas crear una vacuna para un nuevo virus? Ahí tienes problemas NP. ¿Estás buscando optimizar la eficiencia de un nuevo combustible? Problemas NP. ¿Quieres optimizar la captación de las células de los paneles solares? Problemas NP. ¿Quieres saber la ruta óptima para entregar paquetes lo más rápido posible en un barrio? Lo has adivinado, problema NP.

Pero esto no acaba aquí, y se puede poner un poco más tétrico ¿Quieres romper la encriptación de Internet y descifrar cualquier transacción bancaria o mensaje? ¿Quieres desarrollar

un nuevo gas nervioso? ¿Te interesa aumentar la potencia de un explosivo? ¿Quizá desarrollar sistemas de escucha y contraespionajes inquebrantables? Todos estos son (o contienen) también problemas que actualmente los ordenadores no pueden atacar fácilmente, pero los *qubits*<sup>1</sup> sí podrán. Por tanto, la computación cuántica no es únicamente relevante para que las empresas puedan conseguir o mantener ventaja competitiva en sus mercados, sino para que las grandes potencias puedan mantener o incrementar su soberanía nacional, información y capacidad de negociación.

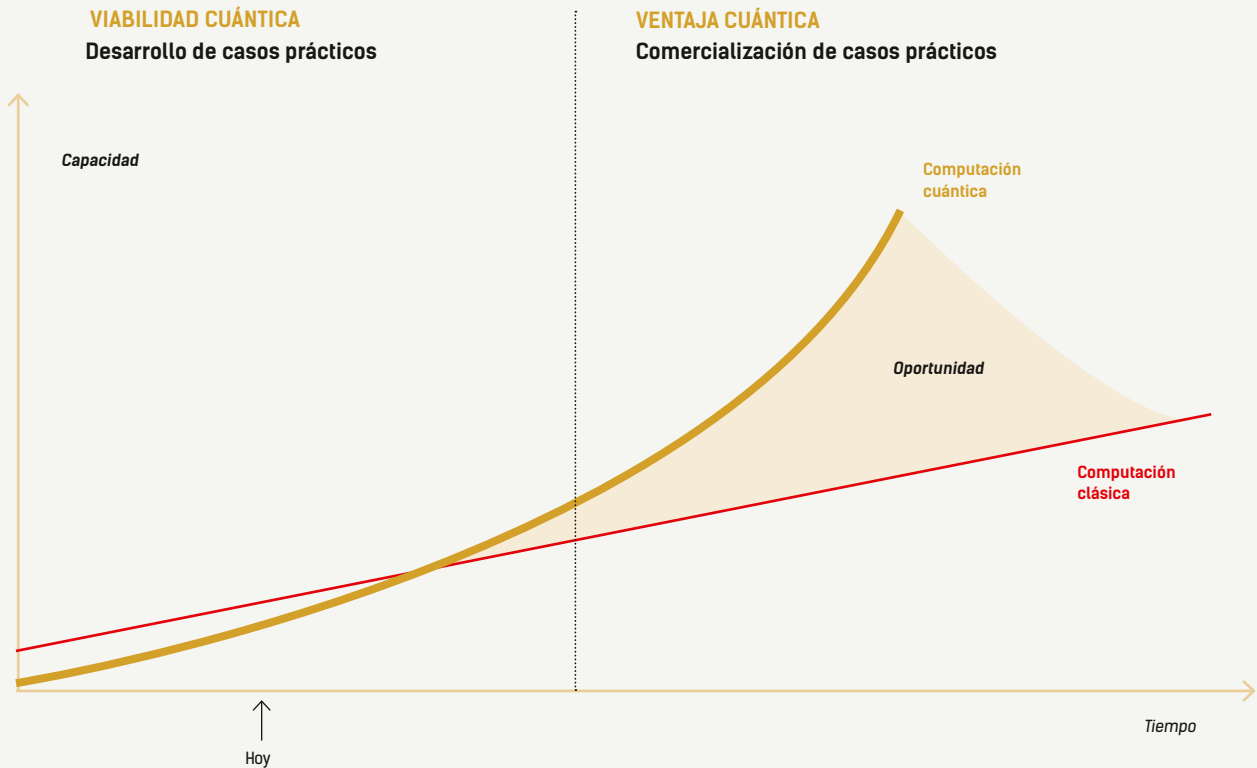
No en vano, son algunos los que opinan que si algún país hubiera encontrado ya la ventaja cuántica como para descifrar Internet (que necesita del orden de varios millones de *qubits*, ►►►

# La computación cuántica es relevante para que grandes potencias puedan mantener o incrementar su soberanía nacional

<sup>1</sup> Fundeu recomienda el uso de cúbit en vez del inglés *qubit*. No obstante, al estar extendido el uso de *qubit*, hemos preferido mantener el criterio de cada autor/a.

## ¿ENTONCES CUÁL ES LA VENTAJA CUÁNTICA?

Fuente: IBM



y llevamos solo 127 en el momento de escribir esto), realmente los ciudadanos de a pie no lo sabríamos. Hay precedentes: Alan Turing descifró desde Bletchley Park la máquina de encriptación *Enigma* de los alemanes durante la Segunda Guerra Mundial, pero el mundo no lo supo hasta varios años después.

La comunidad científica considera esta opción (incluso China, con su hegemonía y billones invertidos en el sector) poco plausible. El desarrollo científico en estas áreas está más compartido de lo que pensamos y China ha publicado muchos de sus descubrimientos e hitos (Pan Jianwei y su equipo en la Universidad de Ciencia y Tecnología de China ya demostraron ventaja cuántica en un

problema muy concreto que, si bien no tiene utilidad práctica, demuestra que vamos por el buen camino).

Si esto no es suficiente problema, la tendencia actual consiste en “Hack now, decrypt later”, es decir: consigamos los datos encriptados hoy, que sabemos que mañana los podremos leer con los ordenadores cuánticos. Seguro que hay secretos de Estado o comunicaciones que aún serán relevantes en diez o quince años.

Realmente es un concepto difuso, pero viene a señalar el punto de inflexión en el futuro en el que un ordenador cuántico resolverá un problema real (aplicable) mejor que cualquier ordenador (o superordenador) clásico. Esto es una auténtica carrera de fondo.

En el momento que un algoritmo cuántico promete mejores velocidades (mejoras exponenciales en su cálculo), rápidamente los desarrolladores de algoritmos clásicos se ponen las pilas para demostrar que ellos siguen siendo primeros con pura ingeniería humana, y así nos vamos presionando los unos a los otros.

Sin embargo, esta es la definición puramente científica, el “exponencial *speedup*”, pero no tiene que ser la única. Los ordenadores cuánticos nos traen otro tipo de ventajas a nivel de eficiencia o sostenibilidad. Algunos cálculos requieren una huella de carbono mucho menor procesados en *qubits* que en cientos de operaciones

en supercomputadoras normalmente operadas con minicentrales eléctricas para darles soporte. Otros cálculos pueden preferir resultados en tiempo real en lugar de tardar días a cambio de una pequeña pérdida en precisión. Estas dimensiones, puramente empresariales, son también muy relevantes a la hora de plantear potenciales ventajas cuánticas.

Es cierto que a día de hoy ejecutar algoritmos en alguno de los más de 50 ordenadores cuánticos y simuladores disponibles en el mundo es caro. Requiere personas preparadas que sepan utilizar y adaptar los problemas (no muy distintos de las supercomputadoras). Pero las economías de escala y la facilidad de resolver problemas harán que este tipo de ejecuciones sean más sostenibles y baratas en el futuro.

En este sentido, la computación cuántica puede servir para que la humanidad dé un salto de gigante en su evolución, pero también para generar más desigualdad. Muchos desarrollos tecnológicos del pasado no hicieron más que aumentar la brecha entre países en desarrollo y las grandes potencias, o entre grandes fortunas y el resto del mundo. Tenemos que ser muy cuidadosos para aprender de nuestros errores y no repetir la historia. No solo a nivel empresarial, sino también geopolítico. No en vano son ya muchas las voces que hablan de trabajar la ética para la computación cuántica desde ya, antes de que la tecnología sea de uso general y no encontrarnos los problemas que tenemos hoy con la inteligencia artificial.


¿Nos encontramos al borde de una transformación tecnológica sin precedentes? Sin ninguna duda. La computación cuántica representa un avance como fue la arquitectura de Von Neumann a los ordenadores “clásicos” que usamos hoy. Cuando Bank of America presentó su primer ordenador en

1955 para procesamiento, las grandes mentes pensaban que habría sitio para unas pocas computadoras en el mundo, pero las empresas vieron que habría un antes y un después (y poco se imaginaban que hoy tendríamos computadoras ultrapotentes en nuestros bolsillos en forma de *smartphones*).

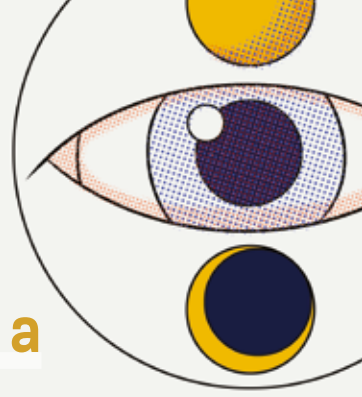
## Ley de Moore

En la actualidad, hasta los enchufes obedecen a la ley de Moore y tienen circuitos integrados inteligentes dentro. De la misma manera que los ordenadores tardaron varias décadas en imponerse y transformar nuestra sociedad, la cuántica requerirá de varias décadas para encontrar su sitio correcto en el mundo y transformar la realidad tal y como la conocemos.

De la misma manera que nos ocurrió con las computadoras, los problemas ya estaban ahí. En los años 20, una computadora era una persona que se dedicaba a hacer aritmética manualmente y, por tanto, escalar para realizar millones de cálculos al día no era viable. Los problemas que resuelven los ordenadores cuánticos están ahí. Simplemente hasta ahora no teníamos la capacidad de atacarlos en condiciones. ¿Dónde nos encontramos? Más o menos una década después del ENIAC. Si alguien recuerda los Amstrad o los Spectrum que funcionaban con cintas de casete... bueno, todavía ni siquiera estamos ahí. Esto significa que en el sector hay más *hype* que realidad, que aunque necesitamos avanzar rápido, muy rápido, todavía falta mucho desarrollo. Que no os vendan la moto.

¿Qué necesitamos para avanzar? Pues exactamente lo mismo que la 

En cuántica, nos encontramos más o menos una década después del ENIAC, el primer ordenador del mercado



# La computación cuántica puede servir para que la humanidad dé un salto de gigante en su evolución, pero también para generar más desigualdad

computación tradicional en los años 60 (y es que la historia se repite). Y curiosamente lo mismo en la inteligencia artificial en los 90: *hardware* y cerebros.

Por un lado, necesitamos un “volumen cuántico” mayor. Esto es, no solo más *qubits* donde codificar nuestros problemas, sino *qubits* de calidad. Digamos que los que tenemos hoy son bastante ruidosos y generan excesivos errores. Y como tenemos pocos *qubits*, tampoco podemos hacer códigos de corrección de errores como los que usamos en el mundo clásico (para los entendidos, los códigos Hamming son prácticamente imposibles por el mero hecho de que observar un estado cuántico destruye el estado en sí mismo lo cual afecta, entre otras cosas, a la dificultad para tener una memoria RAM en el sistema). Pero no sufran, decenas de empresas, grandes y pequeñas, así como países (incluida la humilde aportación por parte de España) están trabajando duramente en ello. Mientras tanto, tenemos que crear un *stack* completo de abajo arriba. Desde el control de los *qubits*, lenguajes de programación, algoritmos y aplicaciones. Y para esto hacen falta cerebros.

De la misma manera que nos faltaban “informáticos” en los 70 y 80 (y hoy en día), nos faltan “informáticos cuánticos” que entiendan de dominio, de mecánica cuántica y, sobre todo, de

desarrollo y despliegue de soluciones. La forma de pensar en algoritmos cuánticos es muy distinta a cómo pensamos en algoritmos clásicos. Es otro paradigma. Sin embargo, esto no implica que podamos dejar el pasado de lado. Nuestra revolución será híbrida o no lo será y es que ya no empezamos de cero: ya tenemos la computación en la nube, todas las plataformas y *frameworks* de *Machine Learning*, materiales, herramientas y *datasets* que hemos desarrollado hasta ahora. La investigación converge y es más accesible que nunca. Un estudiante de instituto puede convertirse en experto en cuántica únicamente con una buena conexión a Internet. No es de extrañar que accedamos a casi todos los ordenadores cuánticos en el mercado a través de la nube usando las mismas herramientas que los científicos de datos usan cada día en su trabajo.

Vaya, que tenemos entre manos una auténtica revolución tecnológica comparable a la bombilla y la vela. Nos faltan manos y *qubits* pero sabemos que llegarán tarde o temprano, y tanto empresas como gobiernos están dando pasos de gigante para poder estar ahí. No se trata únicamente de “optimizar problemas” sino de encontrar soluciones a grandes problemas de la humanidad. Tanto en economía, sostenibilidad, medicina y comunicaciones. Es el momen-

to de empezar a pensar en cuántica. No en “bras” y “kets”, operadores y observables, hamiltonianos y fotones, sino en las distintas capas que tenemos que crear. Programadores, matemáticos, físicos, empresarios, todos trabajando en conjunto para hacer realidad este sueño que nos hará avanzar como especie.

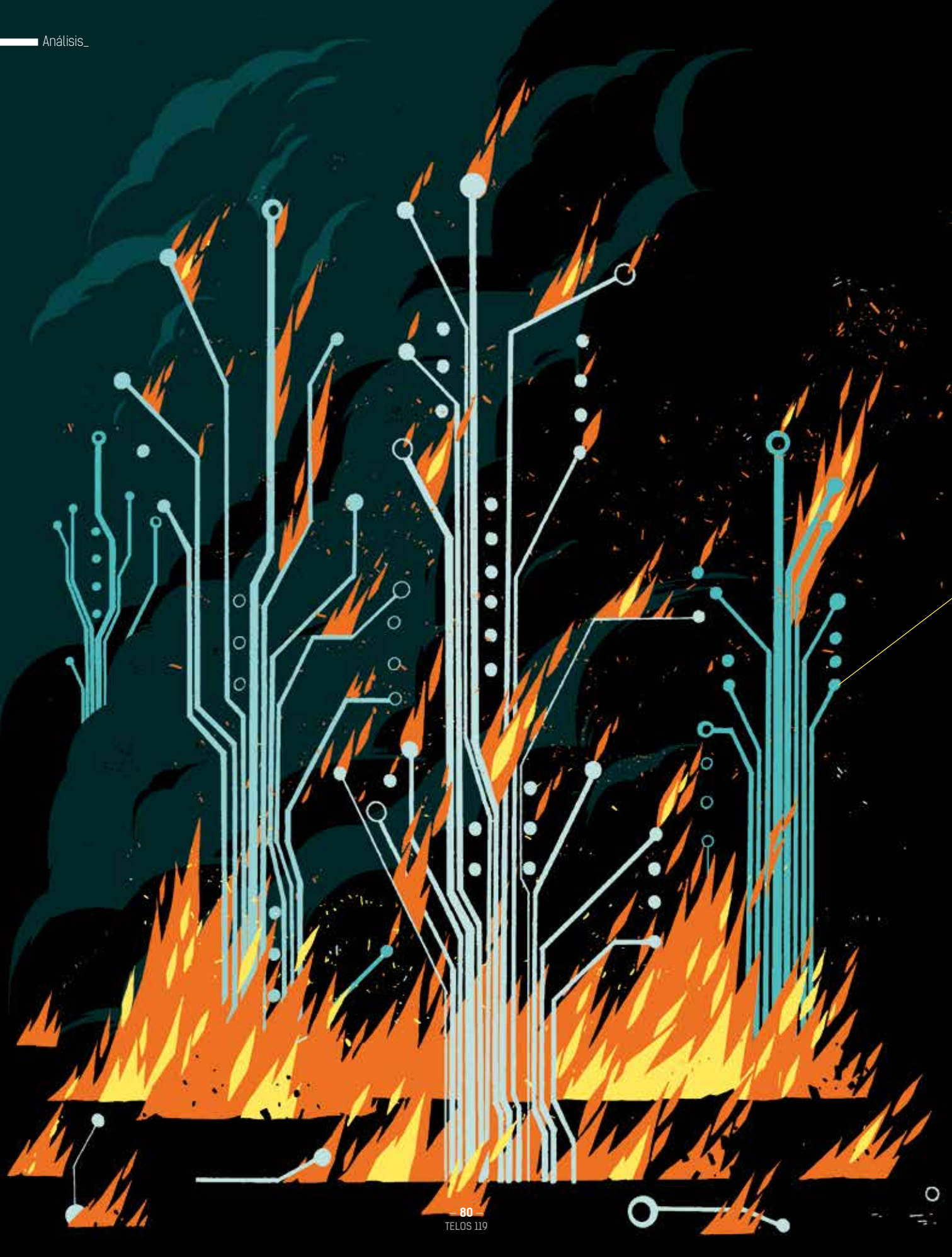
No sé si desarrollaremos una psicohistoria como Hari Seldon, o si los *qubits* nos servirán para simular la naturaleza como decía Richard Feynman. Lo que sí tengo claro es que desarrollaremos vacunas mucho más rápido, analizaremos mejor los riesgos, nos comunicaremos de forma más segura y, ¿por qué no?, resolveremos sudokus gigantes en milisegundos.

## Bibliografía

- Aaronson, S. (2013): *Quantum Computing since Democritus*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Coecke, B. y Kissinger, A. (2017): *Picturing Quantum Processes: A First Course in Quantum Theory and Diagrammatic Reasoning*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Gimeno-Segovia, M., Harrigan, N. y Johnston, E. (2019): *Programming Quantum Computers: Essential Algorithms and Code Samples*. Sebastopol (California), O'Reilly Media.
- Nielsen, M. A. y Chuang, I. L. (2000): *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Wittek, P. (2014): *Quantum Machine Learning What Quantum Computing Means to Data Mining*. Cambridge, Academic Press.



El inicio de una nueva era tecnológica nos obliga a dar respuestas innovadoras desde la enseñanza para satisfacer nuevas necesidades sociales.





# Las amenazas a la seguridad de las blockchains

**Palabras clave:** seguridad, computación cuántica, criptografía, firmas digitales, blockchain.



The chain's weak points  
**SECURITY THREATS**

Surely you have read more than once that quantum computing will represent a major challenge for security because it will be able to break encryption systems, and incidentally, digital signatures, blockchain, cryptocurrencies and smart contracts. How to be prepared?

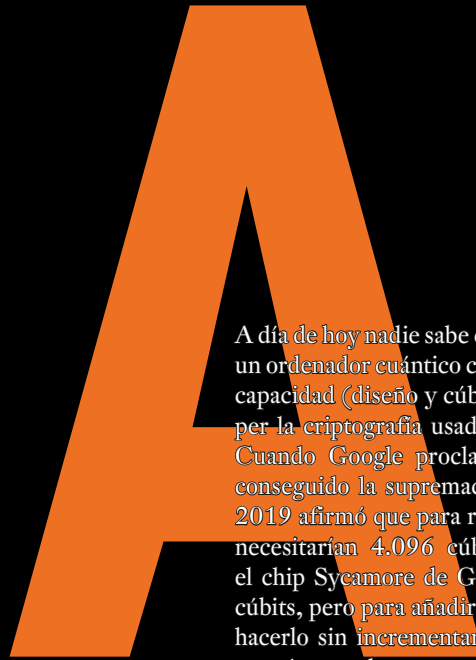
**Keywords:** security, quantum computing, cryptography, digital signatures, blockchain.



CARLOS JIMÉNEZ

Seguro que has leído más de una vez que la computación cuántica representará un reto importante para la seguridad porque podrá romper los sistemas de cifrado, y, de paso, las firmas digitales, blockchain, las criptomonedas y los contratos inteligentes. ¿Cómo estar preparado?

ILUSTRACIÓN: DANIEL MONTERO GALÁN



A día de hoy nadie sabe cuándo existirá un ordenador cuántico con la suficiente capacidad (diseño y cúbits<sup>1</sup>) para romper la criptografía usada actualmente. Cuando Google proclamó que había conseguido la supremacía cuántica en 2019 afirmó que para romper RSA se necesitarían 4.096 cúbits. En 2019 el chip Sycamore de Google tenía 52 cúbits, pero para añadir cúbits hay que hacerlo sin incrementar la temperatura, así que cada vez es más difícil añadir cúbits sin que pierdan la coherencia.

¿Y entonces por qué la empresa D-Wave dice que tiene 5.000 cúbits? Hay que diferenciar entre cúbits lógicos y cúbits físicos. Como es tan difícil añadir cúbits (lógicos) se añaden muchos cúbits (físicos) para corregir errores y obtener un cúbit (lógico), así que la próxima vez que veas un número de cúbits pregúntate si son lógicos o físicos.

### La criptografía postcuántica

En definitiva, mi opinión es que se tardarán décadas en poder romper la criptografía actual con un ordenador cuántico.

Para que un algoritmo criptográfico se estandarice se prueban varios a la vez durante años. Desde 2015, el NIST<sup>2</sup> tiene el proyecto *Post Quantum Cryptography* (PQC) para estandarizar un nuevo algoritmo criptográfico que sea resistente a un posible futuro ordenador cuántico. Desde junio de 2021, están en la ronda tres donde hay siete finalistas y ocho candidatos alternativos<sup>3</sup>.

Antes de seguir, es necesario aclarar que los ataques con ordenadores cuánticos o criptografía postcuántica tienen aplicación en comunicaciones militares

<sup>1</sup> Fundeu recomienda el uso de cúbit en vez del inglés *qubit*. No obstante, al estar extendido el uso de *qubit*, hemos preferido mantener el criterio de cada autor/a.

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST por sus siglas en inglés, National Institute of Standards and Technology).

<sup>3</sup> La información sobre las rondas del NIST están disponibles en: <https://csrc.nist.gov/Projects/post-quantum-cryptography>

o gubernamentales. No en los sistemas usados por empresas y particulares, que son muy débiles.

### ¿La criptografía necesita un ordenador cuántico para ser rota? NO

Para entender por qué las comunicaciones nunca han sido seguras —sin necesitar ordenadores cuánticos— hay que analizar varios aspectos. El primero, el legal. La legislación en los países occidentales permite que un juez ordene que se descifren los mensajes cifrados. WhatsApp, Telegram, el correo electrónico, lo que escuchan los asistentes de voz... todo está sujeto al escrutinio de la justicia. Todas las empresas de tecnología tienen que guardar los mensajes durante años. Y abrirlos si un juez se lo pide.

Cifrar consiste en desordenar los bits siguiendo un algoritmo de cifrado (por ejemplo, T-DES, AES, RSA o curvas elípticas) y una clave (que es el parámetro que debe mantenerse secreto). Así que el cifrado es tan seguro como secreta sea la clave.

En el cifrado simétrico como Triple-DES o AES, la misma clave se utiliza para cifrar y para descifrar. Es más rápido, pero tiene un problema. ¿Cómo el emisor —que ha cifrado— manda al receptor la clave —para descifrarlo—? Porque si la capturan en el camino —o legalmente tiene que existir una clave de recuperación—, la clave deja de ser secreta.

El cifrado asimétrico (RSA o curvas elípticas) se diseñó para resolver el problema. Hay dos claves: una para cifrar (pública) y otra para descifrar (privada). Solo es necesario compartir

# La amenaza de los ordenadores cuánticos a los sistemas criptográficos actuales es un engaño para que creas que el cifrado que utilizas hoy es seguro

la pública, y la privada no hay que enviarla entre emisor y receptor. Así que el emisor cifra el mensaje con la clave pública del receptor (y solo el receptor puede descifrarlo). Por ejemplo, tu DNI electrónico tiene una clave pública y otra privada (que nunca sale del chip). Y son seguras siempre porque se han generado dentro del chip y nunca salen fuera del chip, ni el dueño del DNI las conoce nunca.

### La fuerza bruta o probar todas las claves hasta que la encuentres

Si el algoritmo es seguro —se ha probado durante años— y la clave secreta, la única forma de romper el cifrado es probando todas las posibles claves. ■■■



# La computación cuántica solo podrá aumentar la seguridad. Disminuirla no se puede

A esto se le llama ataque por fuerza bruta. Las claves RSA actuales suelen ser de 2.048 o de 4.096 bits (de ahí que Google dijera que necesitan 4.096 cúbits para romper RSA). Y, por eso, si existiera un ordenador cuántico que probara en paralelo todas las posibles claves podría encontrar el secreto.

Una clave de 4.096 bits tiene  $2^{4096}$  posibles valores o aproximadamente  $10^{1234}$ . Así que la seguridad se llama computacional porque no habría suficiente materia ni tiempo en el universo para probarlas todas. Ya veremos si la coherencia cuántica encuentra algún día las claves.

## Los números aleatorios

Hoy en día, las claves de cifrado se generan aleatoriamente —no confundir con una contraseña que elige el usuario—. Y ahí está la trampa. Si no tienes un buen generador de números aleatorios, tus claves puede que no tengan 4.096 bits independientes.

Imagina un dado de seis caras que fuera perfecto, y que la probabilidad de que salga cualquier cara es la misma:  $1/6$ . Es perfectamente aleatorio y, sin embargo, solo son seis números así que los puedo probar todos.

Si tenemos una clave que tiene digamos 32 bits aleatorios y el resto calculados en función de los primeros, no tendríamos  $2^{4096}$  posibilidades, sino  $2^{32} = 4.000$  millones y fácilmente atacable por fuerza bruta. Tradicionalmente, se ha dicho siempre que solo los generadores de números aleatorios por *hardware* son buenos. Incluso hay generadores cuánticos de números aleatorios. Pero antes o después habrá un convertor A/D que recortará el número de bits y limitará el número de claves a probar.

La verdadera aplicación de un ordenador cuántico será verificar si una clave es realmente aleatoria o no. Si los 4.096 bits son independientes. Y parece que eso ya lo hace el chip de 52 cúbits de Google.

Por cierto, para generar números aleatorios (por *software*) de longitud larga, lo mejor es usar RSA. Utilizando un texto al azar cifrado con una clave al azar se debe generar un número aleatorio (estás aumentando el desorden, en eso consiste cifrar) de modo que estás generando un resultado más aleatorio que con el que empezaste (siempre que al final olvides el texto y la clave de partida). Lo interesante sería pasar un número aleatorio así generado por el verificador cuántico de Google. Si el resultado no es aleatorio verificable, es que el método RSA también tiene trampas en su diseño (lo desconozco).

### ¿Y necesito ordenadores cuánticos para romper blockchain, la firma digital, los contratos inteligentes? Tampoco.

Aquí la trampa está en las funciones *hash*. Tú no firmas un documento, firmas un *hash* del documento. ¿Qué es un *hash*? Es un resumen del documento generado con algoritmos como SHA256 a SHA512, (o los que no deberían utilizarse como MD-5 o SHA-1). Haces un resumen usando todos los bits del documento y acabas teniendo solo 256 bits. Si cambias un solo bit del documento, cambia el *hash*. Así que en teoría firmar el *hash* sería equivalente a firmar el documento.

Pero lo que siempre se olvida es que los *hashes* tienen colisiones. No puedes resumir infinitos documentos en un número finito de bits. Habrá infinitos documentos que den el mismo *hash*. Si alguien (por ejemplo, la NSA<sup>4</sup>) supiera cómo generar colisiones (documentos que den el mismo *hash*, y habrá infinitos) podría decir que el documento firmado no fue el original, sino otro que daba el mismo *hash*. No hay que olvidar que las funciones *hash* estándar SHAxx fueron diseñadas por la NSA.

### La seguridad la determina el punto más débil de la cadena

Edward Snowden desveló en 2013 muchos de los programas de espionaje de la NSA. Algunos incluyen la instalación de troyanos en los ordenadores de todo el mundo. Así no hay que atacar los mensajes cifrados. La NSA puede leerlos incluso antes de que se cifren.

En mi opinión, la amenaza de los ordenadores cuánticos a los sistemas criptográficos actuales es una cortina de humo para que creas que el cifrado que utilizas hoy es seguro.

Y partiendo de esta situación, estoy seguro de que la computación cuántica solo podrá aumentar la seguridad —disminuirla no se puede—. Puede que sea buena idea guardar alguno de los candidatos que no ganen el PQC. Así evitaríamos volver a usar todo el mundo en el futuro el mismo algoritmo estándar de cifrado postcuántico.

Así que, lo siento, el mundo está lleno de trileros. Y el juego es ¿dónde está la bolita?

## Bibliografía

Fernández Lara, C. (2021). "La computadora del futuro de Google que parece bote de basura", en *Forbes*. Disponible en: <https://forbes.co/2021/08/26/tecnologia/la-computadora-del-futuro-de-google-que-parece-bote-de-basura/>

Sec Lab (2020). "La computación cuántica y el futuro de la criptografía: la criptografía post-cuántica", en *BBVA Next Technologies*. Disponible en: <https://www.bbvanexttechnologies.com/pills/la-computacion-cuantica-y-el-futuro-de-la-criptografia-la-criptografia-post-cuantica/>

Snowden, E.: *Continuing Ed - With Edward Snowden*. Disponible en: <https://edwardsnowden.substack.com>

Wikipedia: Revelaciones sobre la red de vigilancia mundial (2013-2015). Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Revelaciones\\_sobre\\_la\\_red\\_de\\_vigilancia\\_mundial\\_\(2013-2015\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Revelaciones_sobre_la_red_de_vigilancia_mundial_(2013-2015))

<sup>4</sup> Agencia de Seguridad Nacional (en inglés: National Security Agency o, por sus siglas, NSA).



Analysis of present and future technological-digital impact

**STRATEGIC KEYS FOR 'ESPAÑA DIGITAL 2025'**

Spain has developed a digital transition strategy for 2025. It is important to identify the patterns of change and the key variables of this scenario in order to identify and understand the possible directions that changes in the industry may take and the keys to guide decisions in favor of the objectives set.

**Keywords:** strategic foresight, strategy, digitalization, spain, future.

ANÁLISIS DEL IMPACTO  
PRESENTE Y FUTURO  
TECNOLÓGICO-DIGITAL



MARTA GARCÍA OUTÓN

# Claves estratégicas para la España Digital 2025

España ha elaborado una estrategia de transición digital para el escenario 2025. Es importante identificar los patrones de cambio y las variables clave de este escenario para detectar y comprender las posibles direcciones que pueden tomar los cambios de la industria y las claves para orientar las decisiones en favor de los objetivos planteados.

Palabras  
clave:  
prospectiva,  
estrategia,  
digitalización,  
españa, futuro.





1 Beurle, D. (Future IQ): *The Next Industrial Revolution, A new era -robotics, automation and life sciences*. Richard King Mellon Foundation, 2018. Disponible en: <https://future-iq.com/wp-content/uploads/2017/05/The-Next-Industrial-Revolution-A-new-era-robotics-automation-and-life-sciences.pdf>

2 Disponible en: [https://portal.mineco.gob.es/ca-es/ministerio/estrategias/Pagines/00\\_Espana\\_Digital\\_2025.aspx](https://portal.mineco.gob.es/ca-es/ministerio/estrategias/Pagines/00_Espana_Digital_2025.aspx)

3 Vicepresidencia Tercera del Gobierno, Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Gobierno de España. España Digital 2025. 2020, 200723\_np\_agenda.pdf (mineco.gob.es)

El aumento de la conectividad, acelerada tras la finalización de las guerras mundiales y como resultado del avance tecnológico, ha permitido una rápida tasa de cambio y nos está moviendo hacia una toma de decisiones más autónoma, un rol cambiante para la fuerza laboral, nuevos paradigmas organizacionales y colaborativos y diversos modelos de conexión inmediata que aceleran el dinamismo en la interacción y la potencia en los procesos de innovación.

La tecnología ha hecho posible la generación de productos y servicios disruptores que han aumentado la eficiencia y la rentabilización de los procesos, con la oportunidad de generar nuevas fuentes de recursos y servicios para el crecimiento social y económico. No obstante, el principal desafío que se presenta ante este rápido crecimiento es la sostenibilidad del cambio y la equidad en el desarrollo y alcance del mismo. Por otro lado, las economías con los mercados laborales, los sistemas educativos, la infraestructura y los sistemas legales más flexibles y receptivos estarán mejor equipados para enfrentar y adaptarse a estos cambios que estamos experimentando.

Estas son las principales características que describen la IV Revolución Industrial (impulsada a partir del 2011 con el desarrollo y la implementación de la fusión de tecnologías) y recogidas y analizadas en profundidad en un informe preparado por Future IQ<sup>1</sup>: descentralización de la decisión y escenario global competitivo, inteligencia artificial y proce-

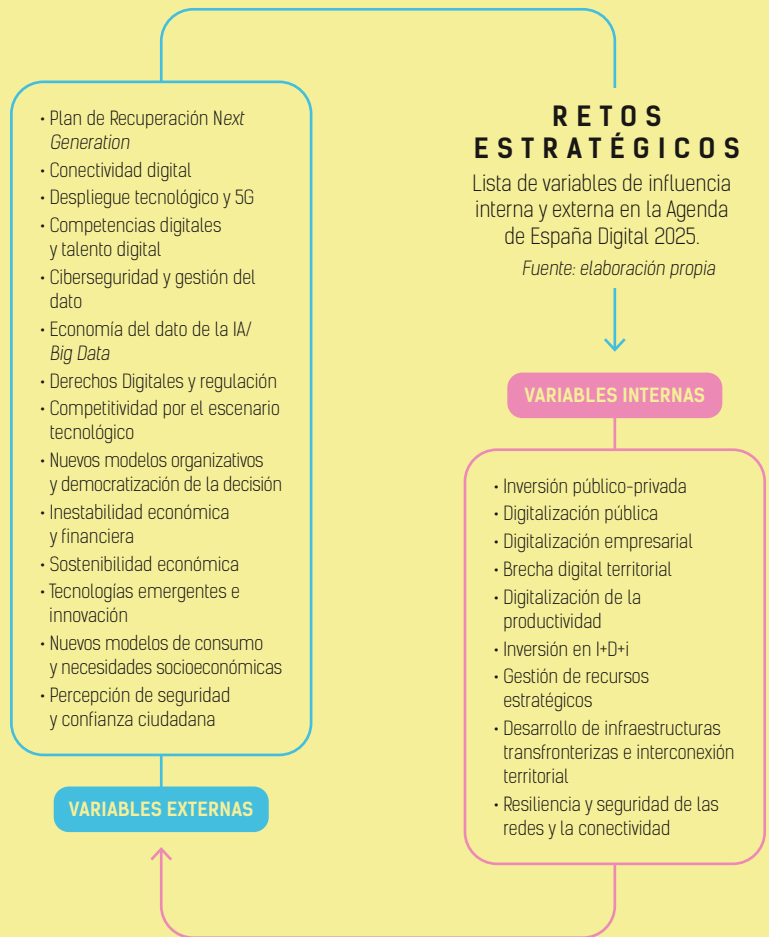


tos predictivos; aceleración del cambio y disrupción; gestión del talento e innovación, tecnologías emergentes y gestión energética.

En julio de 2020, el Gobierno de España presentó la nueva Agenda Digital 2025<sup>2</sup>, donde establece unos ejes estratégicos para impulsar la transformación digital del país, alineados con la estrategia digital de la Unión Europea. Establece una primera fase (de 2020 a 2022) de una fuerte inversión pública y privada para cambios estructurales (unos 70.000 millones de euros, de los que 20.000 son de parte pública, recogidos del Plan de Recuperación *Next Generation UE* para impulsar la digitalización).

La agenda establece 50 medidas de las que se pueden resaltar diez ejes principales<sup>3</sup>:

1. Conectividad digital
2. Despliegue del 5G
3. Competencias digitales y talento digital
4. Ciberseguridad y especialidad en gestión del dato
5. Digitalización pública
6. Digitalización de las pequeñas empresas y pymes
7. Digitalización de la productividad
8. Impulso de España como plataforma audiovisual
9. Economía del dato de la IA y el *Big Data*
10. Derechos Digitales



Para la adecuada gestión de este plan estratégico, es importante tener en cuenta las características estructurales digitales y tecnológicas de España y de su entorno estratégico, y conocer qué elementos pueden influir en su evolución presente y futura. La posibilidad de alcanzar una España digital para 2025, acogiendo los puntos descritos en esa Agenda Nacional, estará condicionada por las capacidades, reales y potenciales, de las que se disponga y por el valor del impacto, directo e indirecto, de los elementos del contexto y del entorno que puedan influir en la transformación del sistema.

En este caso, es fundamental comprender las características y elementos del entorno político-social y económico de España para con la transición digital y tecnológica y, además, aquellas cuestiones y elementos del contexto in-

ternacional que puedan influir en ello —en especial referencia a la situación geoestratégica, al escenario europeo y al escenario competitivo internacional por el dominio del sector tecnológico—.

Como resultado de la aplicación de una metodología de análisis de inteligencia estratégica, que nos permite conocer los impactos de influencia presente y futura en el escenario para la España Digital 2025, recogemos las siguientes claves:

- De manera potencial, el escenario estimativo de la España Digital 2025 se muestra inestable y será especialmente alterado por la influencia del contexto exterior. Por ello, se reafirma que es el contexto exterior y su desarrollo lo que va a empujar la definición futura de una España digitalizada. ►►►

# La crisis financiera global y la cooperación internacional serán claves en el desarrollo de la agenda digital



• Los elementos que más influyen en la configuración y estructuración actual del entorno digital de España son:

- La inversión y generación de fondos públicos y privados, especialmente recogidos a través del Plan de Recuperación *Next Generation UE*.
- La economía sostenible y la transformación del sistema productivo en respuesta a los objetivos de Naciones Unidas de sostenibilidad, por la imposición que ejerce en los modelos de negocio y en la dirección de las estrategias económicas.

• Los elementos clave del escenario que empujan en la configuración futura del sistema, son:

- La digitalización pública, porque influye en la aceleración de los procesos de innovación y creación de tecnologías emergentes y en el posicionamiento estratégico ante la competitividad internacional por el dominio de la esfera tecnológica-digital.
- La digitalización de las empresas y pymes, en tanto que favorece en la consecución de esos objetivos competitivos internacionales y en lograr la conectividad digital.
- Establecer nuevos modelos de

consumo ante las necesidades socioeconómicas y reducir la brecha digital, en favor de los objetivos de conectividad digital y de desarrollo competitivo.

- Impulsar competencias en materia tecnológica-digital y de retención de talento en favor de la innovación y el desarrollo ante la necesidad de digitalización de los procesos.

Hay dos elementos del contexto exterior que tienen fuerte impacto, generando riesgo e inestabilidad: la crisis económica-financiera y el escenario de competitividad tecnológica. Para reducir la vulnerabilidad que generan en el futuro escenario digital de España, es fundamental dirigir la acción estratégica coordinada a través de la digitalización pública y de las empresas, la inversión en innovación y el desarrollo tecnológico-digital y con fondos público-privados en favor de la conectividad digital.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los impactos de futuro estimados en la España Digital 2025 y las claves anteriormente mencionadas, será fundamental orientar las estrategias hacia los siguientes retos estratégicos:

- Cambio en los modelos organizativos y digitalización de la producción a través

de la capacitación digital, fomentado con las ayudas financieras e impulsando la conectividad digital y la interconexión territorial.

- La percepción de seguridad y confianza ciudadana, con la gestión de las nuevas normativas y directivas para la regularización del sector, impulsando los compromisos políticos y a través de la formación digital ciudadana.
- La resiliencia y seguridad de las redes cobrará especial importancia con la capacitación digital, la inversión en investigación, el desarrollo y la resiliencia para generar una nueva cultura productiva y organizativa digital compartida.

## Bibliografía

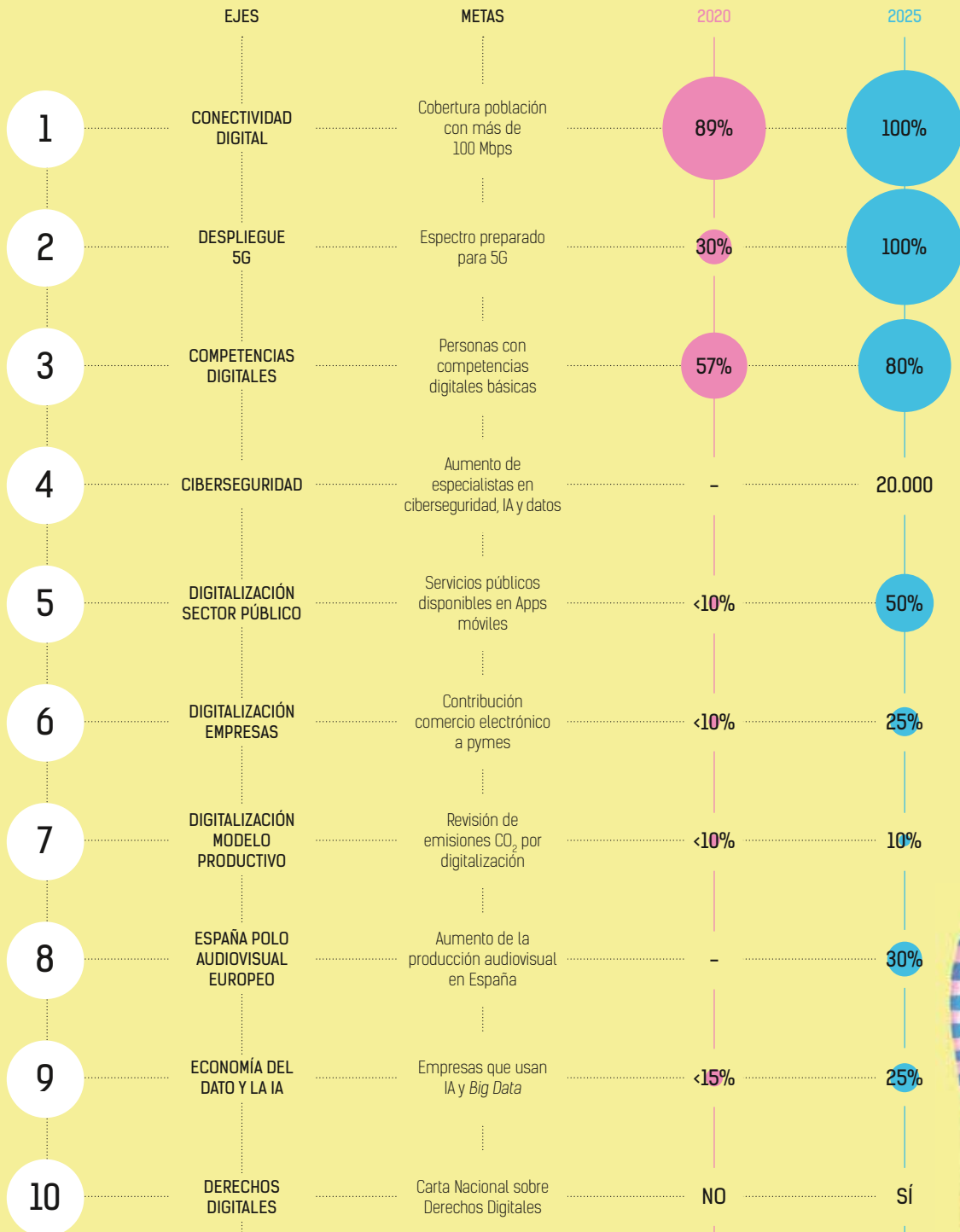
Beurle, D. (Future IQ): *The Next Industrial Revolution, A new era –robotics, automation and life sciences*. Richard King Mellon Foundation, 2018. Disponible en: <https://future-iq.com/wp-content/uploads/2017/05/The-Next-Industrial-Revolution-A-new-era-robotics-automation-and-life-sciences.pdf>

Vicepresidencia Tercera del Gobierno, Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital, Gobierno de España. *España Digital 2025*. 2020. Disponible en: [200723\\_np\\_agenda.pdf](https://www.lamincloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/07/02020_PreguntasRespuestasPR.pdf) (mineco.gob.es)

Presidencia de Gobierno. *Plan de recuperación, transformación y resiliencia*. Gobierno de España, Madrid, octubre 2020. Disponible en: [https://www.lamincloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/07/02020\\_PreguntasRespuestasPR.pdf](https://www.lamincloa.gob.es/presidente/actividades/Documents/2020/07/02020_PreguntasRespuestasPR.pdf)

# METAS ESPAÑA DIGITAL 2025

El proyecto España Digital 2025, del Gobierno de España, agrupa en diez ejes sus planes para digitalizar el país. El gráfico ilustra los principales objetivos de cada una de ellas. Fuente: Gobierno de España.



Palabras clave:  
habilidades,  
aprendizaje,  
incerteza,  
conocimiento,  
empleabilidad.



DAVID MATA MÚJICA

## HERRAMIENTAS PARA LA EMPLEABILIDAD EN EL UNIVERSO DIGITAL

# Nadie sabe nada y una historia encontrada: “El santo grial de la incerteza”

Cómo prepararnos para conseguir empleo en escenarios plausibles y futuros posibles. Un kit robusto que permita un desarrollo profesional para cuando se sabe que no se sabe nada.

*Tools for employability in the digital universe*  
**NOBODY KNOWS ANYTHING AND A FOUND STORY:  
“THE HOLY GRAIL OF UNCERTAINTY”**

*How to prepare for employment in plausible scenarios and possible futures. A robust kit to enable professional development for when you know that you don't know anything.*

**Keywords:** skills, learning, uncertainty, knowledge, employability.





Es saludable tener claro que, tal y como está el patio, intentar prever el futuro a cinco, diez o más años vista, es un intento aciago. Este artículo solo intenta facilitar herramientas de preparación personal para escenarios plausibles y futuros posibles, y en ningún caso tiene una vocación dogmática. Sobre todo, porque en lo que concierne al futuro les contaré un secreto: nadie sabe nada. Ahora se lo explico.

Todo mi centro de operaciones desde marzo de 2020 se ha *monitorizado* desde mi condición de *storyteller*<sup>1</sup> y desde mi humilde portátil de 13 pulgadas. Objetivo: conocer el pensamiento de las mentes más brillantes del planeta sobre lo que estaba aconteciendo y, sobre todo, sobre su posible impacto. He descubierto que no todas las mentes brillantes tienen un Nobel y que no todos los que tienen un Nobel tienen algo interesante que contar. Decenas, centenas de *webinars*<sup>2</sup>; cientos y miles de minutos a través de congresos y ponencias gratuitas en cualquier parte del mundo.

Conclusión: nadie sabe nada o concretamente nadie está nada seguro de qué va a suceder. Esta nada, si la analizamos bien, lejos de ser un inconveniente puede ser una certeza muy cierta. Sabemos que no sabemos nada. Sabiendo esto, solo sabemos que hemos de tener las habilidades y los conocimientos adecuados que hay que tener para cuando no sabemos nada. Esto confirma que: existe un

cierto *quorum* a nivel mundial de todas aquellas habilidades, capacidades y conocimientos básicos que hay que tener para afrontar estos tiempos de incerteza. Eso, por sí mismo, ya es muy valioso, pero me faltaba un desarrollo. Atando los cabos de todos los puertos en los que había navegado desde mi ordenador, llegué a la conclusión de lo que he acabado denominando el “santo grial de la incerteza”.

## Dos tipos de habilidades

Empecemos la ruta de Indiana Jones<sup>3</sup>, desde el principio: se ha sabido identificar que, para poder afrontar el futuro, es necesario tener unas habilidades blandas y otras, digamos, más duras. Dentro de las habilidades blandas se recogen algunas como el pensamiento crítico, la colaboración en el trabajo de equipo, la creatividad, etcétera. Después, otro tipo de habilidades, denominadas duras, que tienen más relación con una serie de conocimientos más específicos. Esto es, por ejemplo, conocimientos y metodologías como las STEAM<sup>4</sup> o aprendizajes más tecnológicos como la programación, son algunos de los que se engloban en esta categoría.

Asimismo, se ha hablado mucho sobre cuáles serán los perfiles adecuados en un futuro próximo. Mi lectura es que la vertiente de formación de la per-

1 **Storyteller**: contador de historias o narrador.

2 **Webinar** o seminario web.

3 En referencia a la búsqueda del santo grial en la película *Indiana Jones y la última cruzada* (1989), dirigida por Steven Spielberg.

4 **STEAM**, acrónimo de los términos en inglés para Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas.

5 En referencia al mecanismo principal que hacía funcionar el coche que viajaba en el tiempo en la película *Regreso al futuro* (1985), dirigida por Robert Zemeckis.

sona va a ser más nuclear y relevante que la formación de conocimientos duros (parece ser que tecnológicos). En caso de que detectemos que lo más importante vaya a ser disponer de condensadores de *fluzo*<sup>5</sup>, la cosa cambiaría y mi previsión también. Esto es: pasaríamos todos a volver a estudiar cosas concretas, para encontrar trabajos concretos.

Parece confirmado que será muy importante tener la capacidad de aprender a aprender. En esta línea también lo defiende José Antonio Marina en su libro *Proyecto Centauro* (2020): “Toda persona, toda organización y toda sociedad, para sobrevivir, tiene que aprender al menos a la misma velocidad con la que cambia el entorno. Y si quiere progresar, tendrá que hacerlo a más velocidad”.

Por lo tanto, la formación a lo largo de la vida será un tema urgente cada día, también porque parece que tendremos varios trabajos a la vez. Por eso, insisto en que va a ser más importante la formación de la persona, que la de los contenidos, porque los contenidos muchas veces vamos a tener que aprenderlos sobre la marcha; no sabremos con suficiente anterioridad qué contenidos serán necesarios y, por tanto, no se podrán preparar. Así pues, los contenidos no podrán ser lo más relevante, porque no existirán. De una manera similar también se manifiesta Marina Garcés en su libro *Escuela de aprendices* (2020): “La narración muy

simple, va de la tradición de un pasado conocido a la innovación que apunta a un futuro desconocido. Su argumento se basa en una constatación que difícilmente puede ser contrastada, si no sabemos qué es lo que vendrá: nada de lo que conocemos sirve. Es un argumento que vacía de contenidos y de conflictos las preguntas”.

## Todos a la mesa

Todos estos vericuetos han llevado a encontrar lo que he denominado el santoral de lo que se debería conocer para estar lo más preparado posible en nuestro futuro incierto. Además, su disposición natural me ha permitido darle una presentación con toques gastronómicos.

Son cuatro platos con el objetivo de disponer de un kit robusto que permita un desarrollo profesional. El menú está compuesto de un entrante, un primero y un segundo y, finalmente, un postre. Escojan incluso sus chefs preferidos: Ferran y Albert Adrià, los hermanos Roca, Aduriz o, si lo prefieren, algunos más cercanos o de su confianza.

Como entrante, tenemos la alfabetización digital. Algunos quizás no lo pondrían en el menú por lo evidente que es, pero resulta que hay millones de personas en todo el mundo que no están alfabetizadas digitalmente, incluso en el primer mundo. Hagan



Qué importante es saber que no sabes nada para saber que no sabes nada



Es evidente que las personas que posean un perfil alto en conocimientos y experiencia tecnológica estarán mucho mejor posicionadas

la prueba. Escojamos a unos jóvenes —esos que llaman peligrosamente nativos digitales— que han finalizado la ESO o el bachillerato y evaluemos sus competencias digitales, las imprescindibles: trabajar, relacionarse, comprar, ocio seguro. ¿Están seguros de que las cumplen hasta el grado de profundidad que se requiere? Sea como fuere, si no tiene claro este concepto, le recomiendo que haga un test rápido, para saber en qué punto está.

El primer plato serían las habilidades blandas y estaría compuesto de capacidades como el pensamiento crítico y el trabajo en equipo, a los que podemos añadir la creatividad o la flexibilidad. Sobre estas habilidades Yuval Noah Harari recoge el sentir de algunas corrientes pedagógicas en su libro *21 lecciones para el siglo XXI* (2019): “Muchos pedagogos indican que en las escuelas deberían dedicarse a enseñar las cuatro ces: pensamiento crítico, comunicación, colaboración y creatividad. De manera más amplia, tendrían que restar importancia a las habilidades técnicas y hacer hincapié en las habilidades de uso general para la vida [...] y en mantener el equilibrio mental en situaciones con las que no estamos familiarizados”.

El segundo plato es una comprensión importante de cómo funciona la tecnología. No solo desde un punto de vista teórico, sino también práctico. O sea, que en algún momento dado podríamos ser partícipes como actores en la construcción y diseño de la tecnología. Esto es, no solo entender la tecnología, sino hacerla.



El último de los cuatro platos, el postre, está relacionado tecnológicamente con el punto anterior, pero merece darle una entidad propia y autónoma por lo que representa la inteligencia artificial (IA) en sí misma. Sobre todo, porque muchas de las prácticas de la IA necesitan un debate urgente entre las empresas privadas, las administraciones y la sociedad que debe recoger el sentido del ciudadano. Un debate que ha sido aplazado, aun cuando el partido se está jugando ahora mismo.

## Una proyección

Fuera de carta, propongo una sentencia un tanto provocadora: creo que los perfiles tecnológicos van a ser los reponedores del siglo XXI, excepto para una élite limitada y una restringida clase alta de la tecnología. Me explico: ¿Quiénes han sido los perfiles más importantes en una pandemia en los inicios del siglo XXI? Como ya sabemos, las personas más relevantes han sido, con todo el merecimiento, las que reponían alimentos en los supermercados, los tenderos que vendían bienes básicos, los profesionales sanitarios... Perdón, pero ¿en esta lista han leído la palabra economista?

Hagamos una proyección a unas pocas décadas vista. ¿De verdad les parece tan descabellado que los perfiles tecnológicos sustituyan al reponedor del supermercado por el programador de tecnología? ¿Creen sinceramente que estos perfiles tecnológicos necesitarán gran cualificación? ¿Están segu-

ros? Soy más del parecer que habrá un colectivo de personas de gama extra, bien cualificada y remunerada —como ahora, como en cualquier cosa—, pero que a la inmensa mayoría se les dará una breve formación para poder desempeñar unas funciones «quirúrgicas», pagadas por minutos.

Bien, entonces ¿los perfiles tecnológicos del siglo XXI serían reponedores o no? Pues puede ser muy plausible, pero en vez de manzanas, gasolina o pan, pondrán una cadenita *blockchain*.

Dicho esto, es evidente que las personas que posean un perfil alto en cuanto a conocimientos y experiencia tecnológica estarán mucho mejor posicionadas. Negar lo contrario sería frivolar y este artículo aspira a ser riguroso.

Quizás a algunos de ustedes se vean tentados y les parezca que las conclusiones del santo grial son de Perogrullo. Si fuera así, me gustaría recordarles que la comprensión de los asuntos más complejos suele solucionarse con cuestiones sencillas. Les pondré un breve ejemplo: hace unas semanas asistí a una ponencia donde estaba la directora de uno de los colegios con más prestigio de Barcelona. Su receta para estos tiempos era: autosuperación, perseverancia y creatividad. ¿De Perogrullo? Decidan ustedes...



## Bibliografía

Garcés, M. (2020): *Escuela de aprendices*. Barcelona, Galaxia Gutenberg (Serie Ensayo).

Harari, Y. N. (2019): *21 lecciones para el siglo XXI*. Barcelona, Debate (Penguin Random House).

Marina, J. A. (2020): *Proyecto Centauro*. Madrid, Editorial Khaf (Colección Expresiones).

**¿CÓMO  
APRENDEN LOS  
ESTUDIANTES  
DE HOY EN DÍA?**



ANTONIO FERNÁNDEZ-COCA

# Estrategia para conquistar el aprendizaje

En la enseñanza hoy es determinante establecer una dinámica de comunicación desde el lenguaje generacional propio de la tribu destinataria.



**Palabras clave:**  
universidad,  
lenguaje  
generacional,  
tribu, estudiante,  
estrategia docente,  
comunicación,  
narrativa, relato



*How do today's students learn?*

**STRATEGY TO CONQUER THE LEARNING**

*In present teaching it is crucial to establish a communication dynamic based on the generational language of the target tribe.*

**Keywords:** university, generational language, tribe, student, teaching strategy, communication, narrative, story.

Escucho la radio. Emiten las noticias de las ocho. El ritmo es pausado, la cadencia de las palabras facilita el entendimiento. Pasan a la sección de deportes. Ahí la cosa cambia. El ritmo se torna vertiginoso, la intensificación del hecho narrativo desde la comunicación se llena de neologismos, de nuevas maneras “aceptadas por el uso social que afectan a la forma, al sentido y sus aspectos gramaticales”<sup>1</sup>.

Nunca me han interesado los deportes narrados desde la voz o la escritura. La tribu a la que pertenezco es más de jugar en el campo, y mucho menos de escuchar el lenguaje empleado en este tipo de emisiones radiofónicas. Lo que oí fue algo que me costó entender. La información retransmitida empleaba códigos narrativos a los que estoy poco habituado. Con relativo esfuerzo terminé comprendiendo casi todo, aunque quizás perdiendo detalles que lo mismo eran importantes. Apagué el aparato y pensé acerca de la forma de aprender de nuestros estudiantes. Todo tenía relación.

Contenidos, objetivos, competencias, habilidades, tribu destinataria y lenguaje generacional son partes básicas de la estrategia docente que busca potenciar el aprendizaje de nuestros destinatarios. Las dos últimas forman parte del proceso narrativo.

Las tribus sociales existen desde el inicio de los tiempos. Su evolución nos ha hecho abandonar el taparrabos para ahora sentirnos arropados desde una forma de pensar que puede cambiar de generación en generación. La diferencia con un tiempo anterior es que ahora estos cambios son más frecuentes. Lo vemos en nuestros estudiantes univer-

sitarios, quienes comunican y aprenden de una forma distinta.

El análisis de la tribu es el punto de partida de los docentes para conocer el lenguaje generacional de nuestros estudiantes, como indica el sociólogo Marcelo Gamero<sup>2</sup>. La escritora Nuria Pérez, ajena al mundo universitario, también lo relata en su pódcast *Gabinete de Curiosidades*<sup>3</sup>.

Los profesores universitarios investigamos, también realizamos todo un proceso de transferencia a la sociedad. Ambas labores derivan en contenidos que dotan de sentido el aprendizaje del alumnado desde nuestra labor docente. Nuestra misión también es la de enseñar proyectando lo anterior. También lo es facilitar el camino a la generación de apuestas innovadoras por parte de los estudiantes. Los preparamos y nos preparamos para un proceso de transformación constante.

## Transformación

La transformación también es digital y esta ya estaba entre nosotros. COVID-19 ha acelerado el uso de sus herramientas en profesores que aún no creían en ella. La transformación digital dota de herramientas, no de soluciones. Desde estas también podemos comunicar narrando. ¿Al emplear sus herramientas, estamos considerando el retorno de nuestra inversión (ROI) en cuanto a esfuerzo y dedicación en función de cómo llega nuestro mensaje a los estudiantes y el fruto logrado desde la evolución de sus curvas de aprendizaje?

1 Santamaría, M. (1995). “El léxico del fútbol en los periódicos”, en *Estudios sobre el mensaje periodístico*, número 2. Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: <https://revistas.ucm.es/index.php/ESMP/article/view/ESMP9595110151A>

2 Gamero, M. (2008). “La metáfora de las tribus urbanas y tribus urbanas como metáforas”, en *Intersticios*, revista sociológica de pensamiento crítico. Vol. 2 (1). Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28249535\\_La\\_metáfora\\_de\\_las\\_tribus\\_urbanas\\_y\\_tribus\\_urbanas\\_como\\_metáforas](https://www.researchgate.net/publication/28249535_La_metáfora_de_las_tribus_urbanas_y_tribus_urbanas_como_metáforas)

3 Pérez, N.: Gabinete de Curiosidades. Accesible en: <https://www.gabinetepodcast.com>

4 Cerdá, D. (2021). El mito de la natividad digital. Disidentia. Disponible en: <https://disidentia.com/el-mito-de-la-natividad-digital/>

Sobre los estudiantes, su perfil ha cambiado. Su incomprensión lectora y los déficits atencionales, a los que podemos sumar un latente desconocimiento de la historia, nos hizo pensar que quizás su dominio de herramientas propias de la transformación digital supliría todo esto. Estábamos equivocados, no se manejan bien fuera de las redes. La natividad digital, como indica David Cerdá García<sup>4</sup> es un mito.

Buscando una solución efectiva mejoramos nuestra formación continua como profesores. Investigamos acerca del conquistar el aprendizaje del estudiante actual. Lo hacemos en 360 grados. Atendemos a todo lo que nos incumbe en cada caso, cada materia o tema. Para ello observamos todo lo relativo al grado/asignatura/uso de esta desde otras posteriores o anteriores/estudiantes como tribu y lenguaje generacional/herramientas digitales o no/retroalimentación, desde donde medimos los resultados y mejoras. Reformulamos nuestra estrategia docente.

Toda estrategia docente incluye diversos componentes de partida. Uno de ellos es el análisis de los objetivos y contenidos con respecto al entorno laboral directo, así como el relacionado, para el que se preparan nuestros estudiantes. Asumirlo y aplicarlo como docentes es parte de nuestra profesionalidad.

Por otro lado, están las competencias. Estas vienen marcadas por los planes de estudio de cada grado. Esto no quita que quizás las podamos introducir en alguna más.

A lo anterior sumamos las habilidades. Incluyen el fomento de la escucha activa, la manera de mantener una con-

## El análisis de la tribu es el punto de partida de los docentes para conocer el lenguaje generacional de nuestros estudiantes

---

versación y cómo plantear preguntas, presencial o digitalmente, e investigar acerca de las respuestas.

Todo esto lo tenemos claro, entonces ¿qué está fallando?

Lo estamos viendo desde el inicio de este artículo: lo que no funciona es el grado de entendimiento como docentes con respecto a las tribus y el lenguaje generacional de nuestros estudiantes. Quizás sea por cierto solucionable inmovilismo por nuestra parte frente a una necesidad de intervención actualizada, ágil y líquida.

¿Significa entonces que hemos de bajar el nivel para narrar en el aula como un joven *influencer* de moda? No, en absoluto. Adaptarse a una estructura comunicativa de una tribu no supone imitar a sus portavoces. La clave no está en sus poses o mensajes, sino en cómo estructuran la información. ►►►



# No olvidemos que una clase es un proceso comunicativo

La comunicación emplea diversos soportes como vehículo. En directo, la voz, la expresión corporal y la misma pizarra son algunos de ellos. Desde “lo digital”, encontramos el vídeo, el PDF a secas o interactivo, las aplicaciones participativas de las diversas intranets de las universidades, las aplicaciones externas o, ahora, el pódcast —ojo que este viene pisando fuerte—.

Sin embargo, ninguno de ellos nos servirá si no atendemos a cómo estructuran la información/comunicación nuestros estudiantes. No olvidemos que una clase es un proceso comunicativo.

En la Universitat de les Illes Balears coordino un proceso de investigación<sup>5</sup> en el que trabajamos con estudiantes de diversos grados y cursos. A través de él, hemos conocido cómo estructuran la información, cómo atienden y aprenden desde sus lenguajes generacionales. Las conclusiones son aplicables tanto a sesiones presenciales como a digitales o mixtas. Adaptarlo a nuestras necesidades específicas es clave para lograr que la estrategia docente consiga sus objetivos.

## Estrategia y comunicación

Acerca de los resultados, ya sabemos que, en cuanto a la estructura de contenidos desde la narrativa, no se plantean la estructura lógica de inicio–nudo–desenlace.

Su dinámica desde el lenguaje generacional como estudiantes actuales

se estructura mejor desde un esquema basado en:

Promesa de futuro. Qué voy a conseguir aprendiendo desde lo que me planteas.

Inicio. Relación con otros temas anteriores, con otras materias del grado y el mundo laboral.

Nudo. Contenidos / soporte multimedia si es necesario.

Desenlace. Conclusiones / ejercicio práctico.

Introducción al próximo tema y su relación con el actual.

Sobre los elementos de síntesis, buscan el uso de mapas conceptuales y esquemas, resúmenes visuales y no pantallas llenas de texto. Aprecian los cuadros comparativos, el uso del contraste de conceptos e ideas desde nuestro relato y que, sobre todo, vayamos al grano.

Si les planteamos un entorno visual, valoran los tamaños de letra atendiendo a criterios de accesibilidad visual, que la redacción sea clara, a la par que emplee el lenguaje adecuado al nivel de los objetivos buscados.

En el uso de herramientas digitales tales como el vídeo y el pódcast, junto con todo lo anterior, resaltan su valoración acerca de la calidad del sonido. Nos insisten que suelen convertir a audio los vídeos que preparamos para ellos si en estos la imagen no es importante. El audio, lo mencioné antes, lo emplean con ahínco. Quizás hayamos de pensar en darle más peso como herramienta de apoyo desde nuestra estrategia.

La proyección de la voz, en sesiones presenciales o en soportes digitales, es muy importante para todos.

<sup>5</sup> Antonio Fernández-Coca en: <https://coca.plus/aranzadi/>

Iniciamos este artículo hablando del lenguaje aplicado a la voz en retransmisiones futbolísticas. Su narración está enfocada a un público objetivo perteneciente a un tipo de tribu habituada a la misma.

La base del aprendizaje desde una estrategia docente bebe del mismo concepto: establecer una dinámica de comunicación desde el lenguaje generacional propio de la tribu destinataria. Con ello, implementamos la curva formativa de nuestros estudiantes potenciando el logro de los objetivos, contenidos, competencias y habilidades.

Así es como logramos que nuestra estrategia para conquistar el aprendizaje funcione y que el retorno de nuestra inversión como profesores merezca la pena, así como nos permita mantener tiempo para investigar y también tener vida más allá del trabajo.

---

## Bibliografía

Bauman, Z. (2013). *Sobre la educación en un mundo líquido*. Barcelona, Paidós Ibérica.

Fernández-Coca, A.; Conde, M. y Ordinas, C. (2021). "Comunicar y narrar a las nuevas generaciones de estudiantes, cuando las formas de comunicarse generacionalmente pueden mejorar nuestra docencia en 360°", en *La educación digital en el ámbito universitario. Un enfoque 360*. Páginas 213-237. Madrid, Aranzadi.

Twenge, J. (2009). *Generational changes and their impact in the classroom: teaching generation Me en Med educ*. Páginas 398-405. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19422486/>

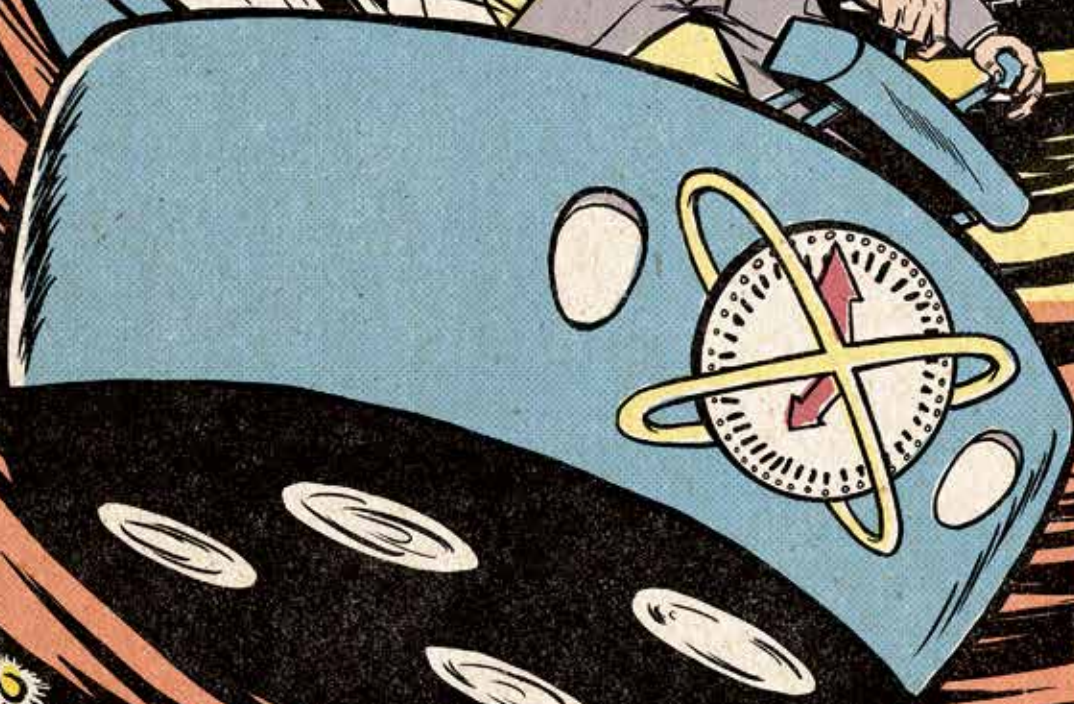
Vilanova, N. y Ortega, I. (2017). *Generación Z. Todo lo que necesitas saber sobre los jóvenes que han dejado viejos a los millennials*. Barcelona, Plataforma Editorial.



1981



1770



2048





EL PORVENIR DESCRITO  
DESDE LA FICCIÓN POR TELOS  
CHRONOPOULUS EN EL FUTURO



Palabras  
clave:  
futuro, revolución,  
transformación  
digital,  
blockchain,  
derechos  
digitales.

# Lo que ha de ser, será, sin poder ser de otra manera

La transformación digital modifica la mayoría de los comportamientos y creencias que trajeron las revoluciones de los siglos XVIII y XIX. Internet ha modificado los conceptos de espacio y tiempo, la confianza, la amistad... hasta el punto de modificar el propio contenido del trabajo, reemplazando con talento y motivación el anticuado enfoque de jornadas de ocho horas. Vendrán más cambios.



JOSE MANUEL ARNÁIZ

*The shape of things to come described by Telos Chronopoulos' fiction in the future*

**WHAT WILL BE, WILL BE, AND CANNOT BE OTHERWISE**

*The digital transformation modifies most of the behaviors and beliefs brought about by the revolutions of the 18th and 19th centuries. Internet has modified the concepts of space and time, trust, friendship... to the point of modifying the very content of work, replacing the old-fashioned eight-hour workday approach with talent and motivation. More changes are to come.*

**Keywords:** future, revolution, digital transformation, blockchain, digital rights.

“El hombre ha nacido libre y, sin embargo, por todas partes se encuentra encadenado”.

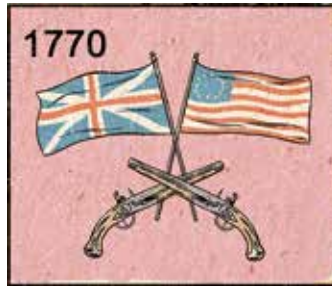
Jean-Jacques Rousseau

Recuerdo tan claramente que en 2021 el sistema estaba ya obsoleto... Esa necesidad que teníais de utilizar mejor los recursos naturales, los problemas para encontrar un trabajo satisfactorio, y aquel reparto de la riqueza que os parecía inaceptable, ¿no? Una sociedad cada vez más escéptica sobre la política. Pero dime ¿qué estáis haciendo al respecto?

El relevo generacional entre los *baby-boomers* y los *millennials* no tardó en llegar. Se puede decir que fue en el 34, al coincidir dos fenómenos fundamentales: la implantación a gran escala de los primeros sistemas de democracia directa, basados en sistemas abiertos y *blockchain*, y el inicio del boicot fiscal que terminó consolidando las actuales estructuras.

Pero, claro, todo empezó mucho antes, en 1770. La Revolución americana, seguida de la Revolución francesa, modificaron fundamentalmente el orden sociopolítico. La frase que te puse al principio sobre el hombre libre que vive encadenado fue escrita por Rousseau en 1762. Entonces, la gente decidió otorgar el poder político a unos parlamentos constituidos por hombres elegidos libremente —salvo por esclavos y por mujeres—, y definir unas normas generales para regir las naciones, que llamaron constituciones. Un hombre, un voto.

Simultáneamente, la amplia adopción de una moderna tecnología energética, la máquina de vapor, generó un estamento nuevo, la burguesía, que pugnaba por expulsar del poder a las monarquías absolutistas y a la aristocracia. Al igual que las revoluciones sociales cambiaron la fórmula política, esta, la industrial, definió un nuevo modelo de relaciones socioeconómicas, cimentando el alquiler de la capacidad de trabajo de los individuos. Estas revoluciones fueron causa y consecuencia unas de las otras. Cambios sociopolíticos y socioeconómicos coetáneos. Esto ocurrió mucho antes



Internet en la palma de la mano generalizó un cambio en las ideas respecto al tiempo y el espacio hasta el punto de modificar el propio contenido del trabajo

de tu época, y entonces las comunicaciones iban en diligencia.

El sistema que surgió de todo aquello, una combinación de capitalismo y democracia representativa, sirvió bien a las sociedades, y generó un progreso muy sustancial durante un par de siglos. Estaba basado en la individualidad, el liderazgo, la eficiencia y la eficacia. Pero en 1981, aquel esquema comenzó su declive. Ese fue el año de la aparición de la informática social, cuyo disparador fue el ordenador personal. Un hombre, un ordenador. Esta potente visión desencadenó lo que en tu época llamasteis “transformación digital”. En solo medio siglo, esta onda alcanzó a modificar la mayoría de los comportamientos y creencias que aquellas revoluciones de los siglos XVIII y XIX habían consolidado. Internet en la palma de la mano generalizó un cambio en las ideas respecto al tiempo y el espacio, la confianza, la amistad, la opinión y el dinero, el consenso y el control o la audiencia, hasta el punto de modificar el propio contenido del trabajo, reemplazando con talento y motivación el anticuado enfoque de jornadas de ocho horas. Intelecto y voluntad frente a presencia. Ya en el 26 más de la mitad de los trabajadores de EE. UU. eran *freelancers*<sup>1</sup>. Aquella transformación impactó paulatinamente en todas las actividades. Inicialmente en el *retail* o comercio minorista, el entretenimiento o las finanzas, y en el resto poco después. Pero no fue hasta el 30 cuando empezamos a percibir síntomas claros de que esta digitalización estaba alcanzando a la gobernanza de los grupos grandes de individuos, a la *res publica*: la política, las leyes, la justicia, los impuestos, e incluso el propio concepto de nación.

El sistema actual, el de mi época, responde mucho mejor a las nociones de colectividad, de interés común, que han venido a sustituir al antiguo individualismo. Esos mundos despiertos de Stapledon<sup>2</sup>, lo que algunos conocían como la Era de Acuario, y otros llamaron “niveles eleva-

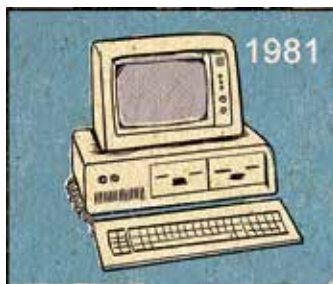
dos de consciencia”. No digo, ni mucho menos, que el tránsito fuera fácil. Los políticos estaban demasiado presentes en la vida diaria de los años 20.

Hoy nos regimos por una democracia directa, que no pudo ni concebirse hasta que Internet sustituyó al limitado sistema de comunicaciones anterior, multiplicando tanto su riqueza, como su velocidad y alcance, y reemplazando los viejos pasquines, mítines y programas electorales. Nos indujo a relegar definitivamente los simplistas conceptos de izquierda y derecha que cristalizaron con las revoluciones políticas de siglos anteriores y, más trascendentalmente, eliminó la necesidad de representantes. En la sociedad de tu tiempo muy poca gente confiaba ya en estos últimos para traducir su voz.

¿Cuál de aquellos candidatos coincidía con todas tus opiniones? Resolvimos preguntarnos entre nosotros más frecuentemente sobre más asuntos. Eso sí, de una manera ordenada, escuchando todas las voces y debatiendo sosegadamente a través de nuevas tecnologías. Descartando las ideologías que tanto nos habían ayudado hasta entonces, pero que se habían convertido en un lastre.

Estas consultas populares atraían a aquellos individuos que se sentían más impactados por las decisiones a tomar, y los debates eran cada vez más trascendentes, aislando a aquellos que seguían guiones preestablecidos por sus ideologías o partidos.

Las voces que proclamaban que la gente era inculca o malintencionada tuvieron que desdecirse. La digitalización facilitó la masiva aplicación de lo que se llama “*Wisdom of the Crowd*”<sup>3</sup>, utilizando ciertas tecnologías para anonimizar las ideas y evitar indeseados liderazgos individuales. Llegó un punto en que la profesión de político se convirtió en anecdótica. No hace tanto tiempo de eso. La sociedad se autorregula ahora sin demasiado rozamiento,



- 1 **Freelancer.** Dependiendo del contexto, las alternativas españolas son *trabajador profesional independiente*, *autónomo* o *por libre*, recomendadas por el Diccionario panhispánico de dudas.
- 2 **William Olaf Stapledon** fue un escritor y filósofo inglés, conocido sobre todo por sus obras de ciencia ficción.
- 3 Hace referencia al supuesto conocimiento que emana de un gran conjunto de individuos, mejorando la opinión de los expertos. Concepto enunciado inicialmente por Sir Francis Galton, y recogido en nuestra época para representar la sabiduría de la conciencia común de la Humanidad.
- 4 Las políticas de “Know Your Customer” (KYC) son una herramienta fundamental para combatir las transacciones ilegales en el campo de las finanzas internacionales.
- 5 Ethereum es un sistema *blockchain* que incluye su propia criptomoneda: Ether (ETH).
- 6 Un *smart contract* (contrato inteligente) es una secuencia de instrucciones dentro de un *blockchain* que se ejecuta automáticamente cuando se dan ciertas circunstancias definidas en el propio contrato.

usando algoritmos sociales tanto para desarrollar las leyes, como para juzgar comportamientos individuales o societarios. Paralelamente, el poder ejecutivo se compone de gestores con experiencia, elegidos tras un proceso público de competencia, y sujetos al juicio sumarísimo de la gente. Internet y *blockchain* al servicio de la ciudadanía.

La capacidad global de generación de recursos creció de tal forma que a nadie le faltaban los medios de subsistencia, accediendo incluso a un nivel de confort superior al de las clases privilegiadas de unas décadas atrás. El trabajo continuado dejó de ser una necesidad para la mayoría de la gente, empleando los periódicos ahorros y la renta universal para vivir sobradamente. El sistema económico también comenzó a evolucionar, siendo la transformación digital y las criptomonedas los principales detonantes del cambio.

El generalizado rechazo del control del Estado sobre el dinero y su uso, y unos sistemas impositivos igualmente obsoletos, nos han conducido a un nuevo enfoque. Tanto el conflicto entre el “*Know Your Customer*”<sup>4</sup> y el anonimato proporcionado por los BTCs y las ETHs<sup>5</sup>, como la profunda desconfianza que generaron las monedas digitales nacionales (CBDC, Central Bank Digital Currency), han quedado resueltos. Un sistema de velo de identidad, casi obvio, similar al que se ha empleado desde tiempo inmemorial. El dueño de un monedero es anónimo salvo que se exija legal, razonable y transparentemente lo contrario. Nada muy difícil usando *smart contracts*<sup>6</sup>. A cambio de ello, implantamos la exigencia de un registro de uso del dinero. Deja que te explique la razón, que tiene que ver con los impuestos.

Durante la década de los años 30, la gente empezó a comprender nuevamente el verdadero significado del dinero. Tú quieres una de las tazas ■■■

que yo fabrico, pero yo ahora no necesito la leche que produces. Bien, me das una “prueba de deuda” conmigo, y te entrego la taza. Algún día te pediré algo a cambio. Si la “prueba de deuda” utilizada es aceptada por más gente, se convierte en dinero. El dinero no es más que una representación de un favor, de un servicio, de un producto que yo generé con mi esfuerzo y disfrutó otro miembro de la comunidad. La sociedad en su conjunto es deudora de un servicio o producto equivalente en valor a quien tiene el dinero en posesión.

Nadie, por rico que sea, puede consumir bienes que no hayan sido generados por otro o que la naturaleza nos haya ofrecido. La cuestión es, en realidad, cómo se reparten estos productos y servicios. Si alguien rico consume poco, en el fondo está siendo condescendiente con los demás. La sociedad le debe mucho, independientemente de cómo lo obtuvo. Bien pensado, nos está haciendo un favor a todos mientras no nos exija algo a cambio de su dinero. Por el contrario, si alguien, pobre o rico, utiliza muchos de los recursos disponibles, nos está pidiendo a todos un esfuerzo adicional, y por ello debería recibir el peso de los impuestos. Por tanto, la tributación más justa es aquella que grava el gasto, no el ahorro, ni siquiera los ingresos. Da igual si ese ahorro tiene forma de efectivo, de acciones o de renta fija. Esta modalidad de tributación sobre el gasto, que logró adeptos entre algunos economistas teóricos de mediados del siglo XX, no era factible entonces. Era imposible identificar cada gasto realizado por cada individuo. Por el contrario, era bastante más fácil identificar los ingresos y el ahorro. Pero la digitalización y el *blockchain* permitieron llevar un registro de todos los gastos de una persona, y exigirle una tributación acorde a su gasto, independientemente de sus ahorros o ingresos, además de evitar



La amplia  
adopción de  
una moderna  
tecnología  
energética, la  
máquina de  
vapor, generó  
un estamento  
nuevo, la  
burguesía

desvelar su identidad. La migración a esta modalidad sigue ocurriendo hoy rápidamente en todo el mundo.

La sociedad ha cambiado radicalmente, como ves, aunque no he podido explicarte en este mensaje todo lo que me hubiera gustado. La fortuna ha querido ofrecerme esta oportunidad de dirigirme a ti a través del tiempo.

Mi nombre es Telos Chronopoulus. A raíz de que publicaras este mensaje, muchos Chronopoulus empezaron a llamar Telos a sus hijos. Sin embargo, nunca pude encontrar un Telos Chronopoulus nacido antes que yo, por lo que todo este tiempo he creído que el mensaje tenía que ser mío. Aunque bien podría yo haber muerto antes de este preciso instante de 2048, en el que esta anomalía espaciotemporal nos ha puesto en contacto a través de una retorcida videoconferencia mezclada con mi metaverso.

Lo que más me inquieta es reparar en que tengo la obligación de copiar literalmente este mensaje, que diste a conocer en el 22. Es imperativo que sea exacto, para que sea fiel a la historia.

Y esto me hace reflexionar. Si no he redactado yo este mensaje, si simplemente lo he transcrito en este chat, entonces ¿quién lo ha ideado?

Un grandísimo abrazo.

## Bibliografía

Arnáiz, J. M. (2020): *Transformation Occurs at Night*. Madrid, Self Published. ISBN: 9798695184143.

*Déclaration des Droits de l'Homme et du Citoyen*, Constitution du 24 juin 1793, France.

Hawkins, D. (2015): *El poder frente a la fuerza*. Barcelona, El Grano De Mostaza Ediciones.

Hobsbawm, E. (1988): *The Age of Revolution*. New Edition. Abacus. ISBN: 9780349104843

Pechman, J. A. (1971): *Federal Tax Policy*. Revised Edition. Washington, D.C., The Brookings Institution.

Rousseau, J. J. (2006): *El contrato social*. Madrid, Espasa-Calpe.

Stapledon, O. (1997): *Hacedor de estrellas*. Segunda edición. Buenos Aires, Editorial Minotauro.

Surowiecki, J. (2005): *The Wisdom of Crowds*. Nueva York, Knopf Doubleday Publishing Group.



Los modelos de éxito femeninos son referentes para las niñas, rompen estereotipos y refuerzan la idea de que el trabajo duro es la forma de alcanzarlo.



Palabras clave:  
educación,  
infancia,  
mujeres  
referentes,  
mujer y  
ciencia, STEAM,  
igualdad.



Inspiring Girls, women role models that guide the younger ones

#### INSPIRING TODAY'S GIRLS, TOMORROW'S WOMEN

Throughout history, gender has conditioned professional perceptions and created stereotypes that, through repetition, have determined children's career aspirations, expectations and desires. Inspiring Girls aims to increase the self-esteem and professional ambition of school-age girls, as well as their career expectations, through the example of professional women who share their experiences with them.

**Keywords:** education, childhood, women, women and science, STEAM, women and science, equality.

## INSPIRING GIRLS, EL EJEMPLO DE MUJERES REFERENTES PARA GUIAR A LAS MÁS JÓVENES

# Inspirando a las niñas de hoy, las mujeres del mañana



MARTA PÉREZ DORAO

A lo largo de la historia, el género ha establecido condicionantes en las percepciones profesionales y ha originado estereotipos que, a base de repetirse, han acabado por determinar las aspiraciones, las expectativas profesionales de la infancia y sus deseos. Inspiring Girls tiene como objetivo aumentar la autoestima y la ambición profesional de las niñas en edad escolar, así como sus expectativas laborales, mediante el ejemplo de mujeres profesionales que comparten con ellas sus experiencias.

Las expectativas de futuro de las niñas en España dependen, en gran medida, de la autopercepción que el entorno personal y social les permita desarrollar. A lo largo de la historia, el género ha establecido condicionantes en las percepciones profesionales y ha originado estereotipos que, a base de repetirse, han acabado por determinar además de las aspiraciones y expectativas profesionales de la infancia, sus deseos. Estas preferencias profesionales han sido objeto de estudio en distintas investigaciones, como la realizada por la revista *Science*<sup>1</sup> en la que se desvela que la mayoría de las niñas en todo el mundo, independientemente de su entorno

o su edad, se ven afectadas por una pérdida de confianza en sí mismas. En particular, se muestra cómo a partir de los seis años, las niñas son menos propensas que los niños a creer que son “muy, muy inteligentes”. Asimismo, a esta edad, las niñas comienzan a evitar actividades que se dice que son para niños brillantes, pues asocian esta cualidad al género masculino. Estos hallazgos sugieren que las nociones de género de brillantez se adoptan temprano y tienen una consecuencia inmediata en los intereses de la infancia.

Por otro lado, existe un patrón de baja representación de mujeres en las disciplinas STEAM<sup>2</sup>; esto se da junto

Se trata de inspirar a las niñas para que apunten alto, para que no se autolimiten, para que sepan que pueden ser lo que quieran ser



a la falta de chicas que eligen estudios científicos. En este sentido, el estudio sobre *role models* realizado por la Universidad San Pablo CEU junto con Inspiring Girls, y publicado por *Frontiers*<sup>3</sup> demuestra cómo los estereotipos existen sobre la naturaleza del trabajo STEAM y las personas que trabajan en el sector se convierten en poderosos impulsores de las aspiraciones y afinidades de género, lo que respalda la evitación STEAM de las mujeres y la afinidad de los hombres por estas disciplinas: Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas.

En esta investigación, se examina la intervención de modelos femeninos

1 Bian, L., Leslie, S.-J., Cimpian, A. (2017). *Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children's interests*. *Science*, 355, 389-391.

2 STEAM es el acrónimo de *Science* (Ciencia), *Technology* (Tecnología), *Engineering* (Ingeniería), *Arts* (Artes) y *Mathematics* (Matemáticas).

3 "Girls in STEM: Is It a Female Role-Model Thing?". Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2020.02204/>.

como referentes para las niñas, estudiando el efecto que tienen para superar las barreras de los estereotipos, aumentar el sentido de pertenencia a STEAM y reforzar la idea de que el trabajo duro es la forma de tener éxito. Los modelos a seguir pueden ser inspiradoras y pueden reducir los estereotipos que se encuentran en el imaginario colectivo, como el caso de las mujeres que se dedican profesionalmente a estas disciplinas. Sus conclusiones acreditan que las niñas están más motivadas a la hora de participar en materias relacionadas con los campos STEAM, como las matemáticas, y para considerar barreras STEAM después de interactuar con modelos femeninos en STEAM. Además, cambia su autopercepción en cuanto a su habilidad para las matemáticas y en general se autolimitan menos. Sobre la base de esta idea, la Fundación Inspiring Girls ha implementado en varios países numerosas iniciativas basadas en la interacción con modelos a seguir contra los estereotipos de género, centrándose particularmente en los resultados para las niñas y las mujeres.

La Fundación Inspiring Girls nace con el objetivo de paliar estos problemas sociales y revertir esta situación, para ampliar y enriquecer las opciones académico-profesionales contempladas por niñas en edad escolar e incrementar su autoconfianza mediante la provisión de modelos positivos y la revisión de estereotipos ligados al género. Se trata de inspirar a las niñas para que apunten alto, para que no se

autolimiten y para que, a través de la experiencia de las mujeres voluntarias, sepan que pueden ser lo que quieren ser, rompiendo así estereotipos y etiquetas. De este modo, las niñas, viendo a mujeres profesionales de todos los sectores pueden pensar: si ellas han podido, yo también puedo. Consiste en mostrarles que el talento no tiene género, que puedan conocer para poder elegir, y ser lo que quieran ser.

El proyecto funciona a través de varias actividades, aunque las visitas de mujeres profesionales a los colegios es el corazón de la iniciativa. Las voluntarias se inscriben al programa a través de la página web —<https://www.inspiring-girls.es>— y donan una hora de su tiempo para acudir a un colegio cercano a su casa o lugar de trabajo para hablar a las alumnas de su desarrollo profesional desde su propia experiencia. De este modo, se crea un clima de confianza entre las niñas y las voluntarias que hace que las primeras las puedan ver como referentes.

Todas las voluntarias siguen un previo proceso de capacitación antes de participar en el programa. En esta formación, es muy importante que estas hablen sobre su propia experiencia, las oportunidades y requisitos para acceder a sus respectivos puestos de trabajo, por qué les gusta su trabajo y las barreras que tuvieron que superar para llegar ahí, la contribución que su trabajo hace al mundo real y las oportunidades para compatibilizar vida laboral y privada, así como los efectos ►►

# El corazón de las actividades de Inspiring Girls son las visitas de mujeres profesionales a los colegios

negativos de los estereotipos de género en las opciones de carrera.

De igual modo que para las niñas esta interacción con las voluntarias supone un estímulo positivo, para estas últimas también comporta una experiencia enriquecedora. En palabras de una voluntaria de la fundación: “A nivel personal estoy encantada, sentirse escuchada por tantos alumnos participativos y curiosos hace que el tiempo se pase volando. Me han hecho sentir, tanto por parte del centro como por parte de los alumnos, muy especial; estas son las primeras charlas que doy y realmente me voy con mucha satisfacción; haber sido útil y haber aclarado esas curiosidades ha sido realmente gratificante. También, saber a través de las madres que sus hijas llegaron contentas después de la sesión y decididas a enfrentarse al futuro sabiendo que ellas tienen el poder de elección y sabiendo que, hagan lo que hagan, lo importante es que su profesión les transmita felicidad y les haga sentirse realizadas. Que no hay que tener miedo, ni hacerse boicoteos personales cuando te propongas una meta; aunque te equivoques, puedes

cambiar el camino o el planteamiento, pero nunca la meta. Gracias porque al final la verdadera inspirada soy yo con semejante talento, que estoy segura, hace falta ver en un futuro”.

En promedio, las charlas que se imparten aumentan significativamente las expectativas de éxito de las niñas en matemáticas, junto con la preferencia de las niñas por una carrera STEAM. Como menciona una de las niñas participantes en varios clubes de Inspiring Girls: “Para mí fue una oportunidad increíble participar en el club. Pude aprender muchísimo de todas las mujeres inspiradoras, de sus experiencias, de sus conocimientos. Personalmente, mi tema favorito fue el de inteligencia emocional, ya que es un tema al que no se le da la importancia que tiene, y, como fue la charla del primer día, estaba muy ilusionada por empezar. Todas y cada una de las mujeres que vinieron al club me transmitieron mucha confianza y motivación, y es una de las cosas más importantes que me llevo de este gran proyecto”.

Es el propio entorno social donde se desarrollan las nuevas generaciones y en el que se refuerza constantemente que

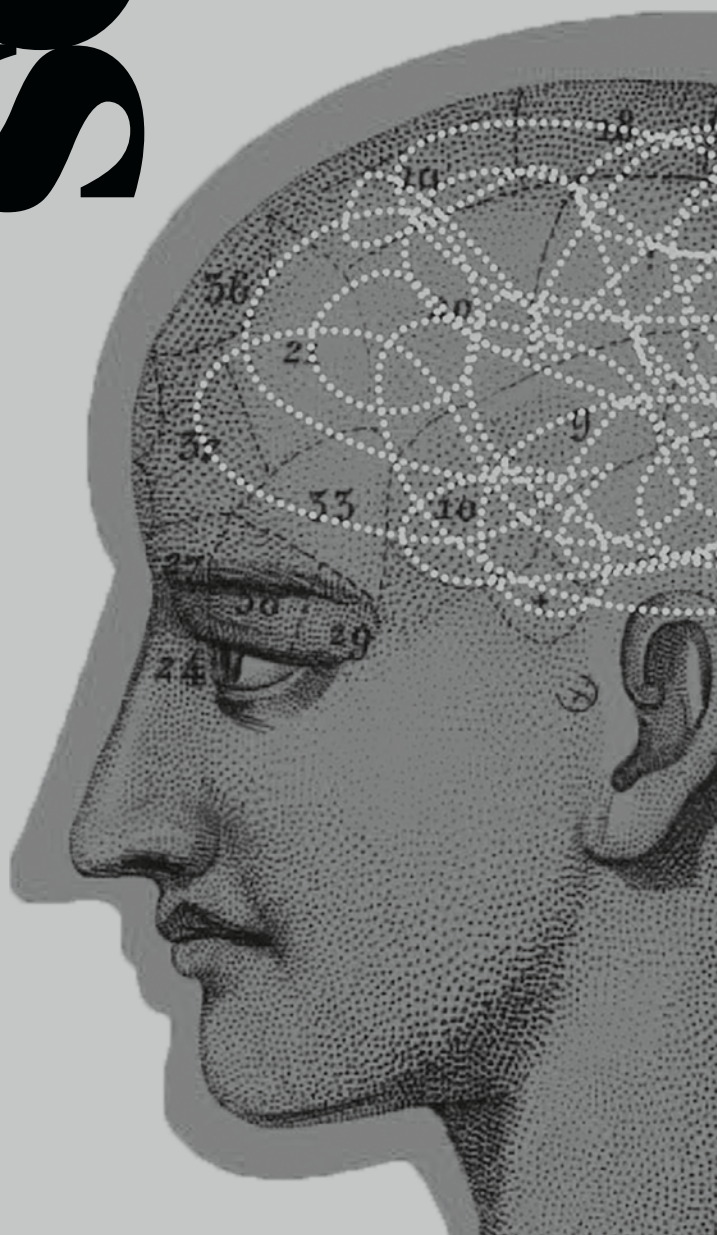
las niñas valen más para determinadas profesiones y los niños para otras. De ahí la importancia de iniciativas que den un paso adelante en su compromiso con el futuro de las niñas a través de la ruptura de los estereotipos y las etiquetas, el aumento de su autoestima y la visibilización de las mujeres referentes para dar forma a los intereses de la infancia e inspirarles para que persigan sus sueños.

## Bibliografía

- Bian, L.; Leslie, S.-J. y Cimpian, A. (2017): “Gender stereotypes about intellectual ability emerge early and influence children’s interests” en *Science*, 355, páginas 389-391.
- González-Pérez, S.; Mateos de Cabo R. y Sáinz, M. (2020). “Girls in STEM: Is It a Female Role-Model Thing?” en *Frontiers in Psychology*.

Referencias  
multiformato  
para ahondar en  
los temas que  
proponemos en  
TELOS.

# biblioteca TELÓS

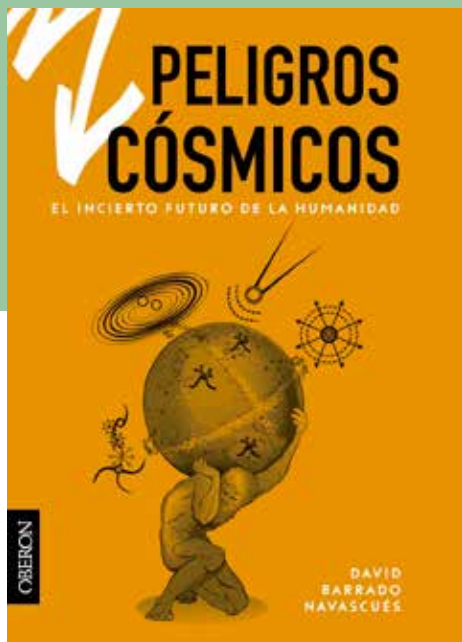




## HELGOLAND

Carlo Rovelli (2022)  
Barcelona, Anagrama  
216 páginas  
ISBN: 9788433964885

En junio de 1925, Werner Heisenberg, de veintitrés años, se retira a Helgoland, una pequeña isla en el Mar del Norte, sin árboles y batida por el viento, para descansar y tratar de apaciguar la alergia que padece. Insomne, pasea por la noche para reflexionar y al alba da con una idea que transformará la ciencia y nuestra concepción del mundo. Ha puesto la primera piedra de la teoría cuántica. El físico teórico, y uno de los fundadores de la llamada "gravidad cuántica de bucles", Carlos Rovelli, expone los orígenes, el desarrollo y las claves de una teoría que lo cambia todo, que sirve para explicar el universo y las galaxias, que posibilita la invención de los ordenadores y otras máquinas, y que todavía hoy desconcierta e inquieta porque cuestiona aquello en lo que creemos. "Un libro trascendental", según el novelista irlandés John Banville.



## Peligros cósmicos

# LOS DESAFÍOS DE LA HUMANIDAD FRENTE AL COSMOS

El astrofísico, investigador del Centro de Astrobiología de la Agencia Espacial Española (INTA) y el CSIC, David Barrado Navascués, colaborador de TELOS, trata en *Peligros cósmicos. El incierto futuro de la humanidad* sobre los principales riesgos a los que se enfrenta nuestro planeta respecto al universo a través de la descripción de los fenómenos más violentos y potencialmente apocalípticos a los que estamos expuestos. Tormentas solares masivas, la disminución o pérdida del protector campo magnético terrestre, megaerupciones volcánicas, un potencial choque con un gran asteroide, el paso de astros en las inmediaciones del sistema solar o una explosión de una supernova próxima... El universo parece jugar a los dados con nuestro destino, mientras la humanidad se enfrenta a un futuro inestable e incierto, a unos desafíos que requieren preparación y una respuesta colectiva para lidiar con éxito ante estas múltiples amenazas.

David Barrado (2021). Madrid, Anaya Multimedia.  
240 páginas. ISBN: 8441543518



## EL MUNDO DE TELOS CHRONOPOULUS

Jose Manuel Arnáiz (2021)  
Autopublicado  
300 páginas  
ISBN: 9788409324811

Jose Manuel Arnáiz, un nombre muy conocido en el mundo de la tecnología española como inversor y fundador de empresas de renombre como Jazztel y DIGI mobil, entre otras, escribe una novela —y colabora también en este número de TELOS— de misterio, un *thriller* original cuyos protagonistas son Juan Ruiz, CEO de una empresa, y el misterioso Telos Chronopoulus. Ingeniero de Telecomunicación y emprendedor desde los 20 años, Arnáiz describe su novela con sus propias palabras: "Así como Google lo sabe todo de nosotros a cambio de un email gratis, yo te doy una historia muy interesante que te engancha, y, a cambio, te voy explicando mis ideas sobre el camino por si te interesan. El libro es una utopía disfrazada de novela de misterio". Es su primera novela, tras el libro *Transformation Occurs at Night (La transformación se produce de noche)*, donde ofrece su experiencia para abordar la transformación digital de un negocio.



## MANUAL DE USO DE LOS NFT

Terry Quharrison y Matt Fortnow (2022)  
Madrid, Editorial Empresa Activa  
320 páginas  
ISBN: 9788416997619

En pleno auge de los activos no fungibles (*Non Fungible Tokens*, o NFT por su siglas en inglés), como nos detalló en su artículo *NFT y retos jurídicos de la creación contemporánea* en TELOS 118, Marta Suárez-Mansilla, llega el libro *Manual de uso de los NFT. Cómo crear, vender y comprar Non Fungible Tokens, los activos digitales del futuro*, de Terry Quharrison y Matt Fortnow. Un práctico manual que sirve de guía para todo aquel que quiera adentrarse en el uso de los NFT, un nuevo concepto de bien no fungible basado en tecnología *blockchain* que sirve para comercializar con seguridad todo tipo de objetos, especialmente los creativos. En el libro enseñan cómo crearlos, acuñarlos, venderlos o comprarlos para invertir. Seas un neófito en el tema o ya conozcas cómo funciona el *blockchain*, es una práctica obra de consulta.



## GUERRA MULTIDOMINIO Y MOSAICO

Guillermo Pulido (2021)  
Madrid, Los Libros de la Catarata  
224 páginas  
ISBN: 9788413523569

Estados Unidos diseña y ensaya un nuevo modo de hacer la guerra que cambiará el mundo. Así lo describe Guillermo Pulido en *Guerra multidominio y mosaico: El nuevo pensamiento militar estadounidense*. El libro analiza el cambio revolucionario en las operaciones militares, que se organizarán en unidades de combate de diseño mosaico, en enjambres y mediante operaciones multidominio y distribuidas. Los progresos técnicos de países como China, Rusia e Irán, que imitan las capacidades norteamericanas técnico-militares y de información, han ocasionado que el Pentágono y otros laboratorios de defensa y estratégicos estadounidenses se propusieran cambiar de paradigma para que Estados Unidos pudiera seguir manteniendo la brecha en tecnología militar a largo plazo. Así, en 2014 se inició la *Tercera Estrategia de Compensación*, un periodo de profundos cambios teóricos y doctrinales que guiarán la nueva revolución militar que está eclosionando en estos momentos.



Documental *Escribiendo con fuego*

## PERIODISMO FEMENINO CONTRA LAS INJUSTICIAS DE LA INDIA

“La película de periodismo más inspiradora, tal vez de la historia”. De esta manera califica *The Washington Post* al documental *Writing with Fire* (*Escribiendo con fuego*, en español), de Rintu Thomas y Sushmit Ghosh. No es para menos. *Escribiendo con fuego* (2021) narra las aventuras de las periodistas del diario *Khabar Lahariya*, dirigido por mujeres dalit —o “intocables”, los miembros más pobres y discriminados de la sociedad india—. El documental relata la transición del periodismo impreso al digital del *Khabar Lahariya* mediante el uso de teléfonos móviles y la dureza del día a día de sus profesionales, que tienen que lidiar con el desprecio por su condición de mujeres y su pertenencia a la casta más vapuleada de un país dominado por la crueldad masculina. *Escribiendo con fuego* fue nominado a los Óscar 2022 y se puede ver en la plataforma Filmin.

<https://www.filmin.es/pelicula/escribiendo-con-fuego>



## ¿TE VA A SUSTITUIR UN ALGORITMO? EL FUTURO DEL TRABAJO EN ESPAÑA

Lucía Velasco (2022)  
Madrid, Turner  
160 páginas  
ISBN: 8418895055

Ochenta y cinco millones de empleos cambiarán antes de 2025 en todo el mundo. ¿Nos va a jubilar pronto un algoritmo? La economista Lucía Velasco, que ha trabajado en el Congreso, en la Moncloa y en la Comisión Europea analiza en *¿Te va a sustituir un algoritmo? El futuro del trabajo en España* un asunto que cada día es más presente que futuro: cómo la digitalización va a transformar nuestros puestos de trabajo y mucho más, cómo la incorporación de la tecnología a los entornos productivos y laborales ha provocado una disrupción digital. Según la autora, el ritmo se ha acelerado por la pandemia y la crisis económica que esta ha causado, y se necesita tomar decisiones para no quedarnos descolgados en un mundo laboral que ya ha comenzado a transformarse a toda velocidad.



**Bestiario del Antropoceno**  
Nicolas Nova  
y Disnovation.org (2021)  
León, Menguanes  
256 páginas  
ISBN: 9788494853494



### Ilustración especulativa

## EL SUEÑO DE LA RAZÓN PRODUCE MONSTRUOS

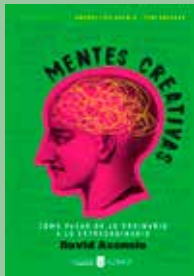
Hongos radioactivos, sandías cuadradas, águilas entrenadas para cazar drones, perros robot, gusanos devoradores de plástico, libélulas teledirigidas, cráteres nucleares, Tamagotchis, ratas bomba... Estos especímenes, sintomáticos del planeta en el que vivimos, son algunas de las 'bestias' recogidas en este libro, un impactante atlas ilustrado de criaturas híbridas de nuestro tiempo inspirado en los bestiarios medievales. Editado de forma exquisita y con más de 100 ilustraciones, la obra incluye, además, textos de expertos en ecología que reflexionan acerca del nuevo mundo creado, no siempre de forma intencionada, por el ser humano. Un original y certero análisis sobre la relación entre el hombre y la naturaleza, resultante de la labor de investigación colaborativa de Nicolas Nova, docente e investigador centrado en las nuevas prácticas digitales, y Disnovation.org, dúo artístico que explora los usos de la innovación tecnológica.



### EL SHOCK ECONÓMICO

Daniel Viaña (2022)  
Madrid, La Esfera  
de los Libros  
208 páginas  
ISBN: 9788413842851

¿Estamos ante la mayor crisis en tiempo de paz? ¿Es posible la recuperación económica a corto plazo? El periodista económico del diario *El Mundo*, Daniel Viaña, reúne en *El shock económico* 60 entrevistas realizadas desde 2020 a los economistas más brillantes del país en torno a las consecuencias de la pandemia en la economía global que dan las claves de la posible reconstrucción. El ensayo aborda asuntos como la reconstrucción tras la pandemia del COVID-19, los fondos europeos, el sistema de pensiones, el fin de la clase media, la educación o, incluso, el papel que juega Madrid en la organización nacional. *El shock económico* es un relato sobre la economía de la pandemia y, también, una magnífica manera de tomarle el pulso al futuro.



## MENTES CREATIVAS. CÓMO PASAR DE LO ORDINARIO A LO EXTRAORDINARIO

David Asensio (2022)  
Madrid, Experimenta  
214 páginas  
ISBN: 9788418049781

¿De dónde salen las ideas extraordinarias de personas como Ferran Adrià, Antoni Luis Aduriz, Toni Segarra, Mónica Moro, Carlos Latre o DJ Nano? ¿Cómo conviven con el riesgo de lanzar una idea que se sale de lo establecido? ¿En qué se inspiran para tener esas ideas? ¿Qué nos ocurriría como país si realmente creyéramos más en nosotros mismos y, con ello, en nuestra creatividad? David Asensio reúne los pensamientos y claves de algunas de las mentes creativas más brillantes del país y elabora un estudio detallado de la influencia de la creatividad en todos los ámbitos de la sociedad a través de las conversaciones mantenidas con ellas. El autor sostiene que España es uno de los países más creativos del mundo, líder indiscutible en muchos ámbitos, pero se ve lastrado por diversas circunstancias, desde el sistema educativo al miedo al fracaso o al qué dirán.



## DIGITALIZACIÓN Y PROTECCIÓN SOCIAL: 30 DESAFÍOS PARA 2030

Andrés Pastor (2021)  
Coordinador  
Madrid, Gerencia de Informática de la Seguridad Social  
360 páginas  
ISBN: 9788409337064

El libro *Digitalización y Protección Social: 30 desafíos para 2030*, publicado por la Gerencia de Informática de la Seguridad Social (GISS), como entidad responsable de impulsar la transformación digital en la Seguridad Social, quiere contribuir al conocimiento sobre cómo la digitalización está revolucionando la economía, el mundo del trabajo y los sistemas de protección social y conocer mejor las tecnologías disruptivas que se pueden emplear para mejorar la vida de los ciudadanos. Una obra colectiva redactada por expertos de reconocido prestigio del ámbito del Derecho del Trabajo y la Seguridad Social. La obra aborda un proceso de reflexión con el fin de significar los cambios que afectan al nuevo modelo de trabajo y contribuir al uso de la tecnología como palanca de innovación de la protección social. El libro se puede descargar gratis en esta dirección: <https://www.digitalizacionyproteccionsociales/>



### Pódcast Confía

## SIMPATÍA POR LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

El periodista, comunicador y emprendedor en inteligencia artificial (IA) Juan Carlos Fernández Galindo es el conductor de Confía, un pódcast que nace con la intención de divulgar la IA, sus protagonistas, sus desarrollos,... Confía se rodea de expertos y científicos relevantes que están liderando esta tecnología, como Nuria Oliver, Xabi Uribe-Etxebarria, Jordi Rivas, José Luis Cordeiro, Pablo Rodríguez, Juan Ignacio Cirac o Chema Alonso con los que trata temas como la ética, la privacidad, la seguridad y responde a muchas preguntas que todos nos hacemos: ¿Sustituirá la IA a las personas? ¿Trabajará la IA para nosotros? ¿Nos quitará el trabajo? ¿Quién la controlará? ¿Está ya entre nosotros? Tal y como ya hacía en su blog en *Muy Interesante*, Juan Carlos F. Galindo intenta desvelar todas las incógnitas de una tecnología que "va a mejorar la vida de las personas, la sociedad, la salud o la ciencia".

<https://open.spotify.com/show/2Ev49aSa3PSPuVfHFc81>



## ROBOTS EN LA SOMBRA: RPA, ROBOTS CONVERSACIONALES Y OTRAS FORMAS DE AUTOMATIZACIÓN COGNITIVA

Ignacio G. R. Gavilán, (2021)  
Madrid, Anaya Multimedia  
352 páginas  
ISBN: 9788441543478

La inteligencia artificial y los robots están cada vez más presentes en nuestras vidas. Nos ayudan en todo tipo de tareas, nos hablan, nos escuchan. Pero son invisibles. Hablamos de los robots *software*, un conjunto de categorías de agentes inteligentes que incluyen la automatización robótica de procesos (RPA), los *chatbots*, los agentes virtuales y diversos tipos de *bots* con capacidades cognitivas avanzadas. Este libro nos explica lo que son, cuáles son sus capacidades, cómo se gestiona su despliegue y operación y cuál es su impacto en modelos de negocio, e incluso a nivel social. El autor nos guía a través de las tecnologías que los sustentan, desde la IA en sus vertientes de procesamiento de lenguaje natural o visión artificial, hasta el *screen scraping* o el reconocimiento óptico de caracteres, pasando por aspectos de integración con servicios en la nube o ciberseguridad. Una lectura imprescindible para la comprensión del mundo de la robótica *software*.



## ABIERTO: LA HISTORIA DEL PROGRESO HUMANO

Johan Norberg (2021)  
Bilbao, Deusto  
528 páginas  
ISBN: 9788423432783

Hoy, después de ver cualquier telediario, cuesta trabajo pensar que "vivimos en la mejor época que ha conocido la especie humana". Pero, pese a todo, es así. Esta es la tesis que sostiene el último libro del popular pensador, ensayista y conferenciante noruego Johan Norberg. El autor, uno de los paladines del "nuevo optimismo", recorre a lo largo de más de 500 páginas la historia del progreso humano para demostrar que las sociedades abiertas han sido siempre motores de desarrollo, siendo la base sobre la que florecieron civilizaciones (Mesopotamia, Grecia...) e imperios (romano, mongol, español...), concluyendo que los avances han sido posibles gracias a un sistema abierto a los cambios, a la innovación y al libre mercado. Una obra que vuelve a probar la estimulante y reveladora capacidad de Norberg para destilar lecciones actuales basadas en miles de años de historia.



## CONFESIONES DE UN BOT RUSO

Bot Ruso (2022)  
Madrid, Debate  
224 páginas  
ISBN: 978-8418619151

"El *astroturfing* es una estrategia que pervierte la autenticidad del termómetro social e impulsa artificialmente movimientos ciudadanos o tendencias de opinión. Ahora bien, eso no significa que todas las mentiras que encontremos en Internet formen parte de una estrategia de *astroturfing*, que provengan de una agencia de relaciones públicas o que sean intencionadas. Por desgracia, muchos usuarios disponen de mucho tiempo libre y carecen de ética y moralidad". Esta es una de las confesiones de un libro escrito, desde el arrepentimiento y el anonimato, por un *insider*: su autor trabajó al servicio de una agencia de *astroturfing* manipulando la conversación digital a favor de partidos políticos, empresas, clubes deportivos... Tras renunciar a su puesto decidió escribir un testimonio que ofrece al lector herramientas para evitar caer en la red de *fake news*, bulos y manipulaciones informativas que son práctica común en Internet.



### Ilustración francesa

## LA BÚSQUEDA DE LA FELICIDAD EN TIEMPOS CONVULSOS

Marc Augé, uno de los grandes pensadores de la ciencia y la tecnología de los siglos XX y XXI, regresa con *La condición humana. Manual de supervivencia para un presente compartido*, una reflexión sobre el ser humano. El antropólogo francés, creador de conceptos tan influyentes como "sobremodernidad" y los "no lugares", reflexiona sobre la búsqueda de la felicidad, la dignidad y las crecientes desigualdades en el mundo pospandémico, en una época caracterizada por la soledad, pese a las nuevas tecnologías. Marc Augé ofrece una brújula al lector para orientarse en los tiempos modernos. El pensador defiende que el antídoto para el pesar moderno es reencontrarnos con el sentido profundo de lo que nos une: el hilo rojo, la humanidad que habita en nuestro interior.

Marc Augé (2022). Barcelona, Ático de los Libros  
96 páginas. ISBN: 8418217677



## FRAMERS. LA VIRTUD HUMANA EN LA ERA DIGITAL

Kenneth Cukier, Viktor Mayer-Schönberger, Francis de Vericourt (2021)  
Madrid, Turner.  
272 páginas  
ISBN: 9788418428814

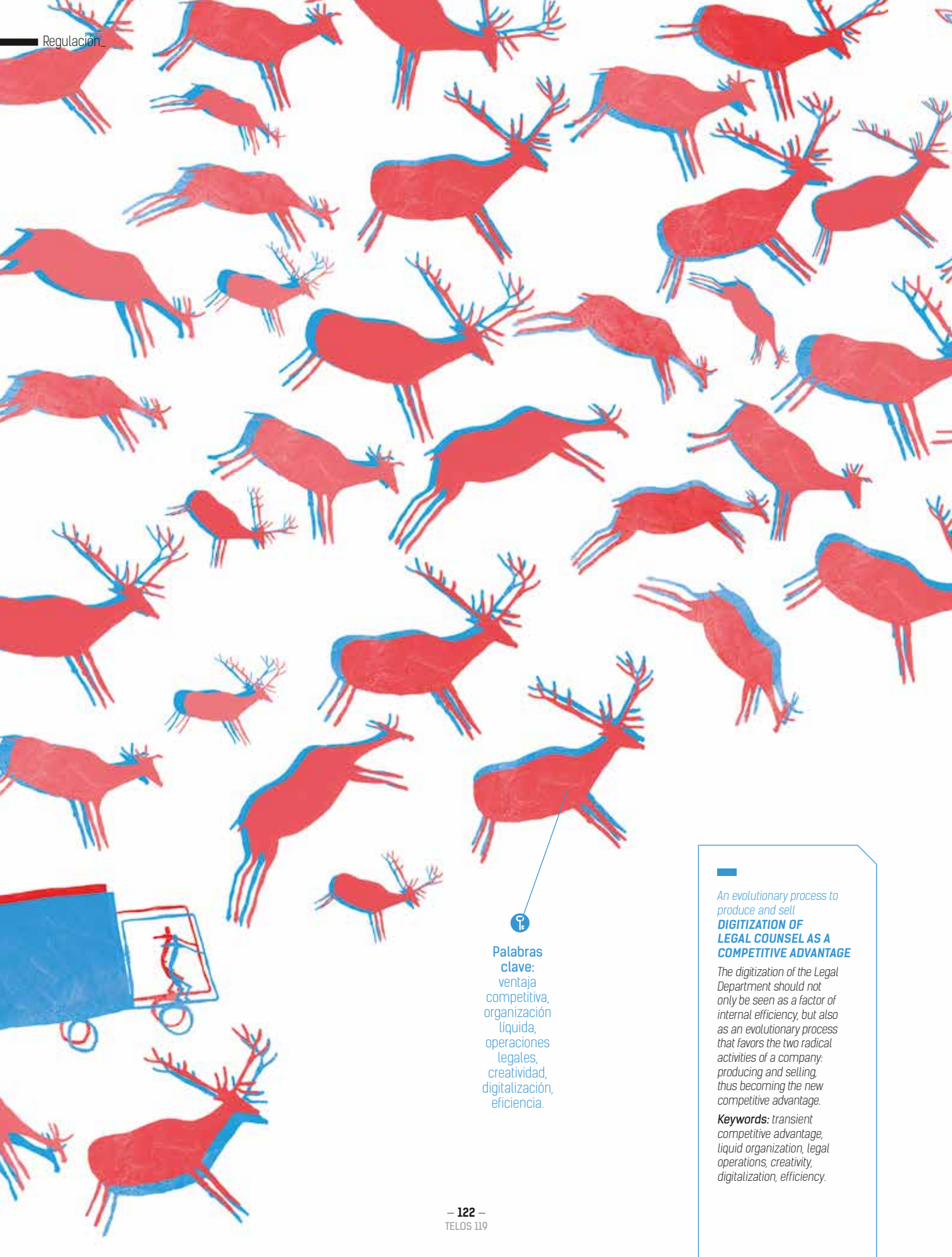
Se nos dice que los humanos tomamos malas decisiones y que, cuantos más datos, mejor. Pero esto, sostienen los autores, es al revés: las personas somos realmente buenas en la toma de decisiones porque utilizamos modelos mentales y podemos imaginar nuevas realidades fuera de los datos. Los grandes resultados no dependen tanto del momento final de la elección como de la generación de mejores alternativas entre las que elegir. Eso es el *frame*, el marco, el encuadre, un músculo cognitivo que podemos fortalecer para afrontar la vida y sus desafíos. *Framers* muestra cómo hacerlo, extrayendo conclusiones de los últimos avances en *Big Data*, inteligencia artificial y *deep learning* y resaltando esta cualidad que nos hace imprescindibles en una economía digital. E indagando en nuestros modelos mentales —la forma en que vemos el mundo— y su impacto, vinculando los marcos que utilizamos con nuestra capacidad de innovar.



# regulación

La digitalización del Departamento Legal no debe contemplarse solo como un factor de eficiencia interna, sino también como un proceso evolutivo que favorece las dos actividades radicales de una empresa: producir y vender. La complejidad, la globalización y la incertidumbre del mercado impulsan el papel de la asesoría jurídica en las organizaciones líderes en la sociedad digital.



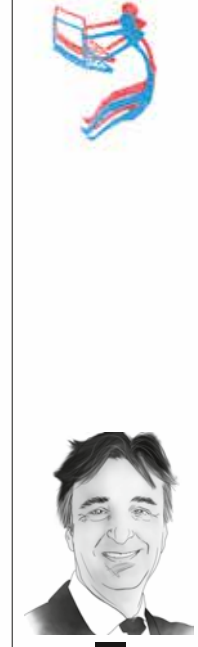


**Palabras clave:** ventaja competitiva, organización líquida, operaciones legales, creatividad, digitalización, eficiencia.

An evolutionary process to produce and sell  
***DIGITIZATION OF LEGAL COUNSEL AS A COMPETITIVE ADVANTAGE***

The digitization of the Legal Department should not only be seen as a factor of internal efficiency, but also as an evolutionary process that favors the two radical activities of a company: producing and selling, thus becoming the new competitive advantage.

**Keywords:** transient competitive advantage, liquid organization, legal operations, creativity, digitalization, efficiency.



JORDI ESTALELLA

UN PROCESO EVOLUTIVO PARA PRODUCIR Y VENDER

# La digitalización de la asesoría jurídica como ventaja competitiva

La digitalización del Departamento Legal no debe contemplarse solo como un factor de eficiencia interna, sino también como un proceso evolutivo que favorece las dos actividades radicales de una empresa: producir y vender, convirtiéndose así en la nueva ventaja competitiva.

ILUSTRACIÓN: DANIEL TORNERO

**D**Desde la aparición de los primeros homínidos en la sabana africana, la evolución de nuestra especie se ha sustentado en la fabricación y el intercambio. Durante el Paleolítico inferior, hace la friolera de dos millones de años, el *Homo habilis* aprendió a tallar la piedra y produjo herramientas cortantes que utilizaba para cazar y despiezar las presas que satisfacían el autoconsumo de la reducida tribu a la que pertenecía.

Andando en el tiempo, la agricultura y la ganadería practicadas durante el Neolítico, junto con la explotación de actividades como la minería, posibilitaron la acumulación de excedentes que se intercambiaban o vendían a otros pueblos, exportándose incluso fuera de la Península Ibérica. Uno de esos casos es el yacimiento de Gavà, un municipio situado en el margen derecho de la desembocadura del río Llobregat, a escasos ki- ➤➤➤

lómetros de Barcelona, donde se han hallado fragmentos de variscita, un mineral similar al jade y a la turquesa, empleado para manufacturar collares y elementos ornamentales destinados al consumo interno y al comercio exterior, principalmente Portugal y el sur de Francia.

El aumento de los asentamientos humanos, el incremento de la producción, la acumulación de excedentes y el establecimiento de rutas comerciales fomentaron el tráfico de mercancías entre los territorios y la aparición de la moneda como medio de intercambio. Como consecuencia de la expansión del comercio mundial las empresas crecían, aunque en paralelo se planteaban nuevos retos como organizar de forma más eficiente la producción, abaratar el transporte y obtener una imagen de la situación contable de la explotación. La solución a estos retos fue la especialización, creándose

dentro de las corporaciones, a partir del último cuarto del siglo XIX, las áreas de logística, operaciones y finanzas. Así, la fabricación y venta, hasta entonces las únicas actividades de la empresa, se complementaron con esas otras con la finalidad de afrontar los desafíos del mundo moderno, entre ellos, uno que comenzaba a ser acuciante: distinguirse de la competencia.

En efecto, la extraordinaria capacidad productiva de las empresas durante el siglo XX, gracias a la introducción de la electricidad, la cadena de montaje y maquinaria automática provocó una inmensa variedad de bienes de consumo que necesitaban diferenciarse a ojos del comprador. El trabajo de diferenciar la oferta, y aumentar de este modo las ventas, recayó en el grupo de personas que formaban los nuevos departamentos de marketing, un área especializada que se sumaba a las ya existentes

(logística, operaciones y finanzas) y que dotaba a las organizaciones de una ventaja competitiva adicional.

El siguiente estadio en la evolución funcional de la empresa vino aparejado a los movimientos sindicales que reclamaban mejores condiciones laborales para los obreros. Esta demanda social, unida a la necesidad de atraer y retener el talento de trabajadores cualificados mediante políticas de personal cuyo diseño requería conocimientos específicos, conllevó la formación de la especialidad de Recursos Humanos articulada a través de un departamento propio, igual que había ocurrido con el resto de las especialidades.

## La función legal

De manera semejante, los primeros departamentos legales se constituyeron en el primer cuarto del siglo XX para dar respuesta a los riesgos y conflictos surgidos de la complejidad del tráfico mercantil y los derechos de los trabajadores. La misión principal de las empresas continuaba siendo fabricar y vender, pero los cambios sociales, económicos y legislativos requerían una gestión cada vez más sofisticada para competir que se logró creando nuevas áreas



El asesoramiento jurídico interno permea hoy toda la organización. La naturaleza líquida de su función no deja de arreciar

funcionales que intensificaban y mejoraban la producción y las ventas. En otras palabras, agregaban valor a esas actividades originarias que habían caracterizado a la empresa desde tiempos inmemoriales.

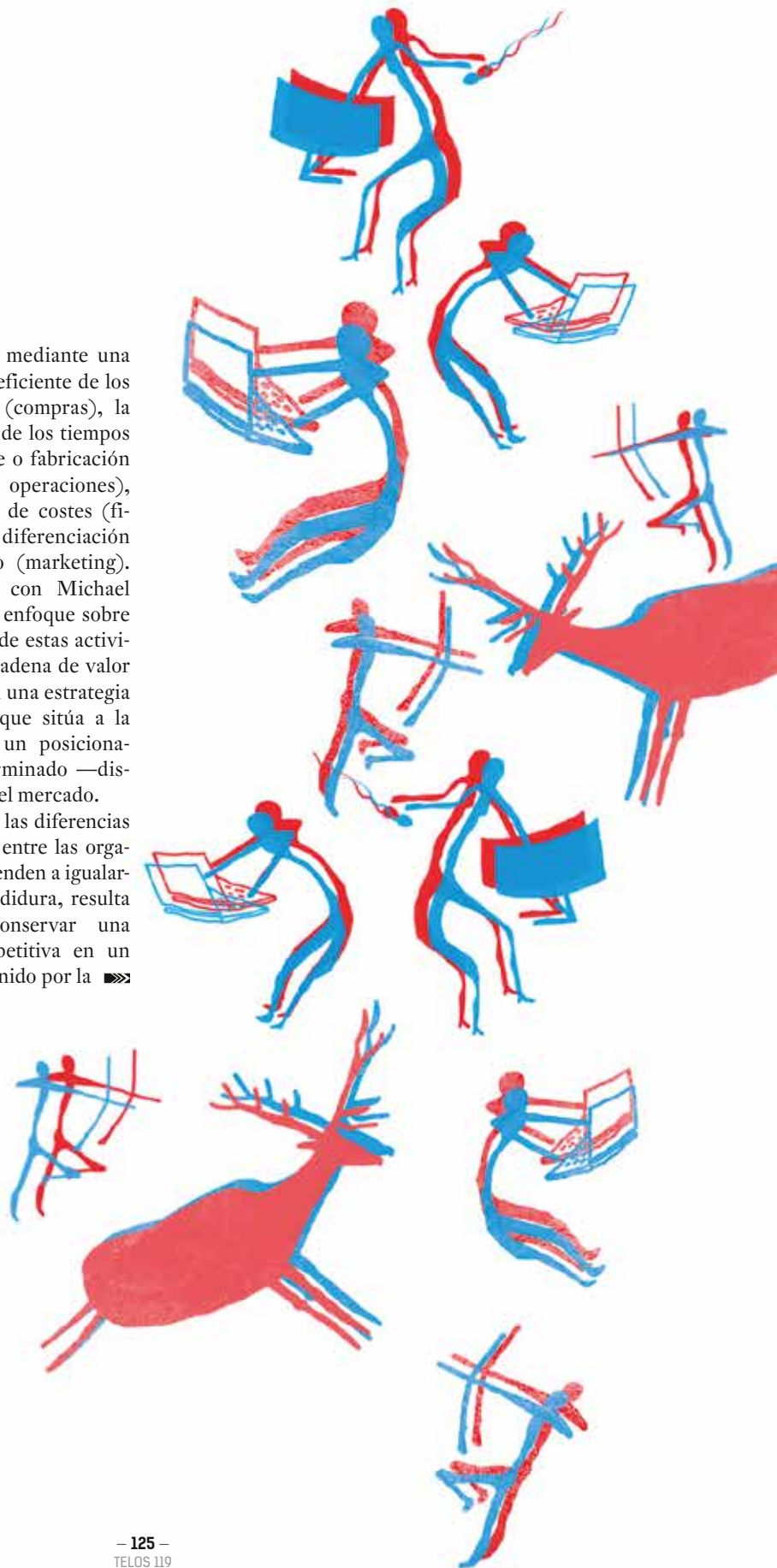
No obstante, la función legal mantiene diferencias importantes respecto a otras divisiones funcionales de la organización. El Departamento de Logística, por ejemplo, presta sus servicios especializados a fabricación y ventas, y *marketing* lo hace esencialmente a ventas. El Área Financiera, Recursos Humanos y Asesoría Jurídica comparten el atributo de transversalidad, y sus servicios se extienden a todas las demás áreas. El carácter horizontal o líquido de la función legal exige distribuir de modo eficiente los escasos recursos de la asesoría, exigencia que explica el auge de las operaciones legales.

Así pues, el asesoramiento jurídico interno permea actualmente toda la organización y la naturaleza líquida de su función, dada la maraña normativa, la globalización y la creciente inestabilidad de los mercados, no deja de arreciar.

Hemos mencionado antes que la razón de que las organizaciones hayan ido incorporando nuevos departamentos especializados es ampliar sus ventajas

competitivas mediante una gestión más eficiente de los proveedores (compras), la disminución de los tiempos de transporte o fabricación (logística y operaciones), la reducción de costes (finanzas) o la diferenciación del producto (marketing). De acuerdo con Michael E. Porter, el enfoque sobre una o varias de estas actividades de la cadena de valor se traduce en una estrategia competitiva que sitúa a la empresa en un posicionamiento determinado —distintivo— en el mercado.

Con todo, las diferencias competitivas entre las organizaciones tienden a igualarse y, por añadidura, resulta imposible conservar una ventaja competitiva en un mercado definido por la ►►





## La estrategia de la asesoría jurídica tendrá que implementar herramientas tecnológicas, metodologías de gestión y perfiles especializados

incertidumbre y la aceleración de los negocios. De ahí, como señala Rita Gunther McGrath, debe bascularse hacia una estrategia basada en ventajas competitivas transitorias. En este sentido, y adoptando el concepto de la profesora Gunther McGrath expuesto en su libro *The End of Competitive Advantage*, mi tesis es que la próxima ventaja competitiva transitoria tendrá su origen en las asesorías jurídicas de las organizaciones.

Son varias las evidencias que apuntan hacia esa dirección. En primer lugar, la incesante reglamentación que ordena hasta los mínimos detalles del funcionamiento de una empresa y la necesidad

de conocerla, interpretarla y aplicarla, tareas que competen a los abogados de empresa —asesoría líquida—. La segunda evidencia reside en las cuantiosas sanciones que gobiernos, organismos administrativos y tribunales están imponiendo como consecuencia del incumplimiento de aquella reglamentación, algo que afecta no solo a los beneficios, sino también a la reputación de las corporaciones y cuya prevención recae de nuevo en los abogados internos.

Una tercera evidencia es el hecho antes aludido de la rapidez con que suceden los cambios en el mercado y la indispensable adaptación del negocio, circunstancia

adaptativa absolutamente condicionada al cumplimiento de los requisitos legales que debe refrendar la asesoría jurídica.

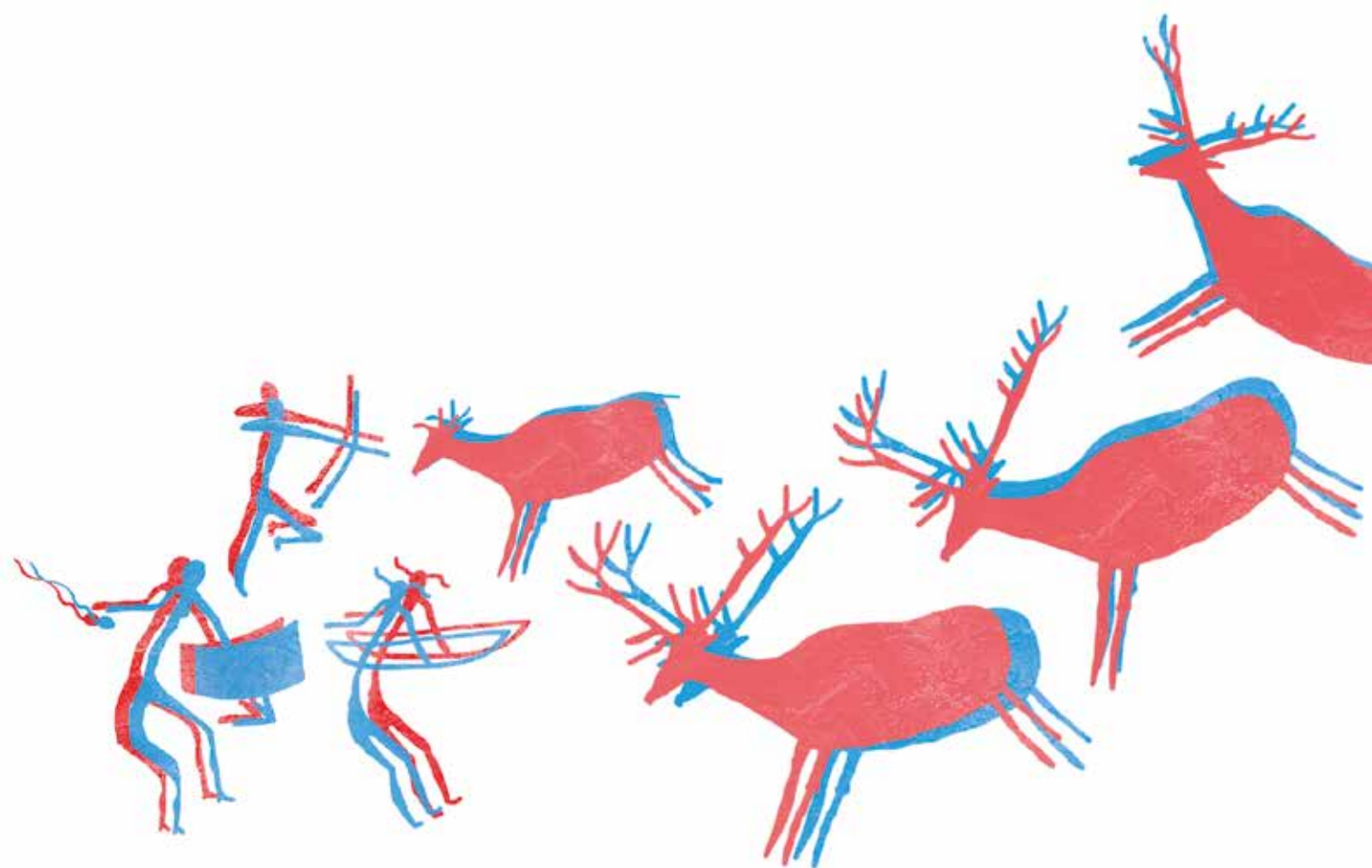
A la vista de lo anterior sería difícil refutar que la función legal de las compañías está adquiriendo un papel prominente en la marcha del negocio. Precisamente, esta prevalencia constituye la nueva ventaja competitiva transitoria que se traduce en una estrategia clara para el Departamento Legal: facilitar y agilizar las actividades de producción y comercialización en todo momento y lugar.

Formulada en esos términos la estrategia de la asesoría jurídica, esta tendrá que implementar todos

los medios a su alcance: herramientas tecnológicas, metodologías de gestión y perfiles especializados, que le permitan ganar agilidad, flexibilidad y creatividad en la relación con sus clientes internos o *business partners*.

Un ejemplo ayudará a ilustrar lo que quiere decirse. Supongamos una empresa del sector financiero que pugna por el lanzamiento de un producto de criptomonedas o de bonos verdes. Su asesoría jurídica no tiene establecidos protocolos de cocreación con el Departamento de Sistemas (IT) ni con los abogados del Área Fiscal, el abogado responsable de supervisar la adecuación del producto a la normativa de protección de datos no emite su dictamen debido al desbordamiento que padece fruto de una asignación deficiente del trabajo, y el proceso de elaboración y firma de los contratos, así como el de aprobación de las comunicaciones comerciales, se demora porque no está digitalizado.

Desde luego, este conjunto de ineficiencias del Departamento Legal impide cumplir la estrategia de facilitar y agilizar la producción y las ventas, y sitúa a esa empresa en una posición de desventaja respecto a una segunda compañía cuya asesoría interna haya transformado digitalmente sus procesos de gestión documental, reorganizado el equipo incorporan-



do un perfil de operaciones legales y arbitrado un sistema de colaboración con las demás áreas funcionales (*business partners*). Los tiempos de creación y lanzamiento del producto de esta segunda empresa serán significativamente menores que los de la primera, y su capacidad de reacción superará a la de esta, consolidando así su ventaja competitiva transitoria.

## Conclusiones

Las asesorías jurídicas han desempeñado históricamente un papel secundario en las organizaciones y su trabajo ha sido eclipsado por otros

departamentos considerados contribuyentes del negocio como el financiero, marketing, logística o comercial. Sin embargo, la gradual complejidad de las relaciones jurídicas, la globalización de las transacciones y la incertidumbre del mercado, están volviendo las tornas.

La asesoría jurídica está convirtiéndose en un elemento estratégico de las empresas, y la agilidad, flexibilidad y capacidad de ofrecer soluciones creativas erigiéndose en ventajas competitivas desde el momento que facilitan la producción y las ventas y, por consiguiente, maximizan los beneficios de la compañía al tiempo que reducen los riesgos.

De esta manera, la digitalización de procesos y la aplicación de técnicas de gestión destinadas a mejorar la eficiencia y la organización del trabajo devienen tareas ineludibles para las asesorías jurídicas no solo del futuro, sino de hoy mismo.

## Bibliografía

- Borrell, F. y Bosch, J. (2012): "Las minas de variscita de Gavà (Barcelona) y las redes de circulación en el Neolítico" en *Rubricatum*, Revista del Museu de Gavà. núm. 5, pp. 315-322.
- Estalella, J. (2021): "Historia breve de las Operaciones Legales" en González, M. (2021): *El gobierno de la función legal en las organizaciones*. Madrid, Aranzadi.
- Gunther, R. (2013): *The End of Competitive Advantage*. Boston, Harvard Business Review Press.
- Porter, M. E. (1991): *Ventaja competitiva*. Buenos Aires, Editorial Rei Argentina.

T | E | L | O | S

# Normas de colaboración

Instrucciones generales para colaboraciones

---

Desde su fundación en 1985, TELOS ha estado abierta a la colaboración de los investigadores, españoles y extranjeros, que han cimentado su prestigio. Como revista interdisciplinar, continúa abierta a la participación en sus versiones en papel y electrónica. TELOS recoge investigaciones, artículos y reflexiones que abarquen el campo de la infotecnología -la comunicación, los medios, la publicidad, los contenidos, la cultura- y se abre a otros ámbitos en el convencimiento de que vivimos en una nueva era digital caracterizada por la confluencia de avances emergentes y disruptivos en disciplinas que conforman nuestro entorno personal, social y profesional: la biotecnología, la nanotecnología y las ciencias cognitivas, del cerebro y el conocimiento. Nuestra sociedad aborda una nueva era en la que el progreso tecnológico obliga a revisar los parámetros en los que nos hemos venido desempeñando en todos los ámbitos (personal, educativo, profesional, laboral, administrativo...) y anima a la convergencia y transversalidad de los análisis desde la especialización de sus autores a favor de una mejor comprensión de los cambios y de la construcción de un entorno común de bienestar. Desde esa perspectiva, TELOS se propone recoger colaboraciones analíticas y de prospectiva dedicadas a las repercusiones y al impacto que los avances en esas materias están teniendo en la sociedad.

La revista se compone de las siguientes secciones: Autor invitado, Asuntos de Comunicación, Entrevista, Cuaderno central, Análisis, Experiencias, Biblioteca TELOS y Regulación. TELOS cuenta con un Comité Científico, responsable de delinear las orientaciones estratégicas de la revista y con un Comité de Valoración, compuesto por prestigiosos investigadores académicos, nacionales e internacionales, ajenos a la empresa editorial, que analizan por triplicado y de forma anónima (doble ciego) cada texto recibido que, según el Consejo de Redacción, se ajuste a la línea de la publicación y a sus normas básicas.

Los criterios de valoración se refieren a la novedad del tema abordado, la originalidad de sus aportaciones, la coherencia metodológica y el rigor de la investigación y la reflexión, su trascendencia social y su carácter interdisciplinar. El objetivo de TELOS es lograr la máxima difusión

de los contenidos. La revista se publica tres veces al año en papel. Sus contenidos se publican íntegramente en la versión digital, que cuenta con contenidos nativos y se actualiza semanalmente. Además, está indexada en múltiples bases de datos internacionales y forma parte de las principales hemerotecas, portales, bibliotecas universitarias, catálogos de publicaciones, buscadores de literatura científica, repositorios y redes sociales académicas.

Los textos propuestos para su publicación en TELOS deben ser originales, redactados en español y no estar publicados previamente en ningún otro idioma (salvo indicación expresa al respecto, que será valorada por el Consejo de Redacción de TELOS). Mediante el envío de un texto a Fundación Telefónica, proponiendo su publicación en TELOS, su remitente corrobora legalmente ser el autor del mismo y titular de todos aquellos derechos de propiedad intelectual que se constituyan sobre dicho texto, adoptando además el compromiso de que este tiene carácter inédito, y que mantendrá dicha situación hasta que, en su caso, sea publicado en la revista TELOS (ya sea en formato impreso o electrónico), o bien le sea comunicado al autor el rechazo del texto remitido. Los autores son los únicos responsables de las opiniones vertidas en los artículos y el envío por su parte de textos para su selección, evaluación y publicación constituye su aceptación expresa de estas normas.

TELOS se compromete a acusar recibo de cada envío y a responder al autor de cada propuesta en un plazo máximo de 180 días, contados a partir del último día del mes de recepción de la misma. En caso de negativa a su publicación, TELOS comunicará al autor dicho rechazo y una síntesis de las valoraciones realizadas. Si el texto fuera aceptado para su publicación en TELOS, Fundación Telefónica remunerará a su autor a cambio de la autorización para el uso de los derechos de propiedad intelectual que sean requeridos a tal fin. Dicha cesión será formalizada en un documento específico, para la cesión exclusiva de tales derechos en favor de Fundación Telefónica. Los autores se comprometen, en todo caso, a mantener indemne a Fundación Telefónica ante cualquier reclamación en relación con infracciones de derechos de propiedad intelectual de terceros.



Los artículos deben enviarse en soporte electrónico compatible con el entorno Windows, preferiblemente en formato de tratamiento de texto estándar (tipo Times New Roman), a la siguiente dirección: [revistatelos@fundaciontelefonica.com](mailto:revistatelos@fundaciontelefonica.com). El envío debe incluir una fotografía en primer plano del autor/es.

Adicionalmente, se señalará expresamente si el artículo ha sido remitido para su publicación en versión digital o exclusivamente en la edición cuatrimestral en papel posteriormente descargable y publicada en formato digital una vez se haya distribuido el papel.

Los textos propuestos deben cumplir las siguientes condiciones (ver <https://telos.fundaciontelefonica.com/colaboradores/>):

Debe presentarse el texto en soporte informático y en formato Word.

La extensión máxima de los artículos estará entre 1.500 y 2.000 palabras.

El texto principal de los artículos se publicará en español.

El texto del artículo debe ir encabezado por los siguientes elementos:

- Antetítulo, título, extracto (*abstract*) de 40 palabras y palabras clave (4 a 6) en español y en inglés.
- Nombre del autor, presentación del autor, dirección electrónica de contacto, dirección electrónica publicable (o señalar que no se quiere consignar ninguna), perfiles en redes sociales (Twitter y/o LinkedIn), dirección postal y teléfono de contacto.

Fundación Telefónica respeta la legislación vigente en materia de protección de datos personales, la privacidad de los usuarios y el secreto y seguridad de los datos personales, en concreto el Reglamento 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016, adoptando para ello las medidas técnicas y organizativas necesarias para evitar la pérdida, mal uso, alteración, acceso no autorizado y robo de los datos personales facilitados, habida cuenta del estado de la tecnología, la naturaleza de los datos y los riesgos a los que están expuestos. De acuerdo con la actual legislación, en caso de enviar sus datos, queda informado de que el Responsable del tratamiento de los mismos es Fundación Telefónica, con la finalidad de gestionar los datos de las personas físicas que prestan servicios a Fundación Telefónica para su remuneración, y en caso de proceder, la gestión de los accesos y permisos y la regulación en materia de prevención de riesgos laborales. La legitimación para dicho tratamiento es el consentimiento del propio interesado. Los datos no serán cedidos a terceros y no serán objeto de transferencias internacionales. El interesado tiene derecho a retirar su consentimiento en cualquier momento, a oponerse al tratamiento, a acceder, rectificar y suprimir los datos, así como otros derechos que puede consultar en la información adicional contenida en <https://legal.fundaciontelefonica.com/informacion-adicional-proteccion-de-datos/>

Se incluirán además epígrafes (títulos intermedios o ladillos) y sumarios (destacados o ideas esenciales con un máximo de 12 palabras). El énfasis debe estar marcado por el contenido y las cursivas reservadas a términos no españoles, limitándose el uso de mayúsculas, negritas, cursivas o comillas para destacar un contenido. Cuadros y gráficos deben estar claramente situados y citados en el texto. Las notas a pie de página han de ser mínimas y reservadas a complementar el texto principal.

Las notas deben ir a pie de página; las referencias en el texto tienen que ir entre paréntesis con el apellido del autor, el año de edición y las páginas (Apellido, año: página/s). Las referencias bibliográficas aparecerán al final de cada artículo.

El modelo de citación deberá seguir los criterios establecidos, que se basan en la norma ISO 690 y en la descripción bibliográfica normalizada internacional (ISBD):

#### **Libros**

Apellido, Inicial del nombre/Institución (año de publicación): *Título del libro*. Edición. Lugar de publicación, Editorial. Núm. de volumen. (Colección; núm.). ISBN núm. (opcional)

#### **Artículos en revistas**

Apellido, Inicial del nombre. “Título del artículo” en *Nombre de la publicación* (año, núm. del ejemplar, páginas). ISSN núm. (opcional).

#### **Contribuciones en libros**

Apellido, Inicial del nombre. “Título del apartado de la monografía”. En: Apellido, Inicial del nombre/Institución. *Título*. Edición. Lugar de publicación: Editorial, año. Núm. de volumen. (Colección; núm.). ISBN núm. (opcional).

#### **Documentos en línea**

Apellido, Inicial del nombre/Institución. *Título*. Edición o versión. Lugar de publicación, Editorial o distribuidora, año de la publicación. Dirección web [con enlace activo]

Las tablas y los gráficos se han de insertar en el documento en un formato que permita su edición (por ejemplo, en Excel). Esto es importante porque si se inserta en formato imagen, no se podría adaptar, si fuera necesario. Se admiten ilustraciones y gráficos en color, los cuales deben tener bien identificada la fuente de la que proceden. TELOS publica periódicamente en su web llamamientos a colaboraciones (*Calls for papers*) para su Cuaderno Central -dedicados a una temática o visión específica sobre una materia-, con un extracto (*abstract*), líneas de desarrollo preferente y fechas de entrega y respuesta, en las mismas condiciones de valoración anónima citadas.

# T | e | l | o | s

## Edita

Fundación Telefónica

## Consejo de Redacción

Juan Manuel Zafra. Director  
*Universidad Carlos III de Madrid*

Pablo Gonzalo

Andrés Pérez Perruca

Elena González de la Fuente

*Fundación Telefónica*

## Realiza

*The Tab Gang*

Javier Moya. Coordinación

Jessica Bermúdez. Redacción

Kembeke Estudio. Diseño y maquetación

Silvia Mercader. Secretaria de Redacción

Pablo Rodríguez Canfranc. Redacción

Eva Martín Villalba. Corrección

Rafael Cobo. Comunicación

Ezequiel Villajos. Comunicación

## Redacción:

Fundación Telefónica

Gran Vía, 28 7ª planta

28013 Madrid

[revistatelos@fundaciontelefonica.com](mailto:revistatelos@fundaciontelefonica.com)

<https://telos.fundaciontelefonica.com>

Twitter: @revistatelos

LinkedIn: revista-telos

Instagram: @revistatelos

## Suscripciones:

[suscripcionestelos@fundaciontelefonica.com](mailto:suscripcionestelos@fundaciontelefonica.com)

Distribuido por Soidem. Impreso en España.

Depósito legal: M-2376-1985

ISSN: 0213-084X (edición impresa)

ISSN: 2340-342X (edición en línea)



Bajo licencia Creative Commons

### **Patronato de Fundación Telefónica**

José María Álvarez-Pallete López. Presidente

#### **Patronos Natos**

José María Álvarez-Pallete López  
César Alierta Izuel  
Ángel Vilá Boix  
Salvador Sánchez-Terán Hernández  
Luis Solana Madariaga  
Laura Abasolo García de Baquedano  
Eduardo Navarro de Carvalho  
Francisco de Bergia González  
Trinidad Jiménez García Herrera

#### **Patronos Electivos**

Julio Linares López  
Javier Nadal Ariño  
Lucía Figar de Lacalle  
Javier Solana Madariaga  
Alberto Terol Esteban

#### **Secretario**

Pablo de Carvajal González

#### **Vicesecretaria**

Isabel Salazar Páramo

#### **Directora General**

Carmen Morenés Giles

#### **Comité Científico**

José M. de Areilza Carvajal. Aspen Institute  
Eduardo Arriagada. Universidad Católica de Chile  
María Blasco. Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas  
Javier Celaya. Universidad de Alcalá de Henares  
Juan Ignacio Cirac. Theory Division, Max-Planck Institut für Quantenoptik  
Susana Finquelievich. Instituto de Investigaciones Gino Germani. Universidad de Buenos Aires  
Rosalía Lloret. Online Publishers Association Europe  
Rafael Martínez Cortiña. Thinkers  
Julio Cesar Mateus. Fundación Telefónica Perú  
Juan Carlos Olmedo. Instituto Tecnológico de Monterrey  
Ofelia Tejerina. Asociación de Internautas  
Emilio Ontiveros. Universidad Autónoma de Madrid  
Andrés Ortega. Real Instituto Elcano  
Jorge Pérez. Universidad Politécnica de Madrid  
Miguel Pérez Subías. Asociación de Usuarios de Internet  
Nerea Luis. Doctora en Ciencias de la Computación y cofundadora de T3chFest  
Alberto Terol Esteban. Fundación Telefónica

MITOS Y REALIDADES DE LA COMPUTACIÓN CUÁNTICA **Eliás F. Combarro**  
INSPIRANDO A LAS NIÑAS DE HOY **Marta Pérez Dorao** | AMENAZAS CUÁNTICAS A LA CIBERSEGURIDAD **Carlos Jiménez**  
APLICACIONES DE LA COMPUTACIÓN Y DE LAS COMUNICACIONES CUÁNTICAS **Patricia García Garrido**

# TELOS

119

ABRIL 2022. 9€

ENTREVISTA: JUAN IGNACIO CIRAC

Fundación  
Telefónica



## MUNDO CUÁNTICO

UNA NUEVA FORMA DE PROCESAR  
Y DE TRANSFORMAR LA SOCIEDAD

# Suscríbete a la revista TELOS

Ahora es más fácil recibir TELOS en tu casa.  
Puedes suscribirte desde nuestra web.

Entra en

[telos.fundaciontelefonica.com/suscripcion](https://telos.fundaciontelefonica.com/suscripcion)  
y rellena el formulario o escribe a  
[suscripcionestelos@fundaciontelefonica.com](mailto:suscripcionestelos@fundaciontelefonica.com)

#### TARIFAS:

Precio por número: Canarias: 9,15 €. Resto de España: 9 €. Suscripción anual: 16 €.  
Suscripción anual: América y resto de países: 24 €.

Distribución:

**SOIDEM**

Algunas librerías en las que se puede  
adquirir **TELOS**

**ALBACETE**

HERSO

Calle Guardiola, 18

**ALICANTE**

CILSA LIBROS

Calle Italia, 6

**BADAJOS**

TUSITALA

Calle Meléndez Valdés, 6

**BARCELONA**

FREE TIME REVISTAS

Carrer del Comte d'Urgell, 32

**LA CENTRAL**

Calle Mallorca, 237

Calle Elisabets, 6

**BILBAO**

LIBRERÍA CÁMARA

Euskalduna Kalea, 6

**BURGOS**

LIBRERÍA DEL ESPOLÓN

Paseo del Espolón, 30

**CÁDIZ**

QUORUM LIBROS

Calle Ancha, 27

**CIUDAD REAL**

LITEC

Avenida Alfonso X el Sabio, 11 Local

**CÓRDOBA**

NUEVA LUQUE

Calle Jesús María, 6

**CORUÑA**

BERBIRIANA

Rúa Santiago, 7 - Porta Real

**GIJÓN**

LIBRERÍA CENTRAL

Calle San Bernardo, 31

**GRANADA**

LIBRERÍA PICASSO

Calle Obispo Hurtado, 5

**HUESCA**

ANÓNIMA

Calle Cabestany, 19

**LOGROÑO**

SANTOS OCHOA

Gran Vía, 55

**MADRID**

BOUTIQUE DE LA PRENSA

Calle García de Paredes, 34

**LA CENTRAL**

Calle Postigo de San Martín, 8

**LIBRERÍA DIOGENES**

Calle Ramón y Cajal, 1

Alcalá de Henares

**MÁLAGA**

LIBRERÍA LUCES

Avenida Principal 37 - Trinidad Grund, 30

**OVIEDO**

LA PALMA

Calle Ramón y Cajal, 2

**PALMA DE MALLORCA**

RATA CORNER

Carrer d'Antoni Marqués, 34

**SALAMANCA**

LETRAS CORSARIAS

Calle Rector Lucena, 1

**SAN SEBASTIÁN**

LIBRERÍA LAGUN

Urdaneta Kalea, 3

**SEVILLA**

CAÓTICA

Calle José Gestoso, 8

**TARRAGONA**

LA CAPONA

Carrer del Gasòmetre, 43

**VALENCIA**

LIBRERÍA IZQUIERDO

Gran Vía Fernando el Católico, 12

**VALLADOLID**

EL ÁRBOL DE LAS LETRAS

Calle Juan Mambrilla, 25

**PRIMERA PÁGINA**

Calle Corro de Santo Domingo, 15

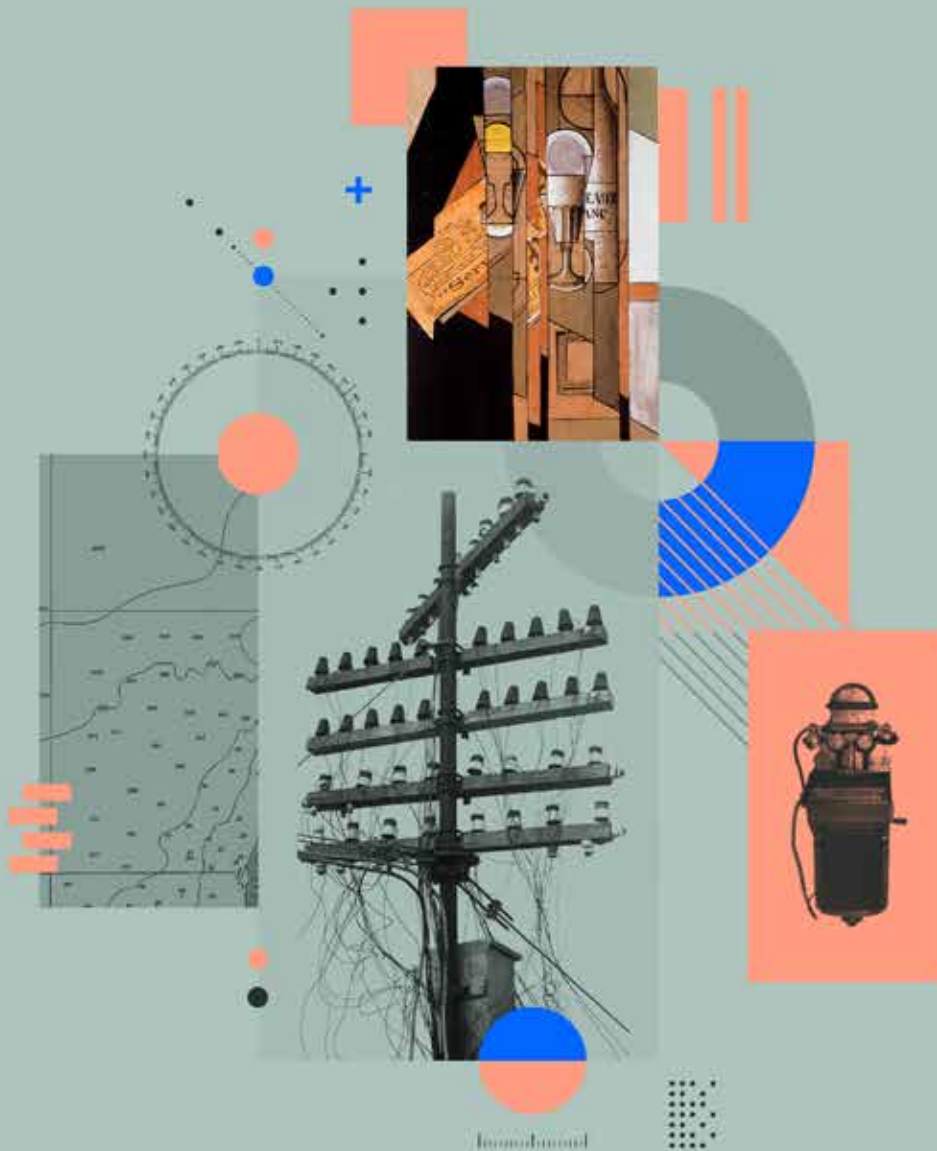
Urueña-Villa del Libro

**ZARAGOZA**

LA PANTERA ROSSA

Calle San Vicente de Paül, 28

Consultar el listado completo en la web.



fundación



#Conexiones #ColecciónTelefónica

# CONEXIONES

EN LA COLECCIÓN TELEFÓNICA

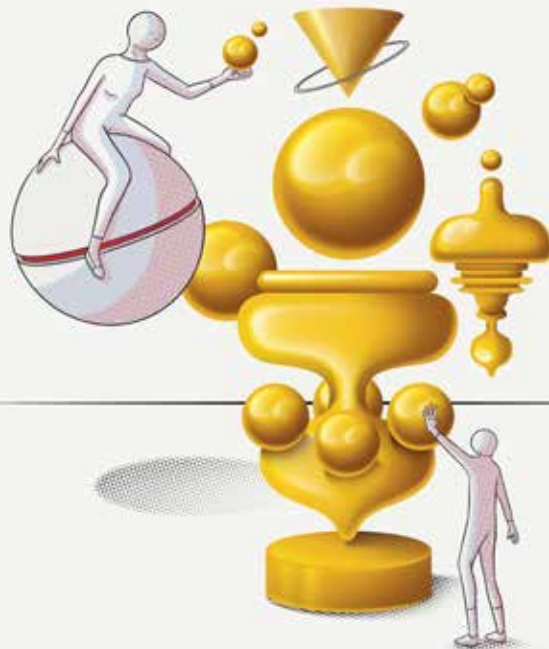
23/FEB/2022

119

# T | e | L | O | S

MUNDO CUÁNTICO

ABRIL 2022



[telos.fundaciontelefonica.com](https://telos.fundaciontelefonica.com)

Revista de Pensamiento, Sociedad y Tecnología

 **Fundación  
Telefónica**

