

EPIDEMIOLOGÍA CON SOPORTE CUÁNTICO.

Una estrategia disruptiva para fortalecer la salud pública

Quantum-Supported Epidemiology: A Disruptive Strategy to Strengthen Public Health

Alejandro Vargas Gutiérrez, M.D., MSc.*

* Médico y magíster en epidemiología egresado de la Universidad de Antioquia. CEO de Innahhealth SAS. Miembro de Número de la Academia de Medicina de Medellín.

Correspondencia:
innhcol@gmail.com

Cómo citar: Vargas G Alejandro. Epidemiología con soporte cuántico. Una estrategia disruptiva para fortalecer la salud pública. Anales de la Academia de Medicina de Medellín (An Acad Med Medellín). 2026;22(2):pp. 14-25.

Doi: <https://doi.org/10.56684/ammd/2026.2.03>

Resumen

La humanidad ha transitado por cuatro grandes revoluciones tecnológicas que han transformado radicalmente su forma de vivir, producir y relacionarse. Desde la Revolución Industrial del siglo XVIII —con la máquina de vapor y el telar mecánico como emblemas— hasta la era digital del siglo XXI, cada etapa ha redefinido el concepto de progreso. Hoy, la inteligencia artificial (IA) y la computación cuántica inauguran una nueva revolución que, en el campo de la salud pública, ofrece posibilidades sin precedentes.

El modelo epidemiológico tradicional, basado en el análisis retrospectivo de datos de mortalidad y morbilidad, presenta limitaciones estructurales que impiden una respuesta sanitaria oportuna y predictiva. Los planes de salud pública formulados sobre registros históricos no reflejan las realidades actuales ni las diferencias territoriales entre poblaciones urbanas y rurales, como las que existen entre un joven del barrio Rosales en Bogotá y uno de comunidades indígenas de Urrao en Antioquia.

Frente a este panorama, el autor propone el concepto de epidemiología con soporte cuántico: un modelo integrador que combina IA, big data, computación cuántica y vigilancia epidemiológica en tiempo real. Este enfoque permitiría generar alertas tempranas, algoritmos predictivos de brotes y epidemias, monitoreo continuo de signos vitales, e intervenciones intersectoriales

coordinadas entre hospitales, secretarías de salud, instituciones educativas y comunidades.

A través de un caso ilustrativo en un municipio del norte de Urabá, el artículo demuestra cómo este sistema podría detectar y gestionar simultáneamente riesgos como el intento de suicidio y el abuso sexual infantil, activando protocolos clínicos, campañas educativas, alertas comunitarias y estrategias de adquisición de insumos, todo de manera automatizada y en tiempo real.

Si bien el modelo enfrenta desafíos técnicos, bioéticos y de ciberseguridad, los autores concluyen que su implementación piloto en municipios pequeños es factible y urgente. La epidemiología con soporte cuántico no es una utopía: es el siguiente paso lógico en la historia de la innovación humana aplicada a la salud colectiva.

Palabras clave: inteligencia artificial, computación cuántica, epidemiología, salud pública, big data, vigilancia epidemiológica, innovación en salud, Atención Primaria en Salud.

Abstract

Humanity has transitioned through four major technological revolutions that have radically transformed its way of living, producing, and relating. From the Industrial Revolution of the 18th century—with the steam engine and the power loom as its emblems—to the digital era of the 21st century, each stage has redefined the concept of progress. Today, artificial intelligence (AI) and quantum computing usher in a new revolution that, in the field of public health, offers unprecedented possibilities.

The traditional epidemiological model, based on the retrospective analysis of mortality and morbidity data, presents structural limitations that prevent a timely and predictive health response. Public health plans formulated on historical records do not reflect current realities or the territorial differences between urban and rural populations, such as those existing between a young person from the Rosales neighborhood in Bogotá and one from indigenous communities in Urrao, Antioquia.

Given this outlook, the author proposes the concept of quantum-supported epidemiology: an integrative model that combines AI, big data, quantum computing, and real-time epidemiological surveillance. This approach would allow for the generation of early warnings, predictive algorithms for outbreaks and epidemics, continuous monitoring of vital signs, and coordinated intersectoral interventions among hospitals, health secretariats, educational institutions, and communities.

Through an illustrative case in a municipality in northern Urabá, the article demonstrates how this system could simultaneously detect and manage risks such as attempted suicide and child sexual abuse, activating clinical protocols, educational campaigns, community alerts, and supply acquisition strategies, all in an automated and real-time manner.

Although the model faces technical, bioethical, and cybersecurity challenges, the authors conclude that its pilot implementation in small municipalities is both feasible and urgent. Quantum-supported epidemiology is not a utopia: it is the next logical step in the history of human innovation applied to collective health.

Keywords: artificial intelligence, quantum computing, epidemiology, public health, big data, epidemiological surveillance, health innovation, Primary Health Care.

Todas las etapas de la humanidad han conllevado innovaciones maravillosas. Hace más de 300 mil años el cerebro del *Homo sapiens* perfeccionó herramientas para la caza y para adaptarse al medio ambiente hostil (1). Nuestros antepasados utilizaron las puntas de huesos y las piedras afiladas. Luego fabricaron flechas, lanzas y otros elementos cortantes y contundentes para desmembrar a los animales atrapados y también para procesar pieles y carne que les ayudaron a conquistar el frío (2). Miles de años después, los arcos y las flechas dieron paso, en medio de un estilo de vida nómada, a la domesticación de las semillas y con ello, al inicio de la agricultura (3). Fue otra gran innovación de nuestra especie. De nuevo, una serie

de herramientas y habilidades empezaron a desarrollarse y siglos después, se fundaron las primeras ciudades.

Se estima que la primera ciudad de la humanidad fue Uruk, creada hace unos 6 mil años y ubicada en la antigua Mesopotamia, entre los ríos Tigris y Éufrates, hoy sur de Irak. (4). Sin duda, una de las herramientas más avanzadas de estos primeros ciudadanos fue la escritura cuneiforme, que data de 3.200 a.C. y que se utilizó inicialmente para fines contables de cosechas y siembras (5). El diseño de nuevas herramientas para la agricultura, la incipiente domesticación de los animales y la protección de la salud empezaron a dejar testimonios escritos hace sólo unos 5 mil años en la cultura Sumeria (6). Un “parpadeo” para los más de cuatro mil millones de años que tiene nuestro planeta (7).

Mucho más cerca de nosotros que de esa época antigua de reyes, palacios y súbditos, podemos identificar las grandes etapas de la innovación humana. Mencionaremos en este artículo cuatro grandes momentos. Todos decisivos, sorprendentes y magníficos.

El primero de ellos es la Revolución Industrial. Un momento en la historia que tiene cerca de 230 años y que se fundamentó en usar máquinas para reemplazar la fuerza de manos, brazos y piernas de los seres humanos (8). La máquina de vapor de James Watt en 1769, el telar mecánico de Edmund Cartwright en 1784 y la desmotadora de algodón de Eli Whitney en 1793 son inventos fabulosos de ese período de industrialización caracterizado por abundancia de carbón y de hierro (9)]. Los trabajadores agrícolas se mudaron cada vez más a las ciudades para trabajar en las nuevas fábricas y se mejoraron los sistemas de transporte y las técnicas de comercio, aunque todo esto generó altos niveles de contaminación en las ciudades (10)], así como brotes y epidemias (11).

La industrialización trajo consigo jornadas de trabajo extenuantes, llegando a superar las 16 horas al día y entre los obreros con más accidentes y muertes en el trabajo se encontraban a los niños, que hacían parte de esta mano de obra mal

remunerada y abusada en casi todos los casos (12). Inglaterra adoptó esas primeras tecnologías y por eso, junto a otros avances científicos, ocupó un lugar privilegiado en la historia reciente de nuestro planeta. Sin duda los chinos y otros países asiáticos también tenían grandes avances en matemáticas, en química y en arquitectura, entre otras áreas del conocimiento (13). Sin embargo, la industrialización como la conocemos en occidente, se debió en gran medida al Reino Unido y sus adelantos para transformar las empresas y la dinámica económica por medio de las máquinas.

El mundo occidental copió y mejoró paulatinamente estas tecnologías. De hecho, el primer vehículo para el transporte de personas se creó en Alemania por Carl Benz en 1885 (14). Su maravillosa innovación no hubiera sido posible sin las bases del conocimiento importado de Inglaterra sobre los mecanismos, las poleas, los pistones y el vapor. Obviamente, tampoco habría tenido éxito si su esposa Bertha no se hubiera arriesgado a probar el invento en un recorrido que realizó al lado de sus hijos y que conectó dos ciudades en un histórico viaje de 105 kilómetros (La ciudad de partida fue Mannheim y la de llegada fue Pforzheim). Ella misma hizo varias reparaciones al motor en esa travesía (limpió una válvula con una pinza de su cabello) y utilizó ligroína (un derivado del petróleo que se vendía en boticas como desinfectante) para completar su misión (15).

La revolución industrial determinó el futuro de las naciones. Aquellas que tenían máquinas y tecnologías se convirtieron en las líderes del mundo. Las demás, dependían de dicha maquinaria, de sus repuestos y de la financiación bancaria para comprarlas y avanzar. Desde entonces, los países pobres siguen comprando tecnología e innovaciones a un elevado costo y el ciclo se repite década tras década.

La segunda revolución fue la aportada por la electricidad (Edison y Tesla) y los motores de combustión interna (16). Los días se extendieron, la producción de las empresas se multiplicó, se generaron millones de puestos de trabajo y se dinamizó la economía a lo largo y ancho del planeta. Las

hidroeléctricas surgieron por todas partes y todos los procesos posibles para llevar electricidad a los hogares, a las empresas y a los centros de trabajo se convirtieron en un signo distintivo del progreso y del desarrollo social. La electricidad mejoró la calidad de vida, favoreció la masificación de inventos geniales como el telégrafo (1838), el teléfono (1876), el ventilador (1882), la lavadora (1908), la nevera (1913) y el televisor (perfeccionado en 1936), entre otros (17).

Después de esta radical transformación en la forma y calidad de vida de las familias y sumada a los avances propios de la Segunda Guerra Mundial, llegó la tercera revolución: la era digital. Esta etapa se inicia aproximadamente en 1940 e incluye la invención de los computadores con el ingeniero alemán Konrad Zuse y el matemático inglés Alan Turing (18), y luego con el invento de los microprocesadores en 1971, se da paso a la creación de los computadores personales, el software para oficinas en 1980, se creó el correo electrónico en 1990 y a partir del año 2000 comienzan los smartphones, las redes sociales, el uso habitual del GPS (Sistema de Posicionamiento Global, por sus siglas en inglés), las impresoras 3D y el almacenamiento de millones de datos en la nube, entre otros (19). Los teléfonos celulares, las tabletas y los nuevos productos, que tienen en conjunto unos treinta años de historia, han modificado tanto nuestra realidad, que hoy día en las grandes ciudades es muy pequeño el porcentaje de habitantes que realmente se consideran desconectados de esta realidad tecnológica (20). De hecho, tecnologías llamativas para nuestros padres (y algunos de nosotros) como el teléfono fijo, las máquinas de escribir, el fax, las impresoras de punto, el walkman y las cámaras digitales, ya son anacrónicos.

La nueva generación de niños del siglo XXI nació en medio de la era digital y cuentan con habilidades increíbles para ingresar y moverse por redes sociales. Además, dominan el uso de celulares, de computadores y los juegos de vídeo, entre otros. Quienes hicimos parte de la transición entre lo análogo y lo digital muchas veces admiramos la gran velocidad a la que cambian estos dispositivos (tienen más capacidad de almacenamiento de

datos, mayor duración de las baterías, mayor potencia y más nitidez de las imágenes, etc.), y al mismo tiempo, nos asombra el alto costo de estos productos que en nuestra infancia y adolescencia jamás hubieran sido considerados como obsequios alcanzables por nuestros padres. Y la actual revolución, la más impactante de todas, la estamos viviendo en la actualidad. Se trata nada más y nada menos del inicio de la Inteligencia Artificial (IA) y todos sus complementos.

Vamos a tratar de explicar algunas limitaciones que tiene el enfoque de salud pública de la actualidad y los impactos increíbles que la nueva revolución puede llegar a tener en la medicina y en la salud colectiva si se integra con teorías de mecánica cuántica.

Pensemos solo por un instante en la realidad de un médico destacado de la Edad Media en medio de la epidemia por la peste negra. Él y sus colegas explicaban con vehemencia ante los reyes, la corte y sus graves pacientes, el origen de esa mortal enfermedad desde una óptica mágica y religiosa. Sus explicaciones en aquel entonces fueron aceptadas y sus tratamientos seguidos al pie de la letra. Aun así, más de un tercio de la población europea falleció por la epidemia (21). No podían sugerir otro enfoque, pues ignoraban la compleja relación que existe entre el ser humano, los microorganismos, las condiciones de higiene y el uso de agua limpia, que hoy conocemos en detalle.

Los puntos de vista de aquellos “sabios galenos” se desmoronaron muchos años después cuando aparecieron intelectuales como Louis Pasteur en Francia y Robert Koch en Alemania. Este último descubrió la bacteria causante de la tuberculosis en marzo de 1882 (para ese momento, en Alemania, fallecían cerca de 120.000 personas por tuberculosis al año), y sus teorías revolucionarias sobre la microbiología transformaron la medicina. Inició así el enfoque científico que se extendió por toda Europa, en América y en el resto del planeta. Los avances científicos de hoy derrumban las teorías (defendidas a capa y espada) de años anteriores y lo más apasionante, es que ese nuevo resultado da pie a un trabajo de verificación que refuta el

hallazgo para dar comienzo a una nueva exploración científica. Ese ciclo repetitivo que integra la hipótesis con el experimento, la formulación de la teoría con el proceso de verificación es parte de la naturaleza humana y nos reta una y otra vez a ser mejores.

En esa búsqueda de la verdad clínica (signos y síntomas) y epidemiológica (origen y factores de riesgo de la enfermedad), empleamos desde hace muchos años las herramientas de la evidencia científica: los casos clínicos, los estudios descriptivos, los estudios de casos y controles, los de cohorte, los estudios experimentales de alto rigor metodológico y los metaanálisis. Sin duda, todas estas herramientas para la investigación nos aproximan a la realidad del proceso salud-enfermedad y a fe que ya tenemos una mejor comprensión de casi todas las enfermedades que afectan al ser humano a lo largo de su curso de vida, desde la concepción, el parto, la infancia, la adolescencia, la adultez y hasta la vida adulta mayor.

Algunas enfermedades siguen siendo un gran misterio, pero en términos generales, reconocemos la mayoría de ellas y tenemos expertos mundiales que, junto a sus colegas a lo largo y ancho del planeta, ya develaron para cada enfermedad su origen genético y sus factores de riesgo, así como la batería diagnóstica necesaria para identificar los criterios que la confirman y determinaron, en un consenso internacional, los protocolos de atención. Incluso, ya estimaron con alta precisión el pronóstico de los pacientes a corto, mediano y largo plazo. Pertenecemos a la generación de profesionales de la salud más conectados entre sí, con los mejores conocimientos científicos de la historia humana y con el mayor arsenal terapéutico y tecnológico que jamás imaginaron los médicos más avanzados de Egipto o de Atenas hace más de tres mil años.

Por eso mismo, en medio de los avances tecnológicos del siglo XXI y con la llegada de la nueva revolución: la Inteligencia Artificial (IA) y el big data, es completamente pertinente debatir las teorías científicas y entre ellas, los procesos de la epidemiología tradicional. Para nosotros es casi una urgencia.

Llevamos décadas en Colombia (y en el mundo), contando los muertos y los enfermos, analizando cifras y datos históricos relacionados. De hecho, destinamos grandes esfuerzos del personal de las clínicas, de las secretarías locales de salud y de las empresas aseguradoras para generar información estadística sobre el *estado de salud-enfermedad* de una población con base en los registros de años anteriores. Pocas veces elaboramos mapas de riesgo, reportes epidemiológicos o análisis de la situación de salud de los municipios con los datos presentes y, con menos frecuencia, podemos predecir eficientemente el comportamiento de una enfermedad (eventualmente, algunos brotes y epidemias permiten esa modelación. Así ocurrió con Covid-19).

Por eso es lógico y pertinente proponer una reflexión importante: ¿los planes y programas de salud pública que diseñamos se deben formular según los análisis históricos de los registros de mortalidad y de morbilidad?

Mantener este enfoque de intervención sanitaria en la población genera grandes sesgos. Entre otras cosas, porque los muertos y los enfermos no siempre representan un porcentaje significativo de la población. En la mayoría de los municipios medianos y pequeños de Colombia – el país tiene 1.100 municipios y de ellos, cerca del 92% cuenta con menos de 50.000 habitantes –, la mortalidad infantil corresponde a eventos muy raros que tienen reportes históricos bien documentados desde hace unos 20 años. Sin embargo, sobre la salud mental de los jóvenes, persisten enormes vacíos de información que son más significativos en las áreas rurales dispersas.

Es necesario hacer un alto en el camino y determinar si los planes de salud pública que preparamos para los jóvenes del país los podemos plantear con base en el análisis de las cifras de morbilidad obtenidas de las zonas urbanas de Bucaramanga, de Medellín o de Santiago de Cali en donde conocemos mucho mejor el comportamiento del embarazo en adolescentes, la prevalencia de enfermedades de transmisión sexual, el intento suicida, o el inicio en el consumo de sustancias psicoactivas

en el último año. Las realidades de salud mental en jóvenes indígenas de las zonas rurales en Urrao (Antioquia) o de Acandí (Chocó), son muy diferentes de aquellos que viven en el barrio Rosales de Bogotá, que estudian en colegios bilingües y que estuvieron de intercambio en Canadá el año pasado. No parece apropiado determinar el estado de salud de una población con base en algunos datos estadísticos pasados que corresponden a una sola porción de la comunidad. Haciendo la analogía, un médico internista no se atrevería a emitir un concepto clínico de un adulto mayor que ingresa a su consultorio con resultados de un hemoleucograma, de perfil lipídico y de una glucemia que se realizaron un año atrás.

La propuesta: una epidemiología con soporte cuántico.

Con las nuevas herramientas tecnológicas como la IA y el big data, podemos identificar más claramente los patrones de comportamiento de una población. Se puede analizar el crecimiento demográfico con más precisión, así como determinar la movilidad de peatones y de vehículos, identificar los mercados con más crecimiento económico e integrar en un mismo modelo matemático variables que influyen en el acceso a la educación, en la calidad de vida, en la cobertura de servicios de salud, en el uso del tiempo libre, en la participación en redes sociales por grupos de edad, en la conexión de los servicios públicos y en la predicción del clima, entre muchas más.

Siendo así, ¿Por qué limitar el análisis epidemiológico con algunas cifras históricas? Ya es el momento de dar un paso gigante en la elaboración de planes y programas de salud pública con una herramienta más contundente: *la epidemiología con soporte cuántico*.

Lo cuántico está de moda. Sus bases teóricas se remontan a muchos años atrás, sus protagonistas han sido galardonados con el Premio Nobel y ahora, sus principios son mencionados cada día en muchos círculos académicos y en las redes sociales.

La teoría cuántica también se conoce como mecánica cuántica. Es un área de la física y sus principales objetos de estudio son los elementos a nivel microscópico (átomos, electrones y moléculas). En palabras del físico Marcelo Knobel, profesor del Departamento de Física de la Materia Condensada y del Instituto de Física Gleb Wataghin, de la Universidad Estadual de Campinas (Unicamp), “Se trata del estudio de la naturaleza, los materiales, todo lo que conforma nuestro universo en la escala más pequeña que podemos identificar, que es la escala atómica molecular” (22).

En esa escala cuántica, según Knobel, “ocurren diferentes fenómenos en comparación con el funcionamiento de nuestro mundo, que se llama macroscópico, un mundo que es lo suficientemente grande como para ser observado a simple vista”.

La Universidad de Los Andes trajo al país el primer computador cuántico hace pocos meses. Es un computador de la marca Spin Q, modelo Gemini Lab y funciona con la técnica de resonancia magnética nuclear. Su diferencia en capacidad, velocidad y seguridad en el procesamiento de la información con respecto de los computadores tradicionales es abismal. En los últimos hay transistores y bits que son sus componentes fundamentales. Los bits representan unidades de información digital que pueden tener dos estados: 0 o 1. En los chips actuales, millones de transistores trabajan juntos para realizar cálculos (23).

Pero no hay bits en la computación cuántica. Hay qubits, que es la unidad básica de información cuántica que sigue el principio de incertidumbre de Heisenberg (principio de la mecánica cuántica que establece que no es posible conocer con exactitud la posición y el momento de una partícula al mismo tiempo), y en estos computadores, los qubits pueden estar representados físicamente por electrones, fotones u otros sistemas cuánticos, que aprovechan fenómenos como la superposición y el entrelazamiento para realizar ciertos cálculos de manera más eficiente que los computadores clásicos. Esta capacidad de trabajar con múltiples estados simultáneamente abre nuevas posibilidades para resolver problemas complejos (24).

Por ejemplo, determinar la molécula más eficiente para reducir el deterioro de las neuronas en la demencia senil requiere múltiples y costosos ensayos de laboratorio. Con apoyo de la computación cuántica se podrán desarrollar simulaciones de sistemas biológicos que diseñen un nuevo compuesto bioquímico para mejorar la memoria y que, además, lo hagan en un tiempo reducido y a menor costo. El computador cuántico procesará miles de modelos matemáticos simultáneos y seleccionará el mejor de ellos para crear el avanzado medicamento. Será similar para la creación de nuevas vacunas, para antibióticos de nueva generación, para mejores fórmulas de quimioterapia que no generen efectos secundarios y para analgésicos más potentes, seguros y rápidos.

De igual forma, la computación cuántica permitirá la generación de algoritmos predictivos de brotes y epidemias según la época del año, el flujo de la migración poblacional, el cambio climático, las zonas de conflicto armado, las coberturas de vacunación en la población o el aumento de vectores o factores de riesgo ambiental, entre otros. Tendremos a un clic de distancia la predicción de muertes y de enfermedades en los países y en sus municipios. Innahealth SAS., es una Startup de Colombia que trabaja junto a la empresa Sybil Tecnología SAS. en el diseño de un sistema de reconocimiento de imágenes con IA y **big data** para fortalecer la vigilancia epidemiológica de eventos de interés en salud pública al interior de los sistemas masivos de transporte. También desarrolla un software de IA en compañía del físico Carlos Augusto Galíndez, PhD., del Grupo de Óptica Cuántica de la Universidad del Valle, para generar algoritmos predictivos que sugieran acciones costo efectivas en los Puestos de Mando Unificado (PMU) durante los casos de emergencias y desastres

Otra línea de acción es la conexión en tiempo real de la histórica clínica en las instituciones de salud con laboratorios propios o los de la misma red aseguradora de salud, con los dispositivos biomédicos ambulatorios (por ejemplo, los equipos de oximetría, de presión arterial, de temperatura, de actividad física, de tiempo de sueño y de monitoreo de niveles de glucemia), y con otras instituciones que

realizan exámenes de rayos x, ecografías, tomografías y resonancias magnéticas. La integración de esta información epidemiológica y clínica con las entidades de vigilancia y control permitirá el procesamiento de datos inmediatos y de esa forma, se registrarán eventos de interés en salud pública en tiempo real las 24 horas del día y sin depender de un técnico o un profesional en gerencia de sistemas de información que diligencie las fichas epidemiológicas.

Tampoco será necesario que un profesional genere las tablas, los gráficos o los mapas de riesgo. Se harán en forma automática y las alertas tempranas de brotes y epidemias se activarán de inmediato y llegarán por mensajes de texto, por correo electrónico o vía WhatsApp a todos los encargados de la salud pública de una alcaldía, de un hospital, de una seccional de salud o a los referentes de vigilancia epidemiológica del Ministerio de Salud.

Las ciudades inteligentes (*Smart Cities*) tendrán sistemas de movilidad, de seguridad y de atención de accidentes de tránsito integrados con apoyo de la IA y Deep Learning. Esta herramienta tecnológica permitirá la optimización de la atención de emergencias con remisión oportuna a los servicios de urgencia mejor preparados para cada situación. Los dispositivos biomédicos para monitorear los signos vitales de pacientes en estado crítico (<https://www.youtube.com/watch?si=6G26mMPzgrJhbu9w&v=1HYREH43ujl&feature=youtu.be>), los drones y las ambulancias utilizados en la atención de estas situaciones complejas estarán conectados entre sí y permitirán que los médicos urgentólogos y otros especialistas puedan reconocer la situación clínica de los pacientes antes de que lleguen a la sala de urgencias.

Con ello, los especialistas conectados a la atención de la emergencia podrán sugerir intervenciones urgentes a los técnicos de atención prehospitalaria para mejorar la tasa de sobrevivencia, solicitar con antelación reservas de hemoderivados (glóbulos rojos, plasma o plaquetas), en el banco de sangre y disponer a tiempo de elementos de ortopedia y de traumatología antes de que el paciente ingrese al servicio de cirugía. Todas estas intervenciones

integradas permitirán una mejor atención de la “Hora Dorada”, entendida como los primeros 60 minutos después de un accidente o lesión grave donde la atención inicial que reciba un paciente durante este tiempo resulta determinante para su evolución clínica. Esto llevaría a mayores oportunidades de sobrevivencia, menores tasas de secuelas y reducción de los costos hospitalarios, entre otros beneficios al paciente, al sistema de salud y a la sociedad.

En la epidemiología con soporte cuántico no sólo se observarán datos o estadísticas históricas. Esta información es muy valiosa, pero en este nuevo enfoque, la información de mortalidad y morbilidad de meses o de años atrás se complementará con la que está ocurriendo en tiempo real durante la atención de urgencias de un adulto mayor con crisis hipertensiva, en la consulta externa de un niño con virosis en una brigada de salud comunitaria realizada en una vereda a tres horas del hospital local o en la atención de una adolescente que ingresa a urgencias en trabajo de parto. Toda esta información queda consolidada en el software en tiempo real y junto a los datos históricos, permite generar algoritmos predictivos que se integran a las variables climáticas, a las económicas, a las laborales, a las educativas, a las de violencia y a las demográficas, entre muchas más.

Con la epidemiología con soporte cuántico, el alcalde, el secretario de salud, el gerente de un hospital local, el gestor del riesgo en una empresa aseguradora, el médico general de un centro de salud, el encargado de una empresa de dispositivos biomédicos o de una farmacéutica e incluso el Ministro de Salud, podrán conocer en tiempo real la situación epidemiológica de un municipio. Podrán mirar en su teléfono móvil o en su computador, los antecedentes históricos de uno o de varios eventos de interés en salud pública, como por ejemplo el embarazo en adolescentes, que no es una enfermedad, pero sí constituye un evento de gran interés en salud pública. Además de la morbilidad y la mortalidad históricas (de años atrás), que se presentará con gráficas, tablas y mapas de riesgo, estarán disponibles los datos actuales del mismo evento (desde la última semana epidemiológica hasta el

momento de la solicitud de la información).

De igual forma, el responsable de los programas de promoción y prevención de ese municipio podrá acceder a los patrones de comportamiento esperados para un evento en salud en los próximos meses o años, es decir, al comportamiento predictivo según algoritmos avanzados. La epidemiología con soporte cuántico lo ve todo hacia atrás, muestra el presente en tiempo real y predice lo que ocurrirá con altas probabilidades de éxito. En estos detalles se parece al principio de la computación cuántica: puede mostrar el pasado, el presente y el futuro en forma simultánea y con ello, crea un mapa más completo del comportamiento de un evento sanitario.

Pero además de estas ventajas, que ya de por sí son disruptivas y avanzadas, el sistema que utiliza la epidemiología con soporte cuántico puede presentar evidencias científicas, sociales, ambientales, económicas y hasta artísticas para que las autoridades en salud (encabezadas por el mismo alcalde y su secretario de salud), intervengan la situación diagnosticada. Esto significa un cambio total en la gobernanza en salud, esto es, gobernar con transparencia, de cara a la comunidad y a los líderes sociales, y en el modelo de Gobierno Digital propuesto por nuestro país y que ya es destacado en otras latitudes.

En pocos años, un alcalde podrá recibir junto con otros profesionales autorizados por él, una notificación a su teléfono o al correo electrónico, que le reporta sobre los altos riesgos de dos eventos de interés en salud colectiva: el intento de suicidio en mujeres solteras mayores de 25 años y el riesgo del abuso sexual infantil en menores de siete años. Ambos eventos se presentan en su pantalla con gráficas y mapas de riesgo que sugieren un patrón de alta prevalencia en dos barrios del casco urbano y en una vereda ubicada a tres horas de distancia del centro del municipio.

Una vez enviada la alerta de ambos eventos, el software envía simultáneamente a todos los profesionales del hospital local, los protocolos actualizados sobre el intento de suicidio por organofosforados y

sobre el abuso sexual infantil que fueron publicados recientemente en la página web del Instituto Nacional de Salud (INS) junto a las mejores evidencias de intervención clínica. El sistema podrá enviar un código QR a los teléfonos móviles del personal sanitario que contiene un enlace de apoyo liderada por una red de psiquiatras y de expertos en abuso sexual, lo que permitirá una asesoría gratuita a los médicos generales y a las enfermeras con poca experiencia en el tema (teleasistencia en tiempo real).

El software de epidemiología con soporte cuántico también verificará que, entre las hojas de vida de los médicos, uno de ellos quien firmó contrato días atrás, no ha presentado su certificado de actualización en el Código Fucsia (protocolo integral para la atención de víctimas de violencia sexual en Colombia). Es un curso obligatorio para los profesionales de la salud. Resolución del Ministerio de Salud 000459 de 2012. Por ello, envía a la encargada de talento humano del hospital, un mensaje de texto para recordar la importancia de solicitar dicho certificado a este empleado por la pertinencia del tema en el municipio.

La persona responsable de la farmacia recibirá a su vez, un requerimiento sobre la necesidad de comprar medicamentos para la depresión y atropina, (medicamento usado como antídoto en intoxicación por organofosforados), así como la necesidad de contar con un kit actualizado para la atención urgente de víctimas de violencia sexual.

El encargado de la Junta de Acción Comunal de los barrios y las veredas en alto riesgo recibirán en su teléfono móvil algunas recomendaciones sobre señales de alerta asociados a la depresión en adultos y la forma de intervenir desde la comunidad con modelos sencillos de comunicación asertiva. Videos y otros elementos educativos relacionados con los eventos serán sugeridos junto a estos mensajes.

Al mismo tiempo, los profesores de las instituciones educativas de las zonas de riesgo, las madres comunitarias del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF) y los encargados de la Comisaría

de Familia del municipio, recibirán mensajes a su teléfono móvil para que promuevan el cuidado de los niños en relación con el abuso sexual infantil y la importancia de consultar oportunamente si evidencian señales de riesgo.

La oficina de comunicaciones de la alcaldía y del hospital local recibirán la alerta sobre temas importantes y con ello, sugerencias sobre el diseño y la puesta en marcha de campañas educativas para subir a las redes sociales del municipio y conectar a los influencers que más seguidores tengan en la comunidad para realizar estas intervenciones. Los audios, los videos, los textos y otros mensajes educativos podrán diseñarse con apoyo de la IA. El software sugerirá avatares con características propias de la comunidad y sus gestos, movimientos y mensajes estarán diseñados con base en las mejores evidencias científicas, pero usando un lenguaje sencillo y comprensible.

La secretaría de agricultura municipal recibirá una alerta asociada a un posible incremento en el intento de suicidio en mujeres (usando organofosforados), y con ello activará procesos especiales de control a la distribución de agroquímicos y fortalecerá la recolección de envases usados por los campesinos con rutas autorizadas. Estos procedimientos podrían reducir el acceso de las posibles víctimas a los medios para cometer el suicidio que se predijo por la IA y el big data.

Las mejores recomendaciones sobre intervenciones costo-efectivas para estos temas de salud mental serán enviadas a las autoridades locales y complementadas con videos, artículos científicos y conferencias de expertos. Se podrá disponer también de la redacción inicial de un proyecto de prevención y atención de los casos para que la alcaldía lo pueda presentar a entidades nacionales, a empresas privadas locales que buscan reducción de impuestos con obras de interés social o incluso, a entidades de cooperación internacional que contribuyan a la solución de estos problemas de salud pública. Redactar estos documentos en otros idiomas será posible e instantáneo. Las matrices de proyectos de cooperación internacional varían de una entidad a otra, pero siguen patrones

comunes que el software de epidemiología con soporte cuántico podrá diligenciar. Por ejemplo, los antecedentes epidemiológicos (gráficas, mapas, datos poblacionales, etc.), los lineamientos jurídicos sobre el tema a intervenir, la justificación del proyecto, los objetivos, el cronograma y el presupuesto estimado en dólares o en moneda local. Lo anterior facilitará el proceso de redacción de un proyecto presentado agencia de filantropía internacional o para empresas privadas.

Todo aquello relacionado con la generación de datos, mapas de riesgo, fichas epidemiológicas, actualización en protocolos clínicos, campañas educativas basadas en evidencia, intervenciones sociales, búsqueda de aliados estratégicos y asesores nacionales o internacionales estarán integrados en una matriz de fácil consulta y lectura por el alcalde y su equipo de apoyo en la secretaría de salud o en el hospital local. Se usarán comandos de voz para solicitar la información y generar órdenes al sistema. (Ver <https://www.youtube.com/watch?v=pDFqp70-wUY>).

De igual forma, el mismo sistema arrojará información sobre *la prospectiva* de la intervención a realizar en el municipio. Esto significa, que, según la implementación de las recomendaciones, la epidemiología con soporte cuántico estimará un escenario de alto, de mediano o de bajo impacto resolutorio según el tipo de intervención que se realice. Un alcalde y su equipo decidirán cuál es el escenario más práctico según los recursos disponibles y evaluará los resultados de la intervención días o meses después. Las cifras de mortalidad, de morbilidad o la ausencia de casos serán indicadores definitivos para probar la eficiencia del modelo. La eficiencia de esta herramienta tecnológica requiere de varios años de esfuerzo y de disciplina en la recolección de datos. Sin ellos el sistema no puede operar. Sin embargo, en la medida que todos los sistemas de recolección de la información poblacional de un municipio se articulen, los resultados serán mejores.

En el hospital local los datos de la historia clínica deben integrarse con el del laboratorio, con los equipos de imagenología, los dispositivos

biomédicos de monitoreo, así como con la farmacia, el almacén de suministros y el centro local de atención de emergencias. La secretaría de salud deberá articularse con el hospital local, con los consultorios particulares, con la secretaría de educación, con la secretaría de gobierno, con la de agricultura, con la oficina de deporte, cultura y recreación, con los clubes de vida del adulto mayor, con centros de atención a personas en situación de discapacidad y con los espacios de Comisaría de Familia y el ICBF, entre otras.

La epidemiología con soporte cuántico no está lejos. No es una utopía. Es una herramienta conceptual, es una alternativa científica moderna, revolucionaria y creativa que replantea el trabajo de los epidemiólogos, de los salubristas, de los administradores de servicios de salud, de los tomadores de decisiones sanitarias, de los gerentes hospitalarios, de los ingenieros expertos en IA y big data y también de los líderes de la comunidad.

En municipios con menos de 50.000 habitantes, la articulación de los sistemas de información de todas las entidades es factible y no es demasiado complejo. Plantea eso sí, diferentes retos:

- El procesamiento de millones de datos genera un consumo significativo de energía.
- Es necesario el análisis bioético previo relacionado con la información procesada.
- Se requiere de profesionales que conozcan de programación, dominen herramientas asociadas a IA, **big data**, Deep Learning y las evidencias científicas, entre otros temas, y
- Existe un riesgo significativo al tener un gigantesco volumen de datos sobre salud pública de una comunidad que esté almacenado en servidores o en la nube. Un hacker podría secuestrar esta información, manipularla y eventualmente, bloquear servicios de salud, modificar la entrega de medicinas urgentes, cancelar cirugías electivas, alterar los procesos de atención de emergencias disponiendo de rutas erradas para los servicios de respuesta inmediata, enviar alertas falsas sobre brotes y epidemias

y hasta sabotear los dispositivos biomédicos electrónicos dentro y fuera de una entidad de salud.

Por ello es fundamental que todos los procesos de IA y *big data* se acompañen de modelos de encriptación avanzados que reduzcan el riesgo de un ciberrataque en un sector muy sensible para la toda la comunidad, como es el de los servicios de salud.

Antes que decirle a las autoridades nacionales o internacionales que aprueben o promuevan la epidemiología con soporte cuántico, es mejor hacer un proyecto piloto (o varios de ellos en municipios pequeños), y llevar los resultados contundentes a esos expertos que dan el visto bueno por medio de resoluciones y leyes. Así se podrá masificar en Colombia y el exterior.

Los inventores de la tecnología disruptiva y los avances de la ciencia suelen ir a una velocidad mayor que los abogados y los expertos que diseñan las normas y los protocolos. A veces estos últimos, en su afán de mantenerse “en la zona de confort”, actúan de manera pasiva, negativa o pesimista ante las nuevas ideas y proyectos. Pero la innovación no se puede detener. Nadie contuvo la imprenta de Johannes Gutenberg, ni la pasteurización, ni la venta de automóviles eléctricos o los viajes al espacio. Innovar es tan humano como respirar.

En pocos años, los expertos en epidemiología con soporte cuántico no van a solicitar demasiados permisos a los ministerios de salud. Entrarán con gran determinación como lo hicieron los laboratorios farmacéuticos que años atrás desarrollaron las vacunas contra el Covid-19 en medio de la pandemia. Con soluciones tan contundentes nadie cierra las puertas.

Veremos todo esto convertido en realidad muy pronto. Eso esperamos. ■

REFERENCIAS

1. Barquero Arroyo, M. Ecología del Homo Sapiens y su relación sociocultural. Pensamiento Actual.2017 Jun; 17(28): 152. doi: 10.15517/pa.v17i28.29552

2. Watson P. Ideas: una historia intelectual de la humanidad. Barcelona: Grupo Planeta;2015.

3. Harari Y N. Sapiens: de animales a dioses.10th anniversary ed. New York: HarperCollins; 2025.

4. Proyecto Big History [Internet]. [citado el 7 de mayo de 2025]. Disponible en: oerproject.com

5. Torres Torres E. (2016). El desciframiento de la escritura cuneiforme: un hito que culminó hace 150 años. ISIMU.2007;10:77-97. Disponible en: <https://doi.org/10.15366/isimu2007.10.006>

6. Esquer Espin J. Introducción a la civilización sumeria. Honolulu: Atlantic International University. [citado el 20 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://www.aiu.edu/spanish/introduccion-a-la-civilizacion-sumeria.html>

7. White RS. La edad de la Tierra. Madrid: Ediciones Rialp; 2017.

8. Tinoco SV. La primera revolución industrial. Bol Acad Malagueña Cienc. 2012;43. Disponible en: unirioja.es

9. Escudero SP. La Revolución Industrial en Inglaterra: orígenes, realizaciones y consecuencias [Internet]. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2022 [citado el 20 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/58782/TFG-E-1691%20.pdf>

10. Frutos JG. La Revolución Industrial: ¿Por qué primero en Inglaterra? [Internet]. Valladolid: Universidad de Valladolid; 2018 [citado el 7 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/34102/TFG-E-495.pdf>

11. Crevenna PB. Apuntes sobre la evolución de la epidemiología, siglos XIX y XX. Rev Fac Med UNAM. 1983;26(11):512. Disponible en: unam.mx

12. Escobar Herrero FB. El trabajo infantil desde la revolución industrial hasta la actualidad [Internet]. Santander: Universidad de Cantabria; 2012 [citado el 7 de mayo de 2025]. Disponible

en: <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/2050/%5B2%5D%20Escobar%20Herrreo%20F%20B.pdf>

13. Garza-Almanza V. Joseph Needham y la Ciencia de la Antigua China.CULCyT. 2016;(59). Disponible en: unirioja.es

14. UNESCO. Patent DRP 37435: Vehicle with gas engine operation submitted by Carl Benz, 1886 [Internet]. Memory of the World; [citado el 7 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://www.unesco.org/es/memory-world/patent-drp-37435-vehicle-gas-engine-operation-submitted-carl-benz-1886>

15. Almirón C. Bertha Benz revolucionó la historia del automóvil con un solo viaje [Internet]. Infobae. 1 de mayo de 2025 [citado el 8 de agosto de 2025]. Disponible en: <https://www.infobae.com/historias/2025/05/01/bertha-benz-revoluciono-la-historia-del-automovil-con-un-solo-viaje/>

16. Vásquez C, et al. Nikola Tesla y la batalla de las corrientes. Publ Cienc Technol. 2019;13(1):64–72. Disponible en: unirioja.es

17. Sánchez R. Descubrimientos: innovación y tecnología siglos XX y XXI. Barcelona: Lunwerk Editores; 2010.

18. Yébenes JAV. Alan Turing y el origen de la inteligencia artificial: la superación de la intuición. Nat Libertad. 2024;(18). Disponible en: unirioja.es

19. Aguilar LJ. Computación en la nube: notas para una estrategia española en cloud computing. Rev Inst Esp Estud Estrateg. 2012. Disponible en: unirioja.es

20. Rodríguez Rivera JG, Terrones RP, Rodríguez Zúñiga MA, García JC. Ciudades inteligentes e Internet de las cosas: propuestas y casos de uso [Internet]. Durango: Universidad Pedagógica de Durango; 2022 [citado el 7 de mayo de 2025]. Disponible en: <https://upd.edu.mx/PDF/Libros/CiudadesInteligentes.pdf>

21. Urteaga L. Miseria, miasmas y microbios: las topografías médicas y el estudio del medio ambiente en el siglo XIX. Geo Crit. 1980;(29).

22. National Geographic. ¿Qué es la teoría cuántica? [Internet]. 9 de febrero de 2023 [citado el 20 de agosto de 2025]. Disponible en: nationalgeographicla.com

23. Laguna M. El primer computador cuántico llega a Colombia [Internet]. Bogotá: Universidad de los Andes; 27 de noviembre de 2024 [citado el 20 de mayo de 2025]. Disponible en: https://www.uniandes.edu.co/es/noticias/ciencias-aplicadas/el-primer-computadorcuantico-llega-a-colombia_

24. Ordóñez JL. Computación cuántica. Rev Digit ACTA [Internet]. 2023 [citado el 7 de mayo de 2026]. Disponible en: https://www.acta.es/medios/articulos/informatica_y_computacion/160001.pdf