
De los algoritmos a la salud. La inteligencia artificial en la atención sanitaria

Norma A. Padrón

Hace unos meses compré una máquina Nespresso. Pertenece a la línea VertuoLine, que se adapta al gusto de los estadounidenses por el café filtrado al tiempo que sirve los característicos expresos de Nespresso con su exquisita crema. Es una máquina bonita. Tiene un remate cromado y un estilizado diseño que le confieren un aire «inteligente». Y, en efecto, lo es, ya que «lee» automáticamente las líneas de las cápsulas, «sabe» si se trata de una cápsula de expreso o de café filtrado y, acto seguido, lo «hace». A pesar de sus fascinantes capacidades, recibe información a través de un único botón (que yo puedo presionar), que ella utiliza a su vez para comunicarse conmigo (mediante una luz intermitente). Cada mañana tenemos activas «conversaciones». La pongo en marcha presionando el botón, y la máquina me «comunica» que está calentando el agua (mediante un parpadeo de la luz que dura unos segundos). Inserto la cápsula, la máquina la «lee» y prepara el expreso o el café filtrado más delicioso. Todo perfecto. No se ha equi-

vocado ni una sola vez. En cambio, sí que *me dice* cuándo *yo me he equivocado* emitiendo un doble parpadeo seguido por una luz fija que indica error del usuario. En otras palabras, es la inteligencia artificial que me hace notar mi estupidez natural en los destellos intermitentes de un botón. La experiencia parece «inteligente» porque yo me «comunico» con una máquina, y ella conmigo.

Hoy en día somos al mismo tiempo demasiado indulgentes y demasiado estrictos a la hora de definir qué es «inteligente» y qué no lo es. Solicitar un coche a través del móvil, pedir a Siri que llame a tu madre o recibir recomendaciones personalizadas de películas de Netflix para pasar la noche en casa se consideran ejemplos de ofrecimientos *inteligentes* de productos. Son oportunos, prácticos, *casi siempre* fiables y están al día. Mi máquina Nespresso, por supuesto, es *muy* inteligente. He aquí apenas un par de ejemplos de las todavía muy incipientes formas de inteligencia artificial. Sin embargo, todas estas clases de «entendimiento» o «inteligencia» se sirven de un truco que tiene varios milenios de antigüedad: la recopilación de datos de múltiples fuentes. En el contexto de la medicina, por ejemplo, la Enciclopedia Británica cuenta que tender al enfermo en la calle para que cualquier transeúnte pudiese dar su opinión era una costumbre en Babilonia. Efectivamente, el *crowdsourcing*, o la colaboración en masa, en medicina existía antes del año 3.000 a. C.

Por otra parte, el empleo del fax para mandar o recibir historias clínicas (una tecnología que no se generalizó hasta la década de 1960), el acceso fácil a nuestros datos médicos a lo largo del tiempo (los historiales clínicos no se digitalizaron hasta finales de la década de 1990) o el conocimiento perfeccionado de la evolución de la salud individual son ejemplos de problemas considerados «tontos». La opinión mayoritaria es que, ahora que estamos a las puertas de la segunda década del milenio, esos problemas no deberían existir. Nos parece que, a estas alturas, la tecnología ten-

dría que haberlos resuelto, y que deberíamos disponer de soluciones «inteligentes» para ellos. ¿Por qué no podemos conseguir en lo que se refiere a la atención médica las mismas facilidades que en tantos otros aspectos de la vida? ¿Por qué razón, en el caso de la salud, nos encontramos tantas veces con situaciones que pueden recibir muchos calificativos, pero nunca el de «inteligente»?

Mi tesis es que, en la práctica, en la atención sanitaria hemos alcanzado la era de los «problemas inteligentes» casi sin darnos cuenta. En consecuencia, las soluciones inteligentes nos rehúyen, debido sobre todo a que el listón está más alto que en cualquier otro sector y a que, además, no se mantiene fijo. Actualmente, la asistencia sanitaria se enfrenta a problemas tan intrincados, en los que intervienen sistemas tan complejos –tan humanos, en realidad–, que resolverlos nos corresponde exclusivamente a nosotros, con toda nuestra *humanidad*. Esto plantea un auténtico reto a la capacidad humana de utilizar el sentido común antes de que estemos preparados para cualquier clase de intervención artificial, inteligente o no.

El difícil e inteligente problema de la salud

Desde 1900, la esperanza media de vida en el mundo se ha multiplicado por más de dos, y tanto en este aspecto como en el de la salud, seguimos haciendo grandes progresos. Hace 12 años, en un trabajo publicado en *Science Magazine*¹, Oeppen y Vaupel desmontaron el mito de que la *esperanza de vida tiene un límite*. Los científicos señalaban que se había demostrado que todos los «expertos» que habían afirmado que la duración de la vida se estaba acercando a su techo se habían equivocado, y que, en los últimos 160 años, la esperanza de vida había llegado a prolongarse de manera constante en un trimestre por año. Esto significa que, como

mínimo en esta variable concreta –que podemos calificar de fundamental, ya que se trata de la duración de la vida– hemos superado todas las expectativas.

Y ahí reside el quid de la cuestión cuando nos referimos a la repercusión de las tecnologías actuales y futuras sobre la atención médica. El análisis de los datos de un sondeo llevado a cabo en once países mostró que, en realidad, la «satisfacción» individual con el funcionamiento del sistema de salud significaba «muchas cosas»². Los investigadores llegaron a la conclusión de que, en la práctica, mejorar la satisfacción general con un sistema de salud *podía quedar fuera del control directo del sistema*. De hecho, la implementación de la tecnología, la ciencia y el conocimiento ya ha tenido efectos significativos en la salud humana, en parte (quizá sobre todo) debido a que no se ha limitado a su aplicación médica, sino a la planificación y administración pública de todos los demás aspectos de la vida, lo cual ha tenido como resultado mejoras en la calidad de vida, la nutrición, la vivienda, las instalaciones sanitarias³ y, en última instancia, la salud.

Es probable que, mientras se escribe la historia de cómo y cuándo las soluciones inteligentes, incluida toda clase de tecnología artificial, llegan en todo su alcance a la asistencia sanitaria, el aspecto clave resida en la gestión y el cumplimiento de las expectativas, a menudo en mutuo conflicto. La respuesta a la pregunta de si alguna vez llegaremos a considerar «inteligente» la prestación de servicios sanitarios depende de nuestra capacidad de gestar las innovaciones y los avances a partir de una ciencia de datos que concuerde con nuestro ideal cambiante de la salud. Como señalaba Jim Gray:

El primero, el segundo y el tercer paradigmas de la ciencia –el empírico, el analítico y la simulación– nos han conducido con éxito hasta el punto de la historia en el que nos encontramos. La

siguiente oleada de avances e innovación llegará de la mano de la ciencia de datos⁴.

En consecuencia, esta oleada de innovación implicará que permitamos que sean los datos los que nos digan dónde y cómo se puede alcanzar la salud.

La complejidad intrínseca de la salud y los servicios sanitarios los convierten en candidatos de primer orden a convertirse en un campo de influencia de las crecientes posibilidades de computación y la omnipresencia de los datos. En efecto, el movimiento a favor de la incorporación de los denominados *determinantes sociales de la salud* es precisamente reflejo de ello. Décadas de investigación en una larga serie de disciplinas (demografía, sociología, salud pública, economía y medicina) han demostrado lo que los médicos ya sabían desde hace milenios: que la salud depende sobre todo de factores ajenos al hospital. De ello se deduce, por tanto, que para resolver eficazmente los problemas de salud son cruciales los datos obtenidos fuera de los hospitales.

Las soluciones «inteligentes» en materia de asistencia médica deberían recopilar datos sobre factores como el transporte, la vivienda, el entorno y las condiciones sociales y económicas, además de datos clínicos. Independientemente de la forma que adopten las soluciones inteligentes, tenemos la sensación de que es posible, de que estamos a puntos de alcanzarlas. ¿A alguien le sorprende que en la tienda de Apple haya casi 50.000 aplicaciones dirigidas a «resolver» las necesidades en materia de atención a la salud?

Y, sin embargo, a pesar de todo el entusiasmo, la tecnología y las capacidades puestos en la salud y la asistencia sanitaria, hay dificultades que se resisten a desaparecer y, por lo tanto, demandan formas de inteligencia humana que no hemos sido capaces de reproducir, tales como la empatía, los juicios emitidos tomando en

consideración factores profundamente individuales, y el conocimiento del contexto en el que se produce el choque entre salud y expectativas. Los procesos que hay detrás de los datos procedentes de diversos sectores –en cuya necesidad para comprender y mejorar la salud estamos todos de acuerdo– son fundamentalmente humanos. Las políticas, las regulaciones, las normas, las percepciones y las expectativas forman un auténtico sistema de sistemas que tenemos que incorporar activamente. Tratándose de problemas de salud, lo que está en juego es de la máxima importancia. Por lo tanto, como es natural, para resolverlos se necesita el máximo nivel de inteligencia.

¿Cómo encontrar soluciones (artificiales) inteligentes en materia de salud?

Como es lógico, las incógnitas más peligrosas son las que desconocemos. A pesar de su complejidad, la transformación del sector de la asistencia sanitaria se producirá –al igual ocurre con todos los sectores– a través de la introducción de cambios en los procesos basados en pruebas. Determinar qué pruebas son necesarias para promover el desarrollo y la mejora iterativa de las soluciones inteligentes en asistencia sanitaria requiere una infraestructura multisectorial y pluridisciplinar de la que todavía no disponemos. En Estados Unidos, por ejemplo, a pesar de que el gasto general en investigación y desarrollo médico y sanitario asciende a más de 100.000 millones de dólares anuales, en 2011 la investigación en servicios de salud representaba una veintava parte de los fondos destinados a la ciencia (aproximadamente 5.000 millones), y los sistemas de salud invertían un 0,1 por ciento de sus ingresos en innovación, mientras que las aseguradoras privadas le destinaban el 0,04 por ciento.

Esto significa que conceptos como *cuidados centrados en el paciente*, *coordinación de la atención* o *interoperabilidad de los sistemas de las*

tecnologías de la información, aunque razonables y esperados desde hace tiempo, parezcan radicales cuando, sencillamente, ignoramos cómo aplicarlos, y el esfuerzo conjunto por estudiarlos, desarrollarlos y ponerlos a prueba es insuficiente. A modo de comparación, Amazon gasta más de 20.000 dólares anuales en I+D⁵.

El compromiso con la investigación aplicada es un atributo central de los sistemas de asistencia sanitaria altamente eficaces⁶. La aplicación de la I+D a la atención médica permitiría el uso disciplinado de principios basados en pruebas y su medición sistemática a fin de identificar y calibrar las prácticas óptimas que se ajusten al marco, la cultura y la población de las organizaciones. Si queremos hacer realidad las soluciones inteligentes en asistencia sanitaria tenemos que invertir sin miedo en I+D.

Los sistemas que realizan una investigación aplicada eficaz no sólo aprenden a prestar a los pacientes una atención adecuada y de alto valor, sino que, en esencia, incorporan a la práctica de la asistencia médica los valores de la objetividad, la responsabilidad, la apertura y la colaboración. También en este caso, el estándar aplicado a la salud y su cuidado es superior al de otros sectores. Tal como señalaban Finkelstein y Taubman en *Science Magazine*⁷:

Las innovaciones en la manera de prestar asistencia sanitaria (por ejemplo, las estructuras de los seguros médicos, las intervenciones dirigidas a estimular que se den los cuidados adecuados, y los enfoques dirigidos a la coordinación de la atención) rara vez se evalúan utilizando metodologías rigurosas. Entre 2009 y 2013 solamente el 18 por ciento de los estudios sobre la prestación de servicios sanitarios en Estados Unidos fueron aleatorios.

Por consiguiente, a la insuficiencia de la inversión en I+D en atención sanitaria se suma el hecho de que las metodologías aplicadas a la investigación de aplicaciones que resulten innovadoras

para las tecnologías del sector no alcanzan el nivel de rigor deseado y, de hecho, necesario. La combinación de un alto grado de optimismo con unas expectativas que no dejan de crecer es muy peligrosa. El caso de Theranos basta para atisbar algunos de los monstruos que acechan en el camino.

*Del laboratorio al paciente, de la célula a la sociedad
y de los algoritmos a la salud*

Los esfuerzos por romper las barreras al conocimiento en materia de asistencia sanitaria han desempeñado siempre un papel decisivo a la hora de potenciar las aplicaciones pioneras de la tecnología y la ciencia. Hoy en día, llevar un posible tratamiento de la idea al mercado puede tardar entre 10 y 15 años y costar hasta 1.000 millones de dólares⁸. Trasladar las innovaciones *del laboratorio al paciente* cuesta tiempo y dinero, pero ha sido clave para el progreso en materia de salud. Además, el papel cada vez más relevante del conocimiento de los fenotipos, es decir, de la interacción entre el genoma y el exposoma (definido como la totalidad de factores no genéticos, incluidos los medicamentos, la dieta, los agentes infecciosos y las sustancias contaminantes), busca efectivamente servirse de los datos a gran escala sobre nuestras células y descubrir aplicaciones de los mismos que permitan mejorar la salud de la población⁹. Se trata, en definitiva, de un movimiento a favor de la investigación y el traspaso del conocimiento *de las células a la sociedad*.

Ambos esfuerzos —el de transformación y el de traslado— de la ciencia han tenido un impacto profundamente positivo en la salud, y van a seguir teniéndolo. Aun así, no están exentos de problemas, y la nueva oleada de innovación aporta importantes complementariedades, al tiempo que añade nuevos retos que afrontar. Uno de

ellos consiste en comprender que el diseño algorítmico y los datos utilizados para diseñar soluciones inteligentes pueden tener importantes implicaciones sociales en múltiples dimensiones, tales como una vivienda digna, las oportunidades económicas y la discriminación. En última instancia, sin control se corre el riesgo de que la inteligencia artificial perpetúe y agudice las desigualdades en materia de salud y amenace a esta última.

Aunque las soluciones aplicadas hasta ahora para hacer frente a las dificultades que plantean la I+D y la comercialización básicas, clínicas y relacionadas con la salud de la población, tales como los comités de supervisión institucionales, las normativas (por ejemplo, los procesos de aprobación de la Administración de Alimentos y Medicamentos) y el control a través de las oficinas de protección del consumidor, no bastan, son un paso en la buena dirección. Un prometedor conjunto de recursos todavía infrautilizado en el sector de la asistencia sanitaria (esperemos que la situación cambie) es la posibilidad de beneficiarse de las plataformas de código y de publicación de datos abiertos.

Los intrincados aspectos institucional y regulatorio de los servicios de salud los convierten en un entorno especialmente complicado para invertir sin miedo en I+D al tiempo que los riesgos se mantienen bajo control, lo cual pone de relieve la urgencia de desarrollar un marco y unos instrumentos abiertos dirigidos a codificar algoritmos de apoyo a las directrices, la predicción y la toma de decisiones en la práctica clínica, comprometidos decididamente con la generación de pruebas obtenidas mediante múltiples disciplinas, así como con la transparencia, que además se extiendan al diseño y la implementación de medidas con el fin de evitar los posibles efectos dañinos de esta nueva oleada de innovación. Efectivamente, en un mundo en el que sabemos que la salud no está determinada sólo por la intervención clínica, cae por su peso que las innovaciones traslacionales aplicables que se alimentan de datos

podrían beneficiarse de una estrategia de «asilamiento de procesos» que abra el campo de pruebas a un grupo más amplio de innovadores procedentes de fuera del ámbito de la asistencia sanitaria.

La adopción la pasada década de plataformas de código y de datos abiertos ha hecho posible que la tecnología experimente y produzca prototipos de soluciones en muchos sectores, tales como el tráfico, la tecnología cívica o la administración pública, entre otros. Algunos factores importantes que han contribuido al éxito de estas plataformas abiertas han sido el enfoque receptivo, unos resultados claros, la autoorganización, las contribuciones verificables y reversibles y la negación del *credencialismo*. Todos ellos facilitan un entorno de pruebas seguro en el que experimentar. La asistencia sanitaria ha sido el único sector especializado en el que el éxito ha sido limitado. La causa son las dificultades con las que tropieza la comunidad para conseguir datos relativos a la salud, entender el *software* de código abierto y los instrumentos para servirse de los datos, así como los resultados requeridos y las limitaciones, conocer las directrices, la normativa y los obstáculos en las diferentes áreas de la asistencia sanitaria, y disponer de un espacio seguro en el que experimentar.

¿Cómo pueden las plataformas abiertas acelerar el avance seguro hacia la inteligencia artificial en la atención médica? Estas son algunas de las soluciones ya a nuestro alcance que pueden resultar de ayuda si su uso se generaliza: 1) las interfaces de programación de aplicaciones para obtener datos de múltiples sectores con repercusiones para la salud; 2) la adquisición de conocimientos sobre las políticas de acceso a los datos e intercambio de los mismos; 3) los ejemplos de prácticas óptimas que ilustren sobre situaciones reales, y 4), los repositorios de código abierto de ejemplos, datos abiertos y productos de datos que utilicen instrumentos como GitHub para facilitar las contribuciones, la experimentación y la sostenibilidad.

Las partes que integran el ecosistema de la asistencia sanitaria –los pacientes, los médicos, las mutuas y las aseguradoras, los distribuidores y los organismos gubernamentales– cuyas necesidades son diferentes y, a veces, opuestas, tienen que colaborar para descubrir las verdaderas posibilidades de avance que ofrecen los algoritmos en materia de salud. Pasar *de los algoritmos a la salud* exigirá una innovación abierta y unos procedimientos perfeccionados que permitan prevenir y hacer frente de manera coherente e ininterrumpida a unos riesgos cada vez más complejos.

La lógica radical de la innovación basada en el valor en la asistencia sanitaria

En 2015, el cardiólogo Eric Topol, fundador y director del Instituto Scripps de Ciencia Traslacional de California, publicó un libro titulado *The Patient Will See You Now* [El paciente le verá ahora]. En él, el especialista habla de la inminente «democratización de la medicina a través de la digitalización móvil, con el teléfono inteligente como centro de operaciones». Ciertamente, tanto el libro como la tesis de su autor son audaces e innovadores, *en lo que a asistencia sanitaria se refiere*. Sin embargo, en cualquier otro sector, hace más de una década que sus propuestas dejaron de serlo.

Hace no mucho conversaba con una persona del sector del automóvil e intentaba explicar en qué consiste la asistencia sanitaria *basada en el valor*. La charla me recordó que, para quienes son ajenos al campo de la atención médica, la enorme complejidad y las dificultades que plantea prestar y remunerar «una atención medible, segura y de calidad integral que desarrolle unas prácticas óptimas basadas en pruebas y genere valor para los pacientes» no sólo resultan frustrantes, sino también disparatadas.

En la teoría económica clásica del contrato, que trata, *grosso modo*, del diseño de acuerdos contractuales en condiciones de información asimétrica, la relación principal-agente en la prestación de servicios de salud refleja los problemas que plantea sintonizar los incentivos con las preferencias, la expectativas y las acciones del paciente (*principal*) y el médico (*agente*). Teóricamente, reducir al mínimo la asimetría en la información y sintonizar los incentivos de ambas partes perfecciona el contrato al tiempo que mejora las relaciones en la atención sanitaria. Sin embargo, en la práctica de la atención médica intervienen otros *agentes* además de los médicos, los empresarios y los pagadores públicos y comerciales, y, para mayor confusión, a veces el *principal* no es el paciente. Por eso, este es el único contexto en el que disponer de un término como *asistencia sanitaria basada en el valor* empieza a tener sentido.

Básicamente, adquirir conciencia de las verdaderas posibilidades de la inteligencia artificial y las soluciones inteligentes en materia de asistencia sanitaria exige que el valor sea considerado desde una perspectiva activa. En definitiva, (re)diseñar los procesos humanos, los acuerdos y los cambios necesarios para lograr disponer de los vehículos financieros que fomenten la innovación y la colaboración entre las entidades que constituyen el universo de la atención y que posiblemente no siempre hayan trabajado juntas, exige inevitablemente implementar una lógica radical que ponga en cuestión el estado de cosas. A medida que se investigan las aplicaciones de la inteligencia artificial a la asistencia sanitaria, corremos el riesgo de dejar pasar las oportunidades o de quedar expuestos a sus peligros por no utilizar nuestro sentido común colectivo.

Teniendo en cuenta que el gasto en asistencia sanitaria representa el 18 por ciento de la economía en Estados Unidos, que en el resto del mundo alcanza porcentajes similares, y que los

médicos que prestan servicio en los sistemas de atención experimentan altas tasas de agotamiento, ofrecer a los pacientes innovaciones verdaderamente valiosas no puede ser tan sólo una opción.

N. A. P.

Traducción: *News Clips*

-
- ¹ <https://user.demogr.mpg.de/jwv/pdf/scienceMay2002.pdf>
 - ² <https://www.healthaffairs.org/doi/pdf/10.1377/hlthaff.2012.1338>
 - ³ <https://www.aeaweb.org/articles?id=10.1257/jep.20.3.97>
 - ⁴ <https://www.immagic.com/eLibrary/ARCHIVES/EBOOKS/M091000H.pdf>
 - ⁵ <https://www.bloomberg.com/view/articles/2018-04-12/amazon-doesn-t-believe-in-research-and-development-spending>
 - ⁶ <http://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMp1611611>
 - ⁷ <http://science.sciencemag.org/content/347/6223/720>
 - ⁸ <http://www.pewtrusts.org/en/research-and-analysis/articles/2014/03/12/from-lab-bench-to-bedside-a-background-on-drug-development>
 - ⁹ <https://jamanetwork.com/journals/jama/article-abstract/1877218>

