

# La era de los algoritmos médicos

Ignacio Hernández Medrano

## Resumen

La tecnología sanitaria crece de forma exponencial, razón por la que estamos generando una especie de inflación de la ciencia, de modo que producimos más conocimiento del que podemos absorber. La información médica se duplica cada cinco años. A diferencia de lo que sucedía en épocas pasadas, hoy ya no tenemos tiempo para mantenernos actualizados. Este hecho explica bien por qué solo una de cada cinco decisiones médicas está rigurosamente basada en la evidencia. Es ahí donde los profesionales nos dotamos de *real world evidence* para afrontar todo este fenómeno, lo que nos permite agrupar el conocimiento colectivo haciendo valer las *mindlines* frente a las *guidelines*. Nuestra vida se está dirigiendo rápidamente hacia una economía de datos digitales donde gana relevancia el análisis masivo de gran cantidad de información, gracias al cual los ordenadores pueden ver –y correlacionar– allí donde no ve la mente humana. Se llama *big data*, una nueva forma de hacer ciencia y de entender el conocimiento, aplicable tanto a los mercados financieros –para predecirlos– como a las relaciones sociales –con sofisticados algoritmos para encontrar pareja–, a todo y, por supuesto, también a la salud.

**Palabras clave:** Algoritmos. *Big data*. Exponencial. Inteligencia artificial. *Real world evidence*. Salud digital.

## Abstract

*Health technology grows exponentially, hence we are generating a sort of science inflation, thus generating more knowledge than we can handle. Medical information duplicates every 5 years. Differently to former years, today we do not have time to keep up to date. This fact explains well why only one out of five decisions is strictly evidence based. At that point, professionals are enabled with real world evidence in order to cope with this trend; it allows us to group collective knowledge, placing mindlines in front of guidelines. Our life is quickly addressing to a digital data economy where massive analysis of big amounts of information gains relevance, hanks to which computers can see and correlate where human mind cannot. We call it big data, a new way of doing science and understanding knowledge, applied to financial markets –in order to predict them-, to social relationships – with sophisticated algorithms for mating-, to everything, and of course, as well to health. (Kranion. 2017;12:37-41)*

**Corresponding author:** Ignacio Hernández Medrano, [ihmedrano@gmail.com](mailto:ihmedrano@gmail.com)

**Key words:** Algorithms. *Big data*. Exponential. Artificial intelligence. *Real world evidence*. Digital health.

## INTRODUCCIÓN

### La digitalización de la salud

Muchas de las industrias que antes eran analógicas han venido digitalizándose progresivamente (por ejemplo, la música o la banca, y hay numerosos

ejemplos más), de forma que han pasado del mundo físico al soporte informático. Lo interesante de la digitalización en cualquier campo es que hace todo más accesible, más barato: lo democratiza. La medicina no tiene por qué ser diferente, y parece que ya ha llegado su turno<sup>1</sup>.

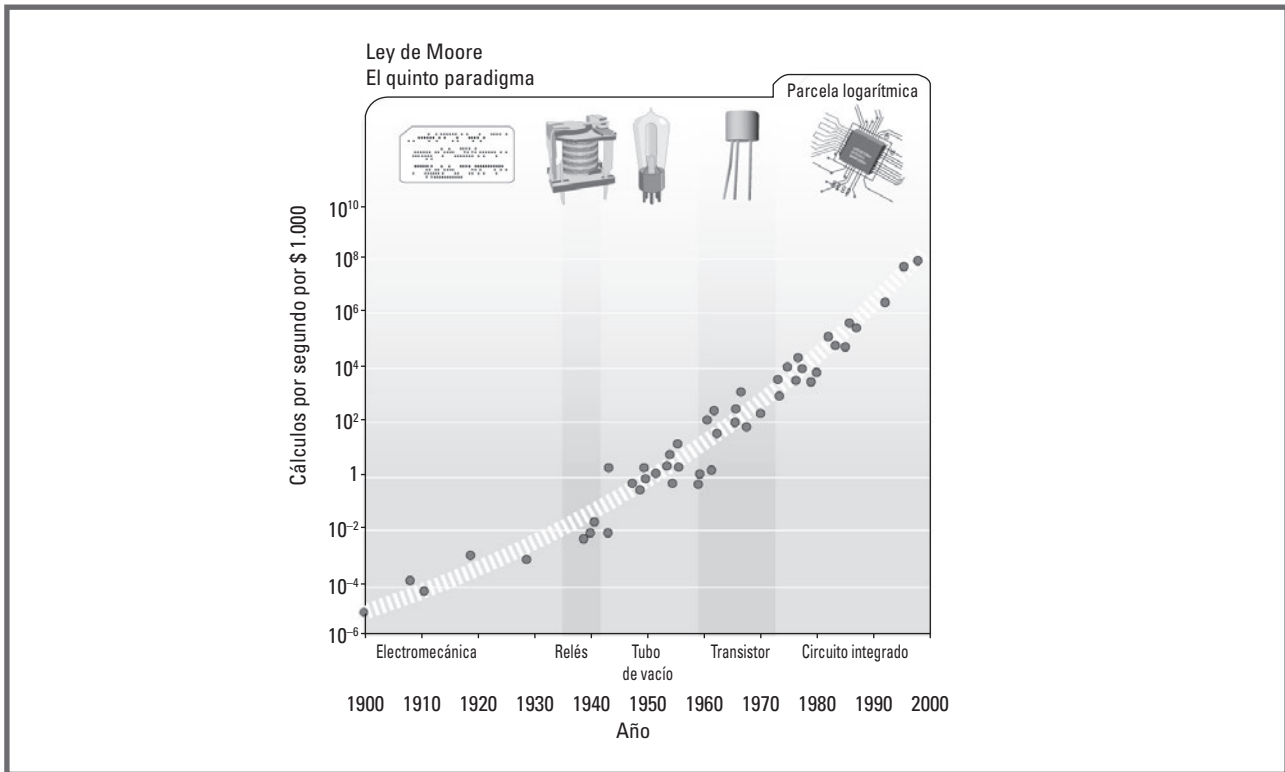


FIGURA 1. Ley de Moore (adaptado de *The Law of accelerating returns*, de Ray Kurzweil).

En efecto, el sector sanitario se ha resistido 30 años a la transformación digital. Se trata de un sector conservador, y probablemente deba serlo: como la aviación, allá donde los riesgos vitales son altos, es lógico que la innovación camine despacio. A esto hay que sumar el factor humano, la cultura, etc., ya que las tecnologías cambian, pero las personas no. Lleva tiempo, sí, pero, como en toda tecnología, cuando los beneficios son tan altos como los que estamos empezando a comprobar, algo explota y entonces ya no hay retorno<sup>2</sup>.

### Convergencia tecnológica

El fenómeno más llamativo que explica lo que está sucediendo en este sector es el de la convergencia tecnológica: acceso a internet, robótica, datos... En efecto, para que la transformación haya empezado a suceder, han tenido que combinarse diversas tecnologías exponenciales de orígenes diferentes que ya han entrado de pleno en su curva de aceleración. Las tecnologías exponenciales son aquellas que, una vez surgen, suelen pasar bastantes años (o décadas) en la parte plana de la curva, pero que, una vez despegan, presentan una aceleración imparable, hasta el punto de generar caos y asombro. La informática o la telefonía son algunos ejemplos; en el caso particular de la computación, la ley

de Moore es la que define ese crecimiento exponencial (Fig. 1).

### Democratización sanitaria y brecha digital

La pasión de los precursores de la salud digital debe ser la de conseguir que todos los pacientes tengan acceso al mejor conocimiento médico posible, conscientes de que lo que estamos viviendo no es un pequeño paso en términos de integración llegada al sector de discretas innovaciones, sino un hecho disruptivo en la democratización de la situación clínica que va a cambiar por completo la forma en que entendemos la medicina<sup>3</sup>.

En este punto, resulta necesario advertir un hecho que suele escaparse a muchos tecnólogos y que es importante valorar a la hora de evaluar este tipo de innovaciones. Si bien cada vez hay un mayor número de pacientes con los que resulta más cómodo emplear tecnologías de la información, no puede olvidarse la brecha digital: la mayor parte de los pacientes que entran en nuestras consultas tienen serias dificultades para usar este tipo de funcionalidades por un sencillo problema de alfabetización (convencional o digital). Solo se tendrá éxito en este campo teniendo en cuenta el carácter antropológico de la delicada relación médico-enfermo, la inclinación al ritual al que antropológicamente tendemos a someternos cuando estamos enfermos<sup>4</sup>.

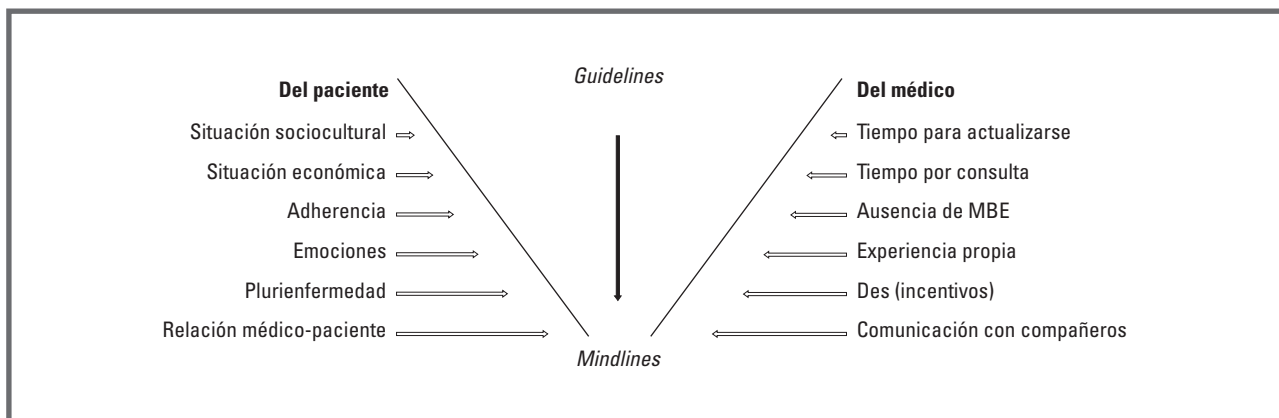


FIGURA 2. Embudo de la evidencia. Razones para la transición de *guidelines* a *mindlines* en la práctica clínica real.

## LA INFLACIÓN DE LA INFORMACIÓN MÉDICA

### Datos exponenciales

Una pregunta que todo buen evaluador debe hacerse es: ¿realmente hace falta más salud digital o solo se trata de un grupo de emprendedores deseando hincar el diente a un sector con jugosos presupuestos y aún sin trillar?<sup>5</sup>

Pues bien, resulta que, al tiempo que la población envejece cada vez más (y por ello tenemos más y más pacientes, hecho que hemos denominado presión asistencial), la tecnología sanitaria crece de forma exponencial, razón por la que estamos generando una especie de inflación de la ciencia, de modo que producimos más conocimiento del que podemos absorber.

La información médica se duplica cada cinco años, hecho que se agrava en el caso de las especialidades generalistas. A diferencia de lo que sucedía en épocas pasadas, hoy no tenemos tiempo para mantenernos actualizados. Este hecho explica bien por qué solo una de cada cinco decisiones médicas está rigurosamente basada en la evidencia. Este fenómeno tan incómodo, el de la variabilidad, es sin duda uno de los peores enemigos de nuestros pacientes. Es ahí donde los profesionales nos dotamos de una nueva arma para hacer frente a todo este fenómeno que permita agrupar el conocimiento colectivo, haciendo valer las *mindlines* frente a las *guidelines* (Fig. 2): esto es el *big data* aplicado a la sanidad.

## REAL WORLD EVIDENCE

### Medicina generadora de evidencia

Un ejemplo del poder del *big data* es el que representa cualquier plataforma capaz de analizar, resumir y presentar de forma sencilla la información médica contenida en el conjunto de historias clínicas

electrónicas para su reutilización en la práctica clínica y en tiempo real. Esta información reviste gran valor al presentar el fiel reflejo de la forma de pensar de los clínicos a la hora de enfrentarnos a los problemas de los pacientes en condiciones reales de incertidumbre (*real world evidence*). Se trata de una información muy valiosa que no está en los libros ni en las publicaciones científicas. Dicho de otra forma, con ello estamos avanzando desde la medicina basada en la evidencia hacia un nuevo horizonte que podemos llamar medicina generadora de evidencia, ya que con cada búsqueda literalmente se genera un nuevo conocimiento que previamente no existía. Lo previsible es que en los próximos años asistamos a una coexistencia de ambas: medicina basada en la evidencia para generar conocimiento y medicina generadora de evidencia para matizarlo y generalizarlo.

### Inteligencia colectiva

Una forma de ilustrarlo consiste en considerar la forma en que trabaja la página web Wikipedia, que fundamentalmente se alimenta de lo que el conjunto de la comunidad de internet va aportando. Sin unas reglas conocidas y a modo de «caja negra», la «sabiduría de las masas», o «inteligencia colectiva», es capaz de llegar a hechos ciertos. Pues bien, los nuevos métodos de agregación de datos van a permitirnos poner en marcha algoritmos con un nivel de precisión suficientemente alto como para poder llevar a cabo una considerable parte de la tarea diagnóstica o terapéutica.

### Inteligencia artificial

#### «La bicicleta de la mente»

Steve Jobs dijo: «El ordenador es la bicicleta de la mente». En efecto, a los profesionales sanitarios se nos abre una posible salida: dejar progresivamente el diagnóstico y el tratamiento en manos de la

computación. Hay especialidades más sensibles que otras: la imagen radiológica, por ejemplo, parece más fácilmente computarizable, y en menos tiempo del que creemos estas tareas estarán automatizadas<sup>6</sup>.

La capacidad de ofrecer datos a nuestros ordenadores ha crecido de forma tan exponencial que hace poco hemos pasado de «programarlos» a «enseñarles». En efecto, con técnicas como las «redes neuronales recurrentes» ofrecemos a la computación los secretos estructurales de nuestra corteza cerebral humana, lo que le permite aumentar su rendimiento de forma cualitativa. Hoy ya disponemos de máquinas capaces de observar imágenes, textos o vídeos, aprender de ellos y generar nueva información de creación propia. Su incorporación de patrones en el aprendizaje, como hace un niño cuando va al colegio o experimenta, está abriendo brechas en la gestión del conocimiento de una repercusión aún no imaginable.

### **El paradigma de los algoritmos**

Sin embargo, en el mundo de la inteligencia artificial existe un fenómeno conocido como la «última milla», por el que el 10-15% de las tareas no son resolubles por las máquinas. Imaginemos, pues, que en unos 10 años contaremos con un flujo de trabajo en el proceso asistencial donde potentes algoritmos ofrecerán opciones diagnósticas y terapéuticas al médico, cuya función será la de «validador», algo así como el corrector ortográfico de un procesador de textos.

En cualquier caso, en menos de lo que nuestra intuición es capaz de anticipar será rutinario consultar con la inteligencia artificial, porque para estar ahí no necesitamos ordenadores perfectos, sino lo suficientemente buenos como para reducir los errores que cometemos hoy.

## **BIG PHARMA**

### **Lo que se digitaliza se democratiza**

Ya sean discos, libros o cámaras de fotos, cuando los objetos pasan del mundo físico al mundo virtual, cuando se desmaterializan, su precio cae drásticamente, y pasan a estar al alcance de muchas más personas. Cada nueva copia tiene un precio infinitesimalmente más pequeño que tiende a cero, con la ventaja añadida de que dichas copias pueden adaptarse e individualizarse a cada necesidad particular. Si no están seguros de ello, miren su teléfono móvil.

### **«Amazonización» del descubrimiento de fármacos**

Este fenómeno se ha venido a conocer como «amazonización», basándose en que Amazon, el

grande de la logística mundial, fundamenta su éxito precisamente en esto: vender pocas copias de muchas cosas distintas a muchas personas con un coste de producción muy bajo, y esto recibe el nombre de *long tail*, en referencia a la curva que lo representa gráficamente. Es, en resumen, lo contrario de la aproximación *blockbuster*, muy de las décadas pasadas, que basa cualquier éxito en un solo producto estrella que mucha gente, con suerte, adquiera<sup>7,8</sup>.

Resulta que en el desarrollo de fármacos la llegada de la supercomputación está permitiendo que este mismo fenómeno de digitalización pueda suceder. Producir muchos fármacos, cada uno para pocos pacientes, siguiendo un comportamiento *long tail*, es precisamente lo que demanda por su naturaleza cualquier enfermedad rara. Pero no solo en lo raro, también en lo frecuente, la oportunidad que se abre es enorme mediante la medicina personalizada: la combinación de genómica y *big data* va a permitirnos saber qué fármacos requiere cada paciente. Por su parte, la «amazonización» nos permitirá fabricarlos a unos precios y una velocidad cada vez menores. La democratización del descubrimiento de nuevos fármacos está cada vez más cerca<sup>9,10</sup>.

Recibir en la consulta a un paciente agradecido porque el fármaco prescrito en la cita previa le ha aliviado los síntomas es una enorme satisfacción a la que uno nunca se acostumbra. Ahora bien, hacerse conscientes de que vivimos en una revolución tecnológica silenciosa en la producción de fármacos, con una capacidad de impacto hasta ahora inimaginable, es, sencillamente, apasionante.

## **YO CUANTIFICADO**

### **De las ómicas a los wearables**

Resulta que cuando los tecnólogos se han dispuesto a descifrar la información de nuestro ADN se han dado cuenta de que la estructura de la vida es enormemente compleja. En efecto, la genética no ofrece todas las respuestas, ya que también son necesarias otras capas de conocimiento: microbioma, proteoma, metaboloma, etc., diferentes niveles moleculares y celulares que debemos analizar en conjunto, de forma multiparamétrica, para tener una comprensión total de la enfermedad. Y ya se han puesto a hacerlo. Esto explica la razón profunda por la que existe tanto interés en medir nuestras constantes vitales y demás vectores con pulseras o con *smartphones*: cuantificar nuestros organismos mediante *wearables* es necesario para seguir avanzando en *big data*.

### **Camino a la longevidad**

De ahí surgen proyectos de ambición incomparable, como *Human Longevity* o *Verily*, cuya misión

es la de medir e integrar metadatos con técnicas de bioinformática para alargar drásticamente la longevidad humana<sup>13</sup>. ¿Cuánto querrían ustedes vivir? Pues bien, hace unos años que esto ha dejado de ser ciencia ficción. Los mecanismos de envejecimiento celular no son tantos (de hecho, generalmente hablando, pueden agruparse en seis), los conocemos y, progresivamente, cada vez estamos más cerca de controlarlos. En menor tiempo del que nuestra intuición es capaz de adelantar esto será más un problema filosófico que técnico.

En el camino, metas antes inalcanzables, como el cáncer, van a caer rendidas ante una humanidad que ha roto una barrera antes no franqueada: la compartición de los avances gracias a la colaboración en red. Lo que estamos viendo de internet es solo el principio: estamos ante una nueva revolución industrial, la de la biotecnología, cuyos productos no son otros que cuerpos y mentes.

## CONCLUSIONES

Vivimos en una economía de datos. Nuestra vida se está dirigiendo rápidamente a un lugar donde gana relevancia el análisis masivo de gran cantidad de información, gracias al cual los ordenadores pueden ver (y correlacionar) allí donde no ve la mente humana. Esta forma de trabajo, conocida como *big data*, acumula ya suficientes indicios para poder reconocer que no se trata de otra moda más, sino más bien de una nueva metatendencia del mundo que viene, de la forma de hacer ciencia y de gestionar nuestros sistemas. En suma, una nueva manera de entender el conocimiento, aplicable tanto a los mercados financieros (para predecirlos) como a las relaciones sociales (con sofisticados algoritmos para encontrar pareja), a todo y, por supuesto, también a la salud.

Con toda probabilidad, uno de los microsectores que más fácilmente se verá beneficiado por este

tipo de aproximación será el de la evaluación de resultados en salud. Las posibilidades que ofrece se destilan de la capacidad, hasta ahora no alcanzada, de visualizar información de gran valor que se halla enterrada en los datos. Así, a medida que las instituciones apuesten por este tipo de tecnologías, tendremos la oportunidad de descubrir formas de gestión muy granulares y dirigidas, con gran impacto en la transformación de los sistemas sanitarios.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Elenko E, Underwood L, Zohar D. Defining digital medicine. *Nat Biotechnol.* 2015; 33(5):456-61.
2. Shaffer DW, Kigin CM, Kaput JJ, Gazelle GS. What is digital medicine? *Stud Health Technol Inform.* 2002;80:195-204.
3. Steinberg D, Horwitz G, Zohar D. Building a business model in digital medicine. *Nat Biotechnol.* 2015;33(9):910-20.
4. Topol EJ, Steinhubl SR, Torkamani A. Digital medical tools and sensors. *JAMA.* 2015;313(4):353-4.
5. Kocher B, Roberts B. Why so many new tech companies are getting into health care. *Harvard Business Review.* 2014. [Internet]. Consultado el 8 de diciembre de 2014. Disponible en: <https://hbr.org/2014/12/why-so-many-tech-companies-are-getting-into-health-care>.
6. Chen C, Womack B. Google reveals health-tracking wristband. [Internet]. Consultado el 23 de junio de 2015. Disponible en: <http://www.bloomberg.com/news/articles/2015-06-23/google-developing-health-tracking-wristband-for-health-research>.
7. Biopharmaceutical industry-sponsored clinical trials: impact on state economies. Battelle Technology Partnership Practice, Pharmaceutical Research and Manufacturers of America (PhRMA). [Internet]. Consultado el 1 de febrero de 2016. Disponible en: <http://phrma-docs.phrma.org/sites/default/files/pdf/biopharmaceutical-industry-sponsored-clinical-trials-impact-on-state-economies.pdf>.
8. Tufts Center for the Study of Drug Development. Briefing: cost of developing a new drug. [Internet]. Consultado el 18 de noviembre 2014. Disponible en: [http://csdd.tufts.edu/files/uploads/Tufts\\_CSDD\\_briefing\\_on\\_RD\\_cost\\_study\\_-\\_Nov\\_18,\\_2014..pdf](http://csdd.tufts.edu/files/uploads/Tufts_CSDD_briefing_on_RD_cost_study_-_Nov_18,_2014..pdf).
9. Bloomberg J. Digital transformation moves pharma 'beyond the pill'. [Internet]. Consultado el 15 de agosto de 2014. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2014/08/15/digital-transformation-moves-pharma-beyond-the-pill/>.
10. US Food and Drug Administration. Orphan drug act - excerpts; Public Law 97-414, as amended. [Internet]. Consultado el 18 de julio de 2013. Disponible en: <https://www.fda.gov/regulatoryinformation/lawsenforcedbyfda/significantamendments-tothedcaact/orphandrugact/default.htm>.
11. Chen R, Mias GI, Li-Pook-Than J, et al. Personal omics profiling reveals dynamic molecular and medical phenotypes. *Cell.* 2012;148(6):1293-307.
12. The White House. Office of the Press Secretary. Fact sheet: President Obama's Precision Medicine Initiative. [Internet]. Consultado el 30 de enero de 2015. Disponible en: <https://obamawhitehouse.archives.gov/the-press-office/2015/01/30/fact-sheet-president-obama-s-precision-medicine-initiative>.
13. Barr A. Google's new moonshot project: the human body. *The Wall Street Journal.* [Internet]. Consultado el 27 de julio de 2014. Disponible en: <https://www.wsj.com/articles/google-to-collect-data-to-define-healthy-human-1406246214>.