

Jose de Leon^{1,2}

Enseñando a Pensar a los Estudiantes de Medicina: El Pensamiento Narrativo, Mecanístico y Matemático

¹Mental Health Research Center at Eastern State Hospital, Lexington, KY, USA

²Psychiatry and Neurosciences Research Group (CTS-549), Institute of Neurosciences, University of Granada, Granada, Spain, and Biomedical Research Centre in Mental Health Net (CIBERSAM), Santiago Apóstol Hospital, University of the Basque Country, Vitoria, Spain

Los ordenadores están empezando a ser mejores que los médicos para algunas actividades médicas. Para poder sobrevivir estos avances los médicos del siglo XXI necesitan aprender a ser mejores pensadores. La habilidad cognitiva más propiamente única de los humanos es la habilidad para entender otras mentes humanas creando historias sobre uno mismo y sobre los otros (el pensamiento narrativo). El pensamiento narrativo es el núcleo central del arte de la medicina y dominó la medicina hasta el siglo XIX en el que empezaron a tener peso dos tipos de pensamiento científico: el pensamiento mecanístico y el pensamiento matemático. El pensamiento mecanístico se basa en mecanismos (conceptos abstractos que no se pueden demostrar en experimentos, pero se necesitan para formular hipótesis e interpretar las observaciones de los experimentos). En los siglos XIX y XX, los médicos agruparon los síntomas y los signos en síndromes con la esperanza de separar los síndromes en enfermedades gracias a los mecanismos etiopatogénicos y/o los mecanismos fisiopatológicos. El siglo XXI ha traído los mecanismos basados en la genética molecular. El pensamiento médico matemático se desarrolló en el siglo XX gracias a las herramientas desarrolladas por los estadísticos. El desarrollo de la minería de datos y el aprendizaje de máquinas está empezando a amenazar a los estadísticos.

El aprendizaje tradicional en medicina en los que los estudiantes aprenden de unos tutores que son clínicos experimentados, pero no son capaces de desarrollar un pensamiento auto-reflexivo, quizá ya no sea suficiente. Los tres tipos de pensamiento (el narrativo, el mecanístico y el matemático) deben ser asimilados por el médico del siglo XXI e incorporados en un modelo biopsicosocial en el que el paciente es el centro. Las computadoras nunca podrán sustituir

a expertos médicos auto-reflexivos que son conscientes de: 1) las limitaciones de los seres humanos y 2) una realidad caracterizada por la sobrecarga de la información.

Palabras clave: Minería de datos, Educación, Educación/médica; Historia, Siglo XIX, Siglo XX, Historia de la medicina, Aprendizaje automático, Matemáticas, Psiquiatría/historia, Pensamiento, Ciencia, Estadística, Teoría de sistemas

Actas Esp Psiquiatr 2018;46(4):133-45

Teaching Medical Students How To Think: Narrative, Mechanistic and Mathematical Thinking

Computers are becoming better than physicians in some activities. To survive, 21st century physicians need to become better thinkers. The most unique human cognitive skill is the ability to understand other human minds by creating stories about oneself and others (narrative thinking). Narrative thinking is at the core of the art of medicine, and dominated medicine until the 19th century when two types of scientific thinking (mechanistic and mathematical thinking) started to become influential. Mechanistic thinking uses mechanisms (abstract concepts which cannot be demonstrated in experiments but are needed for making hypotheses and interpreting observations from the experiments). In the 19th and 20th centuries, physicians grouped symptoms and signs into syndromes with the hope of separating each syndrome into various diseases based on etiopathological and/or physiopathological mechanisms. The 21st century brought mechanisms based on molecular genetics. Mathematical medical thinking expanded in the 20th century with the tools developed by statisticians. Now data mining and/or machine learning is threatening statisticians.

The traditional teaching of medical students based on the example of a clinician mentor who does not engage in reflective thought may no longer be enough. The three types of medical thinking, narrative, mechanistic and mathematical, need to be incorporated by the 21st century physician, whose thought process should also consider the biopsych-

Correspondencia:

Jose de Leon, M.D.

Mental Health Research Center at Eastern State Hospital

1350 Bull Lea Road, Lexington

KY 40511, USA

Tel.: 1 859 846 8440

Fax: 1 859 846 8446

Correo electrónico: jdeleon@uky.edu

social model of disease and its center, which is the patient. Computers will never substitute for a self-reflective medical expert who is aware of the strengths and limitations of human beings and of an environment characterized by information overload.

Keywords: Data mining, Education, Education/medical, History, 19th century, 20th century, History of medicine, Machine learning, Mathematics, Psychiatry/history, Thinking, Science, Statistics as topic, Systems theory

"Hannah Arendt, uno de los filósofos políticos más famosos del siglo veinte, ha argumentado que la responsabilidad de los educadores no es dejar a los niños en su mundo sino llevarlos al mundo adulto, como adultos, así podrá avanzar la civilización ante cualquier reto al que se enfrenten ayudados con el soporte de la enseñanza del pasado. En la misma colección de ensayos, debate el reconocimiento de la ciencia moderna de que la Naturaleza es inconcebible en términos de las categorías conceptuales humanas – como ella dice "impensable en términos de razón pura". E.R. Dougherty"

La medicina, o más bien la medicina occidental nació hace 2.500 años en Grecia. No es posible comprender las limitaciones de la educación médica del siglo XXI sin conocer la historia de la educación médica en la civilización occidental. La tabla 1 intenta la casi imposible tarea de resumir en una página 2.500 años de educación médica²⁻⁸, a medida que se ha desarrollado la ciencia médica³ y como ha sido influenciada por el pensamiento científico⁹⁻¹⁶. El lector puede desear leer de nuevo la tabla tras leer el artículo completo. Durante la mayor parte de los últimos 2.500 años, la parte esencial de la educación médica ha sido la tutela por un médico con experiencia. La tabla 1 describe 3 fases del tutelaje², su comienzo en Grecia, la tutela académica cuando se desarrollaron las universidades en Europa³ y la tutela científica cuando las universidades incorporaron la ciencia moderna a sus enseñanzas. Al final del siglo XX, la tutela médica se enfrentó con la medicina basada en la evidencia (MBE), que proponía que los médicos debían educarse ellos mismos revisando las revisiones sistemáticas y los metaanálisis. En el siglo XXI, la tutela médica se ha enfrentado con los avances de las ciencias cognitivas⁴⁻⁶, que describen las deficiencias del conocimiento humano y su impacto sobre la medicina, explicando que el médico tutor tradicional no era capaz de explicar su forma de pensar^{7,8}. Los médicos no son científicos, son razonadores prácticos¹⁷, como señaló Aristóteles, el antiguo filósofo griego (384-322 AC). De otra parte, tener un buen conocimiento de la historia del pensamiento científico ayudará a cualquier médico a mejorar inmensamente su pensamiento. La tabla 1 resume brevemente los avances científicos⁹⁻¹⁶ y cómo se aplican a 2.500 años de medicina³. Para los lectores más interesados en un mejor conocimiento de la historia de la ciencia, este autor recomienda libros de

un psicólogo¹³ y de un ingeniero que también es un investigador médico reconocido en el campo de la filosofía de la ciencia¹⁴.

Este artículo intenta explicar el pensamiento médico de forma que pueda ser controlada e incorporada por los estudiantes de medicina en sus conocimientos. Hay tres secciones principales: 1) los retos del pensamiento médico en el siglo XXI; 2) el pensamiento narrativo, mecanístico y matemático en medicina¹⁸, y 3) el contexto del pensador médico. Las tres secciones principales tienen subsecciones. La sección de los retos del pensamiento médico en el siglo XXI incluye 3 subsecciones: 1) cómo piensan los médicos, 2) los médicos del siglo XXI enfrentados a las computadoras y 3) los médicos del siglo XXI enfrentados a sus pacientes problemáticos y a sus colegas problemáticos. La sección de pensamiento narrativo, mecanístico y matemático en medicina¹⁸ incluye 5 subsecciones: 1) la batalla entre las tres tradiciones occidentales sobre el pensamiento médico en el siglo XIX en Francia; 2) La confluencia del pensamiento científico médico de finales del siglo XIX; 3) desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico narrativo, 4) desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico mecanístico, y 5) desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico matemático. La sección en el contexto del pensador médico incluye 3 subsecciones: 1) el modelo biopsicosocial de la enfermedad, 2) el paciente como centro y 3) el paciente como experto.

LOS RETOS DEL PENSAMIENTO MÉDICO EN EL SIGLO XXI

¿Cómo piensan los médicos?

Hasta hace poco, el saber cómo piensan los médicos no ha sido un tema que haya interesado a los médicos prácticos o a los educadores médicos, pero en la primera década del siglo XXI se han publicado dos libros^{7,8} titulados "Cómo Piensan los Médicos" (*How Doctors Think*). A pesar de sus grandes diferencias en su profesión y en la aproximación para responder a esta pregunta, ambos autores coinciden en que la educación médica actual parece desarrollar un médico que aprende a pensar practicando, y no sabe cómo verbalizar las limitaciones en el pensamiento de sus tutores y, peor aún, sus propios sesgos. Esta no es una nueva idea. Este patrón de pensamiento no-fácilmente-verbalizado basado en el aprendizaje por ejemplo de un tutor fue llamado "conocimiento tácito"¹⁹ por Michael Polanyi (1891-1976). Polanyi²⁰ fue un médico húngaro que emigró a Alemania donde realizó investigaciones en el campo de la físico-química y después se trasladó al Reino Unido donde se asentó como filósofo de la ciencia²¹, tan bien valorado que llegó a publicar un importante artículo sobre la Ciencia Mecanística en la revista *Science*¹². Geliwick describió que Polanyi nunca

Tabla 1		Fases de la educación médica reflejando los avances en la ciencia mecanística y matemática en la historia			
Fecha	Fases de la Educación Médica	Avances en			
		Ciencia Mecanística		Ciencia Matemática	
		En general	En medicina	En general	En medicina
-500 AC	Tutoría ^a		<i>Teoría Humoral</i> ^k	Geometría ^u	
-300 AC		Biología Aristotélica ^f			
1.100	Tutoría Académica ^b				
1.500	Tutoría Científica ^c		Anatomía Moderna ^l		
1.600		Método Empírico ^g	Fisiología Moderna ^m Nosología de Sydenham ⁿ	Ciencia Moderna ^v	
1.700		Taxonomía de Linneo ^h	Anatomía Patológica ^o	Química moderna ^w	
1.800			Anatomoclínica ^p Fisiopatológica ^q Etiopatogénica ^r		Estudio de Louis ^x
1.900			Auge de la Medicina ^s	Estadística ^y	ECAs ^t
		Artículo sobre la Ciencia Mecanística ^j			
1.980s	MBE ^d		Genética Molecular ^t		
2.000	No conciencia del pensamiento ^e				

MBE: medicina basada en la experiencia. ECA: ensayo clínico aleatorizado

^aLa medicina griega daba una gran importancia a la tutoría por un médico entrenado que, de acuerdo con el Juramento Hipocrático, debía ser tratado como un padre por sus alumnos médicos. El médico tutor debía tratar a sus discípulos como a sus hijos. Los demás médicos deberían ser respetados como colegas³.

^bEn torno a 1.100 se fundaron tres universidades en Europa (Bolonía, París y Montpellier)³. Las universidades se extendieron a otras áreas de Europa permitiendo la enseñanza de la medicina en el contexto de un entorno académico donde también se desarrollaban otras disciplinas académicas. Una escuela médica anterior había comenzado un siglo antes, la Schola Medica Salernitana, en el sur de Italia³.

^cLa tutoría científica se incorporó progresivamente en las escuelas médicas académicas comenzando con las ciencias médicas básicas, como la anatomía, y después con las ciencias clínicas, como la nosología³.

^dLa MBE es una trayectoria distinta que los 2.500 años previos de educación médica². Antes del modelo de la MBE, la educación se basaba en un modelo de tutoría con un médico experimentado. Así, los médicos mayores y más experimentados eran los "expertos". Con la MBE, el experto es alguien que puede dominar la técnica de las revisiones sistemáticas y los metaanálisis. La MBE² se desarrolló en los años 1980 en la Universidad McMaster en Canadá por Gordan Guyatt (1953-actualidad), un internista, y por Davis Sackett (1934-2015), médico y epidemiólogo.

^eLa ciencia cognitiva ha ignorado el papel de los sesgos inconscientes en las decisiones humanas durante casi 100 años debido a la intervención perturbadora de Freud, que condujo a los científicos a suspender los estudios sobre las motivaciones inconscientes^{4,5}. El reconocimiento progresivo de que los sesgos humanos son muy importantes en el conocimiento de la conducta de las personas y en sus decisiones económicas⁶ ha infiltrado lentamente el pensamiento médico y ha llevado a la publicación de dos libros de texto con el título de "Cómo Piensan los Médicos" en 2.005⁷ y en 2.007⁸ que enfatizan que los médicos no son conscientes de su pensamiento.

^fHay un acuerdo general de que Aristóteles (384-322 AC) era no sólo un filósofo sino también un científico que utilizaba la observación empírica para avanzar en el conocimiento. Realmente investigó la historia natural de Lesbos y los mares que la rodean. Sus escritos contienen algunas observaciones e interpretaciones, junto con mitos y errores. Su método incluía la disección y la observación, por lo que se le considera el fundador de la biología⁹.

^gFrancis Bacon, un filósofo inglés (1561-1626), publicó *New Organon* en 1.620 donde defendía la necesidad del método empírico para avanzar en la investigación científica^{13,14}.

^hCarl Linnaeus (1707-1778) era un biólogo sueco que se considera el padre de la taxonomía moderna. Desarrolló una clasificación de los animales y plantas, descritas en un libro publicado por primera vez en 1.735, llamado "El Sistema de la Naturaleza". Esta clasificación tuvo gran influencia en la nosología médica³.

ⁱClaude Bernard fue un fisiólogo francés (1.813-1.878). La investigación biológica no se había desarrollado completamente¹⁰ hasta que Bernard desarrolló totalmente el método empírico en su libro "Introducción a la Medicina Experimental"¹¹ publicado en 1.865.

^jMichael Polanyi, fue un médico húngaro (1.891-1976) que, como filósofo de la ciencia en el Reino Unido, publicó un importante artículo¹² describiendo la importancia de los mecanismos en la ciencia.

Tabla 1	Continuación
<p>^kLa teoría hipocrática de los 4 humores (sangre, bilis amarilla, bilis negra y flema) es tan primitiva y está basada en una observación tan limitada que parece más un pensamiento narrativo (una historia) que un pensamiento mecanístico (una teoría científica con un mecanismo comprobado tras observaciones repetidas). Para reflejar su dudosa clasificación como teoría mecanística, la marcamos en cursiva. Durante el imperio romano, Claudius Galenus (aproximadamente 130-200), conocido como Galeno de Pérgamo, re-elaboró la teoría humoral³.</p> <p>^lAndreas Vesalius (1.514-1.564), médico y anatómico flamenco, publicó "Sobre la Fábrica del Cuerpo Humano en Siete Libros" en 1.543³.</p> <p>^mWilliam Harvey (1.578-1.657), médico inglés, publicó "Sobre el Movimiento del Corazón y la Sangre en Animales" en 1.628, describiendo la circulación mayor. Fue uno de los primeros grandes pasos en el desarrollo de la fisiología moderna³.</p> <p>ⁿThomas Sydenham (1.624-1.689), médico inglés, es considerado como el fundador de la nosología moderna³. Su último libro "El Proceso de la Curación", se publicó en 1.692.</p> <p>^oGiovanni Battista Morgagni (1.682-1.771), médico italiano, es considerado habitualmente como el padre de la anatomía patológica moderna. Se centró en la patología de los órganos. En 1.761 publicó De las sedes y causas de las enfermedades investigadas por la Anatomía³.</p> <p>^pEl pensamiento anatomoclínico, desarrollado principalmente en Francia, condujo a reunir los síntomas subjetivos y los signos objetivos y relacionarlos con órganos, método por el que se desarrollaron los síndromes³. La idea original fue propuesta por Marie François Xavier Bichat (1.771-1.802) en un libro titulado "Anatomía General" publicado en 1.801, pero fue incorporado al entorno clínico por Jean-Nicolas Corvisart (1.755-1.821), Gaspard Laurent Bayle (1.774-1.816) y René-Théophile-Hyacinthe Laennec (1.781-1.826) que inventó el estetoscopio³.</p> <p>^qEl pensamiento fisiopatológico fue un producto de los avances en fisiología y patología³. El pensamiento fisiológico fue desarrollado principalmente por Claude Bernard, mientras que Rudolf Ludwig Carl Virchow (1.821-1.902) desarrolló la anatomía patológica a nivel celular.</p> <p>^rEl pensamiento etiopatológico, producto de los avances en microbiología e inmunología, permitió a los investigadores médicos diferenciar enfermedades dentro de los síndromes³. La microbiología se desarrolló principalmente por el trabajo del investigador francés Louis Pasteur (1.822-1.895) y el médico alemán Robert Koch (1.843-1.910). La inmunología se desarrolló por la combinación de la investigación de laboratorio y la aplicación de suero en la práctica clínica.</p> <p>^sEn el siglo XX la combinación de los pensamientos anatomoclínico, fisiopatológico y etiopatológico produjo un auge en la medicina con el desarrollo de diversas especialidades médicas³.</p> <p>^tLa contribución de la genética molecular en la redefinición de síndromes a finales del siglo XX se describe en la Tabla 2.</p> <p>^uLos matemáticos griegos se centraron en la geometría. Euclides de Alejandría (vivió en los siglos IV y III aC) se considera habitualmente el fundador de la geometría con su libro Elementos^{13,14}.</p> <p>^vGalileo Galilei (1.564-1.642), científico italiano, escribió "El Ensayador" en 1.623 donde defendía el concepto de que el universo "está escrito en el lenguaje de las matemáticas". Se considera que esta afirmación es el nacimiento de la ciencia moderna^{13,14}.</p> <p>^wAntoine Lavoisier (1.743-1.794) se considera como el fundador de la química moderna, transformando esta ciencia de cualitativa a cuantitativa^{13,14}.</p> <p>^xRonald A. Fisher (1.890-1.962), un estadístico inglés, desarrolló el acercamiento frecuentístico a la estadística, que fue crucial para la aplicación de la estadística a la medicina².</p> <p>^yPierre Charles Alexandre Louis (1.787-1.872), médico francés, utilizó el método observacional y los cálculos numéricos ("método numérico"). Además, propuso que la medicina debería ser una ciencia numérica².</p> <p>^zAustin Bradford Hill (1.897-1.991), epidemiólogo y estadístico inglés, publicó un artículo en 1.948 describiendo los modernos ECA².</p>	

dejó de pensar como médico y "acabó siendo un médico de la cultura y un filósofo para ayudar a la medicina actual²²".

Los médicos del siglo XXI enfrentados a las computadoras

Si usted es un médico o estudiante de medicina del siglo XXI probablemente piensa que no debe preocuparse por las ideas de un médico nacido en el siglo XIX, pero si lee un libro del 2016 "Las industrias del futuro" (*The Industries of the Future*)²³, o escucha las noticias puede comenzar a preocuparse muchísimo. Las computadoras se han convertido en mejores diagnosticadores que los radiólogos²⁴, patólogos²⁴, y dermatólogos²⁵. La identificación de los patrones visuales es un tipo de conocimiento tácito para el que el cerebro humano no es tan sofisticado como una computadora del siglo XXI, que puede aprender de millones de imágenes. Los radiólogos, dermatólogos y patólogos están en vías de extinción, como los dinosaurios. Los siguientes en vías de extinción son los cirujanos; los robots están desarrollando mejores habi-

lidades motoras que los cirujanos. Las habilidades motoras son otro tipo de habilidad implícita aprendida trabajando con un médico tutor.

Para sobrevivir, los médicos del siglo XXI necesitan ser mejores que los ordenadores intercambiando información con los pacientes. Y más importante, necesitan ser mejores pensadores que sus competidores artificiales. ¿Hay alguna área de conocimiento en la que los cerebros humanos sean mejores que las computadoras? Sí, hay un rasgo únicamente humano que está más allá del alcance de las computadoras, de acuerdo con los psicólogos evolucionistas²⁶ y otros pensadores²⁷. El cerebro humano tiene una habilidad incomparable para comprender otras mentes humanas y lo que el psicólogo evolucionista Dubin²⁶ llama su "nivel de intencionalidad", por la que la gente describe las intenciones de otros seres humanos utilizando historias, incluyendo las historias dentro de otras historias (Pedro cree que Jane piensa...). "El pensamiento narrativo" es la base para entender otras mentes humanas, por el cual la gente crea historias sobre ellos mismos y sobre los otros, y entonces las superpone y compara. La

mayoría de los seres humanos son capaces de utilizar historias para comprender a otros seres humanos, aunque éste no sea el caso de las personas con síndrome de Asperger²⁸. Las estructuras cerebrales necesarias para el procesamiento automático de la empatía no están bien desarrolladas en las personas con rasgos del Asperger. Los rasgos del Asperger no son raros entre los estudiantes de medicina y la mayoría de los estudiantes que los tienen tienden a elegir especialidades médicas con menor contacto humano y más técnicas, o la investigación^{13,28}.

Los médicos del siglo XXI enfrentados a sus pacientes problemáticos y a sus colegas problemáticos

Si usted es un estudiante de medicina, debe saber que algunos enfermos son mejores pensadores narrativos que la mayoría de los médicos y sus habilidades pueden suponer un problema para la relación médico-enfermo. El etiquetado es una actividad típica del pensamiento narrativo, y estas personas pueden ser etiquetadas como "personalidad oscura" por un psicólogo²⁹ o con alteraciones de la personalidad por un psiquiatra³⁰. Aunque no hay estudios adecuados para establecer definitivamente su frecuencia³¹, un estudiante de medicina Estados Unidos debe esperar que al menos un 5%, o 1/20, de sus pacientes tienen posibilidades de ser problemáticos y probablemente puedan aventajarle, salvo que sea un experto en pensamiento narrativo. Este escenario puede ser incluso más complejo, dado que la prevalencia del 5% puede aplicarse también a los profesionales sanitarios, incluyendo los médicos, que son problemáticos³⁰ ahora o como futuros colegas de los estudiantes de medicina. Para manejar a estos pacientes problemáticos y manipulativos (y colegas), los médicos deben dominar dos tipos de pensamiento narrativo; que han sido descritos como pensar "existencialmente" y pensar "sucio"³². Freudreich y colaboradores³² definieron "pensar sucio" como el saber que los pacientes y los médicos a veces tienen diferentes metas y "pensar existencialmente" como el entender como las circunstancias vitales de esta enfermedad se manifiestan en este paciente concreto.

Médicos del siglo XXI y aprender a pensar

Este artículo supuestamente edificante propone la siguiente "narrativa" para los estudiantes de medicina del siglo XXI, asumiendo que sobrevivan y no sean desplazados por las computadoras; podrán disfrutar cuidando de la mayoría de sus pacientes, aunque simultáneamente deberán de estar alerta con el 5% de sus pacientes, los problemáticos y el 5% de sus colegas, los problemáticos. No parece demasiado divertido. Aun así, el autor cree que se puede disfrutar de la medicina, cuando los médicos al practicar sean conscientes de sus limitaciones y sus sesgos como se ha descrito^{7,8} y, lo que es más importante, los estudiantes de medicina aprenden

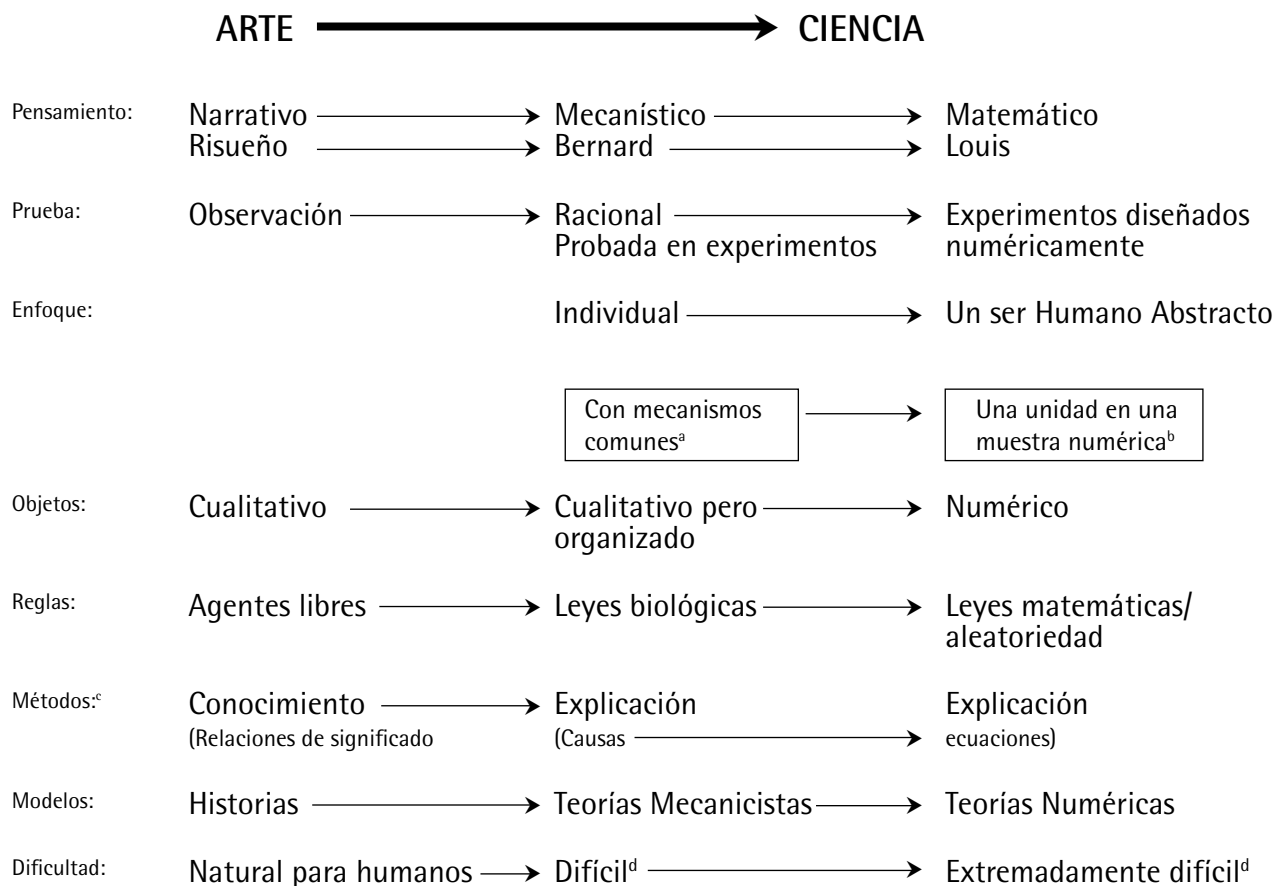
a pensar mejor que sus predecesores en esta noble profesión. Los interesados en aprender más sobre como corregir sus propios sesgos deben de leer los libros de los psicólogos cognitivos que están comenzando a describir los sesgos humanos⁶, dado que los médicos tienen los mismos sesgos que cualquier otro ser humano, como demuestra el clásico libro "Disparates y Falacias en Medicina" (*Follies and Fallacies in Medicine*)³³.

PENSAMIENTO NARRATIVO, MECANÍSTICO Y MATEMÁTICO EN MEDICINA

Batalla entre tres tradiciones occidentales sobre el pensamiento médico en el siglo XIX en Francia

La fórmula para mejorar el pensamiento médico proviene de una vieja historia, la batalla del siglo XIX en Francia entre la influencia del arte y la ciencia en el pensamiento médico¹⁸. El arte de la medicina refleja principalmente el pensamiento narrativo. El pensamiento narrativo es la forma habitual por la que los humanos difunden el conocimiento, por ello es tan vieja como la humanidad, y ha dominado la medicina occidental desde su nacimiento en Grecia hace 2.500 años hasta el siglo XIX. Esto llevo a pensar que la medicina era esencialmente un arte.

El pensamiento científico se desarrolló en la civilización occidental por la combinación de las tradiciones hebraica (también llamada judía o Jerusalén) y helénica (griega o Atenas)^{34,35}. Tras 2.500 años, el desarrollo de la física cuántica ha dejado claro que el pensamiento científico se ha desarrollado tanto que la ciencia se ha vuelto irracional para las personas normales no especializadas¹. En este sentido, el filósofo español del siglo XX Ortega y Gasset (1883-1953) señaló que "la ciencia experimental es uno de los productos más improbables de la historia"³⁶. Además, algunos argumentan^{15,28} que las disciplinas científicas más puras, como las matemáticas y la física, son más atractivas para las personas con rasgos de Asperger. La figura 1⁴⁻⁶ recalca como la medicina como arte se centra en seres humanos individuales pero como ciencia se centra en las personas abstractas. En la ciencia mecanística, el individuo se concibe como una persona abstracta con mecanismos comunes explicados por nuestra historia evolutiva común. En la ciencia matemática, el individuo es una abstracción de un ser humano representado por un número; cada individuo es una unidad en una muestra numérica. La "innaturalidad extrema" de la ciencia matemática se demuestra por el hecho de que incluso los científicos entrenados en probabilidades tienden a demostrar sesgos cuando interpretan automáticamente el uso de las probabilidades en situaciones reales⁶.



^a Los mecanismos se determinan por evolución y la mayor parte de ellos son muy similares en la mayoría de los seres humanos.

En la ciencia mecanística, el individuo es un ser abstracto humano con mecanismos comunes explicados por nuestra historia evolucionaria común.

^b En ciencia matemática, el individuo es una abstracción de un ser humano representado por un número; cada individuo es una unidad de una muestra numérica.

^c Los filósofos alemanes, como Dilthey, distinguían entre comprender y explicar. Comprender es fundamental para las ciencias humanas, mientras que explicar es el método utilizado por las ciencias naturales. Jaspers aplicó estos conceptos a la psiquiatría^{4,5}.

^d La naturaleza es inconcebible en términos de las categorías conceptuales humanas habituales, de acuerdo con Arendt; es "impensable en términos de razón pura"¹. La ciencia no es fácil para los seres humanos. El pensamiento científico matemático es incluso más retador, hasta el punto de ser no natural para los científicos entrenados⁶.

Figura 1

Gradientes en los métodos de pensamiento en medicina

En este esfuerzo para simplificar la compleja realidad de la ciencia (Figura 1), la ciencia de la medicina se considera una combinación del pensamiento mecanístico y matemático aplicado a la medicina (Tabla 1). El pensamiento mecanístico nació cuando Aristóteles estableció las bases de la biología hace 2.500 años⁹. Los mecanismos son conceptos abstractos que no se pueden demostrar en experimentos, pero se necesitan para plantear hipótesis e interpretar las observaciones realizadas durante los experimentos¹⁸. Se considera que el pensamiento científico moderno, incluyendo el pensamiento matemático, se origina en el siglo XVII cuando Galileo Galilei propuso que el universo está escrito en el lenguaje de las matemáticas^{15,16}.

Pierre Charles Alexandre Louis (1787-1872) luchó contra el uso de las sangrías en las infecciones pulmonares en París durante los años 1830-1840, intentando demostrar que las sangrías no eran la panacea que la mayoría de los médicos pretendían^{37,38}. Louis utilizó el método observacional y cálculos numéricos, dando a luz a la epidemiología clínica³⁸ y a la MBE³⁹, de acuerdo con recientes artículos. La propuesta de Louis de que la medicina debería ser una ciencia numérica fue excesiva para Benigno Risueño de Amador (1802-1849), que escribió un informe atacando a la utilización de números en medicina^{40,41}. Risueño era profesor en la Escuela Médica de Montpellier, una de las escuelas médicas más antiguas de Europa. Pensaba que la medicina era un arte y que no puede ser

representado por números. Encarnaba la tradición narrativa cualitativa, no cuantitativa, del pensamiento occidental. Por el contrario, Louis representaba el lado más cuantitativo del abordaje científico, afirmando que las teorías no demostradas retrasaban el desarrollo de la medicina y que ésta tenía que seguir una aproximación numérica.

Claude Bernard (1813-1878) representaba a la ciencia mecanística, la tercera escuela de pensamiento que luchaba por controlar la medicina. Fue uno de los mayores fisiólogos del siglo XIX⁴², contribuyendo a establecer el pensamiento fisiopatológico³, hasta el punto de que el historiador médico Pedro Laín Entralgo (1908-2001) consideraba que la investigación biológica no se desarrolló completamente¹⁰ hasta que Bernard escribió su libro "Introducción a la Medicina Experimental"¹¹ (*An Introduction to the Study of Experimental Medicine*). La posición de Bernard sobre el pensamiento médico probablemente puede considerarse como intermedia entre Risueño y Louis^{43,44}. Bernard planteaba que la medicina clínica debería guiarse por la evidencia probabilística mientras los mecanismos fisiológicos no se conociesen, pero las aproximaciones numéricas interferían con el modelo de la medicina experimental, que no precisaba de las estadísticas para demostrar que existían mecanismos fisiológicos; éstos se demostraban por experimentos fisiológicos que utilizaban un diseño experimental para obtener respuestas en vez de pruebas estadísticas^{43,44}.

En resumen, Risueño, Louis y Bernard representaban la lucha entre las tres tradiciones occidentales por el derecho a dominar el pensamiento médico del siglo XIX. Risueño insistía en que cada persona es diferente por lo que las aproximaciones numéricas no funcionan en medicina, que la medicina es un arte y que las aproximaciones cualitativas son esenciales^{40,41}. Louis despreciaba las teorías narrativas no demostradas que habían dominado la medicina durante siglos. Su acercamiento era científico y cuantitativo, conduciendo en el siglo XX, tras el desarrollo de la estadística, a un modelo matemático de la ciencia en medicina^{38,39}. Bernard creía que las teorías son fundamentales para el avance de la medicina, pero reconocía que en la ausencia de mecanismos conocidos una interpretación probabilística de los experimentos podría ayudar a su avance^{43,44}. Bernard desarrolló el acercamiento fisiopatológico³ a la medicina, demostrando que las teorías mecanísticas son cruciales para la evolución de la medicina pero pueden considerarse como "filosóficas" por los defensores de la investigación empírica. Desde esta perspectiva, hay un gradiente progresivo en las vías de pensamiento desde Risueño a Bernard y a Louis (Figura 1).

Últimos desarrollos de finales del siglo XIX en el pensamiento médico científico

Laín Entralgo³ propuso que el triunfo de la medicina en el siglo XX se debía al desarrollo en el siglo XIX de tres

nuevas formas de pensamiento: el pensamiento anatómico-clínico, fisiopatológico y etiopatológico, que son esencialmente formas del pensamiento mecanístico (Tabla 1). Los médicos del siglo XIX comenzaron utilizando el pensamiento anatómico-clínico para recoger los síntomas subjetivos y los signos objetivos y relacionarlos con órganos, y en el proceso se desarrollaron los síndromes. El pensamiento fisiopatológico (producto de los avances en fisiología y patología) y el pensamiento etiopatológico (producto de los avances en microbiología e inmunología) permitieron diferenciar enfermedades dentro de los síndromes. Así, la identificación de enfermedades dentro de un síndrome requiere hallar las causas de una lesión (pensamiento etiopatológico) o al menos un mecanismo fisiológico claramente anormal (pensamiento fisiopatológico)³.

En resumen, los médicos agrupan los síntomas y signos en síndromes con la esperanza de separar, dentro del síndrome, diversas enfermedades tras adquirir nuevos conocimientos sobre los mecanismos etiopatológicos o fisiopatológicos⁴. Cuanto mejor se conocen los mecanismos, más específico son los tratamientos.

Desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico narrativo

El pensamiento narrativo mejor conocido y más influyente en el pensamiento médico es el psicoanálisis, desarrollado por el médico vienés Sigmund Freud (1856-1939). Karl Popper (1902-1944) fue otro vienés muy apreciado como filósofo de la ciencia y que definía al psicoanálisis como una *pseudociencia*, una teoría que no puede ser falseada⁴⁵. A pesar de que el joven Freud se consideraba un científico⁴⁶, hay un acuerdo general entre los pensadores de múltiples tendencias de que Freud era un novelista⁴⁷⁻⁴⁹, un experto en el pensamiento narrativo, más que un científico.

El lenguaje de Freud y sus términos son extraordinariamente complejos, pero se resumen claramente en un libro⁵⁰ cuyo título muy adecuado es "Un libro de texto narrativo del Psicoanálisis" (*A Narrative Textbook of Psychoanalysis*). Freud y sus discípulos desarrollaron un método circular de pensamiento en el que todas sus observaciones estaban contaminadas por sus teorías⁵. Karl Jaspers (1883-1969) era un psiquiatra alemán, que se convirtió en un filósofo internacionalmente reconocido⁵¹, y que proponía que la psiquiatría^{52,53} es una disciplina híbrida que requiere dos métodos, la *explicación* procedente de las ciencias naturales y la *comprensión* procedente de las ciencias sociales, que respectivamente aportan una explicación de la enfermedad que sigue el modelo médico y la comprensión de las alteraciones psiquiátricas que son variantes de la vida humana. El psicoanálisis se basa sólo en la comprensión estableciendo,

relaciones de significado esencialmente usando el pensamiento narrativo.

Desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico mecanístico

Durante la segunda mitad del siglo XX, Alvan Feinstein (1925-2001), un médico estadounidense, insistió en la importancia de "los mecanismos fisiopatológicos y etiológicos" en las ciencias médicas básicas, que las hacen similares a los experimentos, mientras que la práctica clínica habitual se caracteriza por "experimentos" no planeados⁵⁴⁻⁵⁸. Propuso una nueva aproximación, la clinimetría⁵⁸, para medir los fenómenos clínicos y personales necesarios para cuidar al paciente.

El Proyecto del Genoma Humano ha llevado a que algunos propongan que la "anatomía genética" es la principal contribución de la medicina del siglo XX⁵⁹. Obviamente esto es una simplificación del muy complejo proceso que ha modificado la medicina mecanística del siglo XX, basada en mecanismos a nivel molecular, hasta el punto de aportar una nueva forma para definir las enfermedades en el siglo XXI. La idea de "patología molecular" fue descrita por primera vez por un médico alemán del siglo XIX y comenzó a aplicarse utilizando los descubrimientos químicos de la medicina de principio del siglo XX³. Sin embargo, el desarrollo de lo que en los países angloparlantes³ se denomina biología molecular⁶⁰ y su progresivo desarrollo en la segunda mitad del siglo XX ha hecho posible que en el siglo XXI la genética molecular redefina las enfermedades. En los siglos XIX y XX, los médicos combinaron los pensamientos anatomoclínicos, etio-patológicos y fisiopatológicos para delimitar los síndromes

en enfermedades. En el siglo XXI, el pensamiento genético molecular está definiendo síndromes como el de Di George⁶¹ o el de Lynch⁶² (Tabla 2).

Desarrollo en el siglo XX del pensamiento médico matemático

El pensamiento matemático en medicina no se estableció totalmente hasta que el pensamiento estadístico fue desarrollado por un estadístico inglés, Ronald A. Fisher (1890-1962). Aplicó el método de evaluar la significación estadística, que generalmente se denomina acercamiento frecuentístico a la estadística médica⁶³.

Tras ello, se introdujeron en la medicina los ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) y se desarrolló el metaanálisis para resumir los ECAs cuantificando los resultados promedios para un paciente estándar². La MBA está enfocada en los resultados ideales "promedio" para un paciente ideal y es la culminación del pensamiento científico numérico en medicina. La MBE se originó en una universidad canadiense, pero, debido al inteligente y efectivo marketing, forma parte del lenguaje de la mayoría de los médicos occidentales². Desgraciadamente, en la mayoría de los casos, los clínicos que hablan de la MBE son incapaces de hablar coherentemente sobre las definiciones de MBE, ECAs y metaanálisis, y de sus fortalezas y limitaciones. Ioannidis es uno de los científicos médicos más influyentes en la medicina actual e insiste que la medicina está plagada de falsos resultados debido a: 1) conflictos financieros y otros conflictos de interés y 2) sesgos asociados con la búsqueda de la significación estadística⁶⁴. Recientemente ha criticado la MBE⁶⁵.

Tabla 2	Redefinición de Síndromes por Genética Molecular
<p>SÍNDROME DE DI GEORGE</p> <p>Utilizando el pensamiento mecanístico del siglo XIX, los médicos del siglo XX describieron el síndrome de Di George y el síndrome velocardiofacial. Posteriormente, los descubrimientos del siglo XXI en genética molecular permitieron a la ciencia médica reconsiderar mejor estos dos síndromes aparentemente diferentes, pero en parte superpuestos, y los reclasificaron como síndrome de delección 22q11.21. La localización y tamaño de la delección del cromosoma en cada individuo explica la extensión de los signos y síntomas del síndrome⁶¹.</p> <p>SÍNDROME DE LYNCH</p> <p>A mediados del siglo XX, Lynch describió una forma familiar de cáncer de colon diferente a la poliposis adenomatosa familiar; que posteriormente se denominó síndrome de Lynch. Recientemente se han identificado algunas variaciones genéticas en genes importantes para la reparación del AND y se han asociado a una transmisión autosómica dominante. Estas variaciones genéticas suponen un riesgo no solo para el cáncer de colon sino para otros cánceres. Con ello, la definición actual del síndrome de Lynch se basa en la genética molecular. Esta enfermedad puede manifestarse con múltiples tipos de cáncer fuera del colon, aunque las presentaciones más frecuentes del síndrome son las formas precoces y familiares de cáncer de colon⁶².</p>	

Los estadísticos contemporáneos, con gran horror, han comenzado a constatar que pueden ser reemplazados por la minería de datos (*data mining*) o el aprendizaje automático o aprendizaje de máquinas (*machine learning*)⁶⁶, desarrollados por ingenieros y científicos computacionales para manejar los que hoy se denomina "big data"⁶⁷. La minería de datos y el aprendizaje automático se desarrollaron en los últimos años del siglo XX, cuando las agencias de defensa del gobierno de EE.UU., junto con grandes corporaciones incluyendo las compañías de tarjetas de crédito, se enfrentaron con cantidades ingentes de datos. Comenzaron a buscar en "la mina" estos datos utilizando programas de ordenador que pueden "aprender" de estos datos específicos⁶⁶. Los datos se dividen en dos mitades y el ordenador, utilizando programas complejos, desarrolla modelos estadísticos que se adecuen a la primera mitad de los datos y que puedan aplicarse a la segunda mitad de la muestra ajustando estos modelos estadísticos. Desgraciadamente, estos modelos basados en la minería de datos/aprendizaje automático son modelos de "caja negra". El ordenador aprende que combinando X variables se pueden clasificar los datos casi perfectamente, pero el ordenador no aporta una descripción exacta de cómo combina estas variables. El modelo "aprendido", en general, se basa en combinaciones matemáticas extremadamente complejas. En un segundo paso complejo, denominado análisis forense, y una vez que se ha desarrollado el modelo, pueden estudiarse las propiedades de clasificación del modelo analizando su especificidad, sensibilidad y precisión⁶⁸. La relación entre los estadísticos de formación clásica y los bioinformáticos e ingenieros con experiencia en minería de datos fue inicialmente antagónica⁶⁶. A medida que la minería de datos se ha expandido y por tanto ha ganado la batalla, los estadísticos y los mineros de datos comenzaron a contemporizar⁶⁹. Algunos pioneros de la minería de datos, como Edward R. Dougherty un ingeniero estadounidense, han criticado el uso de la minería de datos en ciencias biológicas como la genómica, diciendo que ha degenerado en aproximaciones no científicas, dado que no se presta atención a los principios básicos de la ciencia, como la necesidad de un diseño experimental o definiciones operativas⁷⁰.

En resumen, los métodos estadísticos intentan establecer si la realidad observada en la medicina se ajusta a estos modelos matemáticos, pero los estadísticos han comenzado a constatar que, en el proceso de encontrar resultados significativos en un estudio específico, han desarrollado modelos matemáticos que se ajusten demasiado bien a los datos de ese estudio específico. Los estadísticos han denominado a esto "sobreajuste". Por ello, el sobreajuste no es sólo un gran problema en los modelos estadísticos tradicionales complejos, sino que también es una gran amenaza para las nuevas técnicas de minería de datos que, debido a su naturaleza exploratoria, tienen especial tendencia al sobreajuste⁷¹. Para que la instigación médica siga avanzando, estos modelos estadísticos precisan 1) dar importancia a modelos que no

sólo se acomoden bien a un estudio específico sino que den resultados que se reproduzcan en múltiples estudios, y 2) equilibrar los resultados promedios de un grupo con la necesidad de concentrarse en los individuos inhabituales que pueden no estar representados por la media².

EL CONTEXTO DEL MÉDICO PENSADOR

El modelo biopsicosocial de la enfermedad

George Engel (1913-1999) era un internista entrenado en psicoanálisis que trabajó en la Universidad de Rochester en Nueva York. En 1977 publicó un muy influyente artículo en la revista *Science* comparando el modelo biopsicosocial de enfermedad con el modelo biomédico⁷². Su modelo biopsicosocial fue ampliado posteriormente en un artículo de 1980⁷³. El modelo biopsicosocial de Engel tuvo gran influencia, especialmente en la psiquiatría estadounidense, cuyos dos antagonistas (la psiquiatría biológica y el psicoanálisis) llegaron a firmar una tregua artificial como resultado⁴. McLaren⁷⁴ ha criticado a Engel por no definir su modelo, pues sólo aportaba una descripción de cómo podría funcionar. Ghaemi⁷⁵ ha aportado una crítica más completa del modelo de Engel, mientras que Fava lo ha defendido recientemente⁷⁶. La mayor parte de los autores del siglo XXI⁷⁷⁻⁷⁹ con diferentes aproximaciones y antecedentes coinciden en que el acercamiento biopsicosocial de Engel ha degenerado en un acercamiento bio-bio-bio en la psiquiatría que está contaminado por una forma extrema de reduccionismo biológico. En opinión de este autor, la aproximación biopsicosocial a la medicina y la psiquiatría puede aplicarse más específicamente utilizando el pensamiento narrativo, mecanístico y matemático y sabiendo cuando aplicar cada uno de estos tipos de pensamiento. La psiquiatría es una especialidad médica específica 1) que tiene muchos más componentes narrativos que otras especialidades médicas y 2) en la que el pensamiento mecanístico va retrasado 150 años^{5,80} dado que el órgano de la especialidad, el cerebro, es lo demasiado complejo como para desarrollar un pensamiento mecanístico. Además, algunos argumentan que el pensamiento matemático puede no ser óptimo para manejar los síntomas psicológicos^{81,82}. De hecho, un estudio reciente ha demostrado que muchos hallazgos psicológicos, considerados anteriormente bien establecidos, no podían reproducirse⁸³.

El paciente como centro

Los seres humanos son individuos muy complejos. La educación médica debe enfatizar que cada paciente es un individuo y la actividad médica debe enfocarse en el paciente. Incluso los científicos médicos insisten en que la in-

investigación médica debe centrarse en el paciente para ser útil^{84,85}. El paciente también debe estar en el núcleo de una aplicación adecuada del modelo biopsicosocial, de acuerdo con Schwartz et al.⁸⁶ y Saraga et al.⁸⁷.

Desgraciadamente, recientes formulaciones que describen al paciente como centro utilizan múltiples términos superpuestos (medicina personalizada⁸⁸, medicina de precisión⁸⁹, medicina estratificada⁹⁰ y medicina centrada en la persona⁹¹) que significan cosas diferentes para diferentes autores⁹².

El médico como un experto

A medida que la medicina se ha vuelto más compleja y más profesionales de salud actúan como extensión de los médicos, está claro que los médicos deben convertirse en "expertos"⁹³ de forma que no sean reemplazados por los ordenadores y la inteligencia artificial. Desgraciadamente, el acercamiento científico no ha sido especialmente útil en el estudio y la explicación de algunos de los conceptos más complejos de la vida humana, como quien es un experto, pero los investigadores de diferentes áreas incluyendo las ciencias de la educación⁹⁴ están intentando definir lo que es un "experto". En nuestra opinión², los educadores médicos se convierten en expertos cuando los estudiantes de medicina y los residentes les seleccionan como docentes. De forma similar, la mejor prueba de que un médico se ha convertido en un clínico experto es cuando múltiples médicos a su alrededor deciden recomendarle a sus familiares y amigos.

Es interesante que algunos de estos expertos en educación^{94,95} están comenzando a percatarse de que para comprender alguno de los conceptos más complejos del aprendizaje y para definir a los expertos se requiere considerar algunos de los conceptos más complejos sobre la educación que desarrollaron los pensadores clásicos como Aristóteles, incluyendo las denominadas virtudes^{96,97}. La idea de educar en virtudes está alcanzando la educación médica⁹⁸. Además, alguna de las nuevas teorías psicológicas están intentando incorporar alguno de estos conceptos que son muy complejos, pero que son importantes para estudiar a las personas, como la teoría de la autodeterminación⁹⁹, que se centra en la autonomía, la competencia y la interrelación. Esta teoría se ha incorporado a la educación médica¹⁰⁰. Además, cuando enseñamos a los pacientes, lo que suele llamar psicoterapia, es importante pensar en centrarse en lo que piensa el paciente¹⁰¹. Los médicos también deben considerar el concepto de autoliderazgo que incluye las necesidades de éxito, la autorregulación y la autoeficacia. Los autolideres también pueden ser buenos líderes para otros¹⁰². En resumen, las computadoras nunca pueden reemplazar a un experto médico autorreflexivo que es conocedor de sus propias fortalezas y limitaciones, así como de las fortalezas y limitaciones de

sus pacientes. No está claro si la inteligencia artificial puede imitar el pensamiento creativo que se precisa para desarrollar nuevos e importantes avances en medicina. Sin embargo, la actual educación médica no parece que sea capaz de proporcionar un entorno adecuado para desarrollar nuevos científicos médicos que puedan liderar e integrar el arte de la medicina, el pensamiento científico mecanístico y el pensamiento científico matemático. En un entorno dominado por los "big data" y el exceso de información²³, los médicos precisan mejorar su pensamiento para navegar en un entorno sobrecargado con información confusa y dominado por la combinación de un capitalismo corporativo y las tecnologías de la comunicación¹⁰³. En este momento, puede ser importante recordar las palabras del poeta T.S. Elliot "¿Dónde está la sabiduría que hemos perdido con el conocimiento? / ¿Dónde está el conocimiento que hemos perdido con la información?"¹⁰⁴.

Para enfrentarse a los retos del siglo XXI, la educación médica necesita desplazarse del pensamiento implícito al explícito y enseñar que el pensamiento médico no es un pensamiento científico, aunque puede apoyarse en el pensamiento científico. Los médicos no son científicos, son profesionales que combinan en su práctica el pensamiento narrativo, mecanístico y matemático. En un artículo previo¹⁸ propusimos un ejemplo de cómo combinar el pensamiento narrativo, mecanístico y matemático en la psicofarmacología.

CONCLUSIÓN

La educación médica tiene 2.500 años de historia (Tabla 1). Este artículo intenta contribuir a la educación médica clasificando el pensamiento médico en tres tipos: pensamiento narrativo, mecanístico y matemático. El pensamiento narrativo ha dominado la medicina occidental desde su nacimiento en Grecia hace 2.500 años hasta el siglo XIX y ha llevado a creer que la medicina es esencialmente un arte. La ciencia de la medicina debe combinar el pensamiento mecanístico y el matemático. El pensamiento mecanístico se estableció definitivamente en la medicina en el siglo XIX gracias a Bernard¹¹. El pensamiento matemático se introdujo en medicina gracias a Louis³⁷⁻³⁹ en el siglo XIX en su cruzada contra las sangrías.

En los siglos XIX y XX, los médicos agruparon los síntomas y signos en síndromes con la esperanza de separar cada síndrome en varias enfermedades basándose en mecanismos etiopatológicos y/o fisiopatológicos^{3,18}, a medida que aumentaba su conocimiento. En el siglo XX, 1) la medicina narrativa tomó un sesgo no científico con Freud⁵; 2) el pensamiento mecanístico condujo a la clinimétrica⁵⁸ y sentó las bases para aplicar la genética mecanística en la medicina del siglo XX, que define la enfermedad utilizando la genética molecular; y 3) el pensamiento matemático

condujo a la aproximación frecuentística y al desarrollo de ECAs y metaanálisis, lo que llevó a la colisión entre la MBE y la medicina personalizada². En el siglo XXI, la minería de datos y el aprendizaje de máquinas⁶⁶ está sustituyendo a los estadísticos en el manejo de los *big data*.

En el siglo XXI los médicos que no deseen ser reemplazados por las computadoras necesitan abandonar una enseñanza basada en el ejemplo de los tutores que sólo proporciona el "conocimiento tácito"¹⁹, que ha dominado la medicina durante 2.500 años. Deben hacer explícitas las fortalezas y debilidades de su pensamiento. Este artículo propone que los tres tipos de pensamiento médico: narrativo, mecanístico y matemático deben incorporarse al contexto del pensador médico, cuya experiencia debe incluir una orientación biopsicosocial con el paciente como centro. Las computadoras nunca desplazarán a un experto médico autorreflexivo que sea consciente de sus fortalezas y limitaciones en tres niveles: 1) el autonivel, 2) el nivel del paciente y 3) el nivel de una realidad, en el que la información está dominada por la combinación de un capitalismo corporativo con las tecnologías de la comunicación¹⁰³. Los médicos del siglo XXI necesitan ser mejores pensadores si desean servir bien a sus pacientes, sobrevivir a la automatización y contribuir a los avances de la medicina. Precisan valorar el conocimiento más que la información y aspirar a la sabiduría.

AGRADECIMIENTOS

El autor agradece a Lorraine Maw M.A. su ayuda editorial. El autor está agradecido al Doctor Juan Antonio Paniagua (1920-2010), que impartió el curso de "Historia de la Medicina" que el autor siguió durante sus estudios médicos en la Universidad de Navarra, Pamplona, España. El Prof. Paniagua introdujo al autor a los complejos escritos del Doctor Pedro Laín Entralgo (1908-2001). Laín Entralgo escribió profusamente sobre temas de historia de la medicina y antropología médica. Laín Entralgo pensaba que el estudio de la historia de la medicina nos permite comprender la estructura de la medicina; de forma similar, el autor piensa que estudiar la historia del pensamiento médico nos ayuda a esclarecer la estructura del pensamiento médico contemporáneo e impedir la pérdida de una profesión de 2.500 años en las inexistentes "manos" de los ordenadores. A pesar de que Laín Entralgo enseñó en universidades estadounidenses, sus últimos y más importantes escritos no han sido traducidos al inglés y siguen siendo ignorados por la comunidad internacional. Con el agradecimiento a Paniagua y a Laín Entralgo el autor reconoce a todos los autores de cientos de libros y miles de artículos que han contribuido a desarrollar su pensamiento. Para ser justo, el autor también debería enumerar a todos los que le han enseñado durante estos 30 años de práctica médica, incluyendo cientos de pacientes, médicos, otros profesionales sanitarios, científicos y

editores y revisores de revistas. Dado que tan larga lista no es posible, el autor quiere dar las gracias sólo a una persona en representación de todos ellos, al Doctor José Guerrero, que ha animado al autor a prestar atención a las publicaciones de los médicos franceses.

CONFLICTO DE INTERESES

Este artículo no ha recibido financiación de ninguna agencia de financiación, empresa comercial ni institución sin ánimo de lucro. En los últimos tres años el Dr. de Leon no ha tenido ningún conflicto de interés comercial.

BIBLIOGRAFÍA

1. Dougherty ER. On the impoverishment of scientific education. *EURASIP J Bioinform Syst Biol.* 2013;2013(1):15.
2. de Leon J. Evidence-based medicine versus personalized medicine: are they enemies? *J Clin Psychopharmacol.* 2012;32(2):153-64.
3. Laín Entralgo P. *Historia de la Medicina.* Barcelona, Spain: Salvat; 1978.
4. de Leon J. Is Psychiatry only neurology? Or only abnormal psychology? Déjà vu after 100 years. *Acta Neuropsychiatr.* 2015; 27(2):69-81.
5. de Leon J. Is psychiatry scientific? A letter to a 21st century psychiatry resident. *Psychiatry Investig.* 2013;10(3):205-17.
6. Michael L. *The Undoing Project: A Friendship That Changed Our Minds.* New York: W.W. Norton & Company; 2017.
7. Montgomery K. *How Doctors Think: Clinical Judgment and the Practice of Medicine.* New York, NY: Oxford University Press; 2005.
8. Groopman J. *How Doctors Think.* Boston, MA: Houghton Mifflin Company; 2007.
9. Leroi A. *The Lagoon: How Aristotle Invented Science.* New York, NY: Viking; 2014.
10. Laín Entralgo P. Los orígenes de la experimentación biológica. In: Laín Entralgo P. *Ciencia, Técnica y Medicina.* Madrid, Spain: Alianza Editorial; 1986. p. 191-203.
11. Bernard C. *An Introduction to the Study of Experimental Medicine.* Originally published in 1865; first English translation by Henry Copley Greene. New York and London: Macmillan & Co., Ltd; 1927.
12. Polanyi M. Life's irreducible structure. Live mechanisms and information in DNA are boundary conditions with a sequence of boundaries above them. *Science.* 1968;160(3835):1308-12.
13. Feist GJ. *The Psychology of Science and the Origins of the Scientific Mind.* New Haven, CT: Yale University Press; 2006.
14. Dougherty ER. *The Evolution of Scientific Knowledge. From Certainty to Uncertainty.* Bellingham, Washington: SPIE Press; 2016.
15. Feist GJ. *The Psychology of Science and the Origins of the Scientific Mind.* New Haven, CT: Yale University Press; 2006.
16. Dougherty ER. *The Evolution of Scientific Knowledge. From Certainty to Uncertainty.* Bellingham, Washington: SPIE Press; 2016.
17. Davis FD. Phronesis, clinical reasoning, and Pellegrino's philosophy of medicine. *Theor Med.* 1997;18(1-2):173-95.
18. de Leon J, De Las Cuevas C. The art of pharmacotherapy: reflections on pharmacophobia. *J Clin Psychopharmacol.* 2017; 37(2):131-7.
19. Goldman GM. The tacit dimension of clinical judgment. *Yale J*

- Biol Med. 1990;63(1):47-61.
20. Mitchell MT. Michael Polanyi. Wilmington, DE: ISI Books; 2006.
 21. Polanyi M. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy. Chicago, IL: The University of Chicago Press; 1962.
 22. Gelwick R. Michael Polanyi and the philosophy of medicine. *Tradition and Discovery*. 1991-1992;18(3):21-9.
 23. Ross A. The Industries of the Future. New York, NY: Simon & Schuster; 2016.
 24. Jha S, Topol EJ. Adapting to artificial intelligence: Radiologists and pathologists as information specialists. *JAMA*. 2016; 316(22):2353-4.
 25. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, Ko J, Swetter SM, Blau HM, et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature*. 2017;542(7639):115-8.
 26. Dunbar R. The Human Story: A New History of Mankind's Evolution. London, UK: Faber and Faber Limited; 2004.
 27. Brooks D. What data can't do. *New York Times*: February 18, 2013. <http://www.nytimes.com/2013/02/19/opinion/brooks-what-data-cant-do.html>
 28. Baron-Cohen S: The Science of Evil. On Empathy and the Origins of Cruelty. New York, NY: Basic Books, 2011.
 29. Paulhus DL. Toward a taxonomy of dark personalities. *Curr Dir Psychol Sci*. 2014;23(6): 421-6.
 30. de Leon J, Wise TN, Balon R, Fava GA. Dealing with difficult medical colleagues. *Psychother Psychosom*. 2018;87(1):5-11.
 31. Grant BF, Hasin DS, Stinson FS, Dawson DA, Chou SP, Ruan WJ, et al. Prevalence, correlates, and disability of personality disorders in the United States: results from the national epidemiologic survey on alcohol and related conditions. *J Clin Psychiatry*. 2004;65(7):948-58.
 32. Freudenreich O, Kontos N, Querques J. The muddles of medicine: a practical, clinical addendum to the biopsychosocial model. *Psychosomatics*. 2010;51(5):365-9.
 33. Skrabanek P, McCormick J. Follies and Fallacies in Medicine, 3rd edition, Whithorn, UK: Tarragon Press; 1998.
 34. Brage R. Eccentric Culture. A Theory of Western Civilization. South Bend, IN: St. Augustine's Press; 2002.
 35. Slavney PR, McHugh PR. Hebraic and Hellenic. In: PR Slavney, PR McHugh. *Psychiatric Polarities*. Baltimore, Ma: The Johns Hopkins University Press; 1987. p. 71-84.
 36. Ortega y Gasset J. The Revolt of the Masses. New York, NY: W. W. Norton and Company; 1932.
 37. Morabia A. P. C. A. Louis and the birth of clinical epidemiology. *J Clin Epidemiol*. 1996;49(12):1327-33.
 38. Morabia A. In defense of Pierre Louis who pioneered the epidemiological approach to good medicine. *J Clin Epidemiol*. 2009;62(1):1.e1-5.
 39. Vandenbroucke JP. Evidence-based medicine and "médecine d'observation". *J Clin Epidemiol*. 1996;49(12):1335-8.
 40. Mathews JR. Quantification and the Quest of Medical Certainty. Princeton NJ: Princeton University Press; 1995.
 41. Fernández-Guerrero IM, Torralbo M, Fernández-Cano A. A forerunner of qualitative health research: Risueno's report against the use of statistics. *Qual Health Res*. 2014;24(1):124-35.
 42. Olmstead JMD, Olmstead EH: Claude Bernard & The Experimental Method in Medicine. New York, NY: Henry Schuman; 1952.
 43. Murphy TD. Medical knowledge and statistical methods in early nineteenth-century France. *Med Hist*. 1981;25(3):301-19.
 44. Morabia A. Claude Bernard was a 19th century proponent of medicine based on evidence. *J Clin Epidemiol*. 2006;59(11):1150-4.
 45. Popper K. Conjectures and Refutations. New York: Harper Torchbooks; 1963.
 46. Freud S. Project for a Scientific Psychology. The Standard Edition of the Complete Psychological Works of Sigmund Freud. London, UK: Hogarth Press; 1955-1974. Vol 1; p. 283-397.
 47. Wortis J. Freud the novelist. *Biol Psychiatry*. 1992;32(12):1063-4.
 48. Hermoso J. George Steiner. *Babelia*. July 1, 2016. http://cultura.elpais.com/cultura/2016/06/29/babelia/1467214901_163889.html
 49. Papini G. A visit to Freud, 8 May 1934. In: Ruitenbeek HM, ed. *Freud as We Knew Him*. Detroit, MI: Wayne State University Press; 1973. p. 98-102.
 50. Giovacchini PL. A Narrative Textbook of Psychoanalysis. Northvale, NJ: Jason Aronson Publishers; 1985.
 51. Kirkbright S. Karl Jaspers: A Biography. *Navigations in Truth*. New Haven, CT: Yale University Press; 2004.
 52. Jaspers K. General Psychopathology. Translated from the German 7th edition by Hoenig J and Hamilton MH. Manchester: Manchester University Press; 1963.
 53. de Leon J. One hundred years of limited impact of Jaspers' General Psychiatry on US psychiatry. *J Nerv Ment Dis*. 2014; 202(2):79-87.
 54. Feinstein AR. An additional basic science for clinical medicine: I. The constraining fundamental paradigms. *Ann Intern Med*. 1983;99(3):393-7.
 55. Feinstein AR. An additional basic science for clinical medicine: II. The limitations of randomized trials. *Ann Intern Med*. 1983; 99(4):544-50.
 56. Feinstein AR. An additional basic science for clinical medicine: III. The challenges of comparison and measurement. *Ann Intern Med*. 1983;99(5):705-12.
 57. Feinstein AR. An additional basic science for clinical medicine: IV. The development of clinimetrics. *Ann Intern Med*. 1983; 99(6):843-8.
 58. Feinstein AR. *Clinimetrics*. New Haven, CT: Yale University Press; 1987.
 59. McKusick VA. The anatomy of the human genome: a neo-Vesalian basis for medicine in the 21st century. *JAMA*. 2001;286(18):2289-95.
 60. Fischer EP, Lipson C. Thinking About Science. Max DelBrück and the Origins of Molecular Biology. New York, NY: WW Norton & Co; 1988.
 61. Burnside RD. 22q11.21 deletion syndromes: a review of proximal, central, and distal deletions and their associated features. *Cytogenet Genome Res*. 2015;146(2):89-99.
 62. Lynch HT, Lynch PM, Lanspa SJ, Snyder CL, Lynch JF, Boland CR. Review of the Lynch syndrome: history, molecular genetics, screening, differential diagnosis, and medicolegal ramifications. *Clin Genet*. 2009;76(1):1-18.
 63. Silver N. *The Signal and the Noise*. New York, NY: Penguin Books; 2012.
 64. Ioannidis JP. Why most published research findings are false. *PLoS Med*. 2005;2(8):e124.
 65. Ioannidis JP. Evidence-based medicine has been hijacked: a report to David Sackett. *J Clin Epidemiol*. 2016;73(5):82-6.
 66. Baca-García E, Perez-Rodriguez MM, Basurte-Villamor I, Saiz-Ruiz J, Leiva-Murillo JM, de Prado-Cumplido M, et al. Using data mining to explore complex clinical decisions: A study of hospitalization after a suicide attempt. *J Clin Psychiatry*. 2006; 67(7):1124-32.
 67. Wang W, Krishnan E. Big data and clinicians: a review on the state of the science. *JMIR Med Inform*. 2014;2(1):e1.
 68. Baca-García E, Perez-Rodriguez MM, Saiz-Gonzalez D, Basurte-Villamor I, Saiz-Ruiz J, Leiva-Murillo JM, et al. Variables associated with familial suicide attempts in a sample of suicide attempters. *Prog Neuropsychopharmacol Biol Psychiatry*. 2007; 31(6):1312-6.
 69. Emmert-Streib F, Moutari S, Dehmer M. The process of analyzing

- data is the emergent feature of data science. *Front Genet.* 2016 Feb 9;7:12.
70. Dougherty ER. On the epistemological crisis in genomics. *Curr Genomics.* 2008;9(2):69-79.
 71. Subramanian J, Simon R. Overfitting in prediction models - is it a problem only in high dimensions? *Contemp Clin Trials.* 2013; 36(2):636-41.
 72. Engel GL. The need for a new medical model: a challenge for biomedicine. *Science.* 1977;196(4286):129-36.
 73. Engel GL. The clinical application of the biopsychosocial model. *Am J Psychiatry.* 1980;137(5):535-44.
 74. McLaren N. A critical review of the biopsychosocial model. *Aust N Z J Psychiatry.* 1998;32(1):86-92.
 75. Ghaemi SN. *The Rise and Fall of the Biopsychosocial Model: Reconciling Art and Science in Psychiatry*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press; 2012.
 76. Fava GA, Sonino N. From the lesson of George Engel to current knowledge: the biopsychosocial model 40 years later. *Psychother Psychosom.* 2017;86(5):257-9.
 77. McHugh PR. Rendering mental disorders intelligible: addressing psychiatry's urgent challenge. In: Kendler KS, Parnas J, ed. *Philosophical Issues in Psychiatry II. Nosology: International Perspectives in Philosophy and Psychiatry.* Oxford UK: Oxford University Press; 2012. p. 269-80.
 78. Fava GA. The intellectual crisis of psychiatric research. *Psychother Psychosom.* 2006;75(4):202-8.
 79. Berrios GE, Markova IS. Conceptual issues. In: D'haenen H, den Boer JA, Willner P, ed. *Biological Psychiatry.* Chichester, UK: John Wiley & Sons, Ltd; 2002. p. 1-24.
 80. McHugh PR. Striving for coherence: psychiatry's efforts over classification. *JAMA.* 2005;293(20):2526-8.
 81. Michell J. *Measurements in psychology. A critical history of a methodological concept.* Cambridge, UK: Cambridge University Press; 1999.
 82. Berrios GE. De la fenomenología a la estadística. In: Bulbena Villarasa A, Berrios GE, Fernandez de Larrinoa Palacios P, ed. *Medición Clínica en Psiquiatría y Psicología.* Barcelona, Spain: Masson; 2000. p. 3-13.
 83. Open Science Collaboration. PSYCHOLOGY: Estimating the reproducibility of psychological science. *Science.* 2015; 349(6251):aac4716.
 84. Ioannidis JP. Why most clinical research is not useful. *PLoS Med.* 2016;13(6):e1002049.
 85. Knottnerus JA, Tugwell P. Tailoring research to stakeholders. *J Clin Epidemiol.* 2013;66(6):583-4.
 86. Schwartz MA, Mishara AL, Wiggins OP. The biopsychosocial model is not a strawman. How Jaspers' phenomenology opens the way to a paradigm shift in psychiatry. *Existenz.* 2011;6(2):19-24.
 87. Saraga M, Fuks A, Boudreau JD. George Engel's epistemology of clinical practice. *Perspect Biol Med.* 2014;57(4):482-94.
 88. de Leon J. The future (or lack of future) of personalized prescription in psychiatry. *Pharmacol Res.* 2009;59(2):81-9.
 89. Lyman GH, Moses HL. Biomarker tests for molecularly targeted therapies - The key to unlocking precision medicine. *N Engl J Med.* 2016;375(1):4-6.
 90. Greystoke A, Chaturvedi A. An introduction to stratified medicine. *Drug Discov Today.* 2015;20(12):1409-13.
 91. Mezzich JE. The Geneva Conferences and the emergence of the International Network for Person-Centered Medicine. *J Eval Clin Pract.* 2011;17(2):333-6.
 92. de Leon J. Focusing on drug versus disease mechanisms and on clinical subgrouping to advance personalised medicine in psychiatry. *Acta Neuropsychiatr.* 2014;26(6):327-33.
 93. Caser J, Barach P, Williams AM. Expertise in medicine: using the expert performance approach to improve simulation training. *Med Educ.* 2014;48(2):115-23.
 94. Bereiter C. *Education and Mind in the Knowledge Age.* Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 2002.
 95. L'Ecuyer C. The wonder approach to learning. *Front Hum Neurosci.* 2014;6(8):764.
 96. MacIntyre A. *After Virtue.* 3rd edition. Notre Dame, IN: University of Notre Dame; 2007.
 97. Roberts RC, Wood WJ. *Intellectual Virtues. An Essay in Regulative Epistemology.* Oxford, UK: Clarendon Press; 2007.
 98. Seoane L, Tompkins LM, De Conciliis A, Boysen PG 2nd. *Virtues education in Medical School: the foundation for professional formation.* *Ochsner J.* 2016;16(1):50-5.
 99. Ryan RM, Deci EL. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *Am Psychol.* 2000;55(1):68-78.
 100. Lyness JM, Lurie SJ, Ward DS, Mooney CJ, Lambert DR. Engaging students and faculty: implications of self-determination theory for teachers and leaders in academic medicine. *BMC Med Educ.* 2013;13(151):1-7.
 101. Fava GA. Well-being therapy: current indications and emerging perspectives. *Psychother Psychosom.* 2016;85(3):136-45.
 102. Furtner MR, Rauthmann JF, Sachse P. Unique self-leadership. A bifactor model approach. *Leadership.* 2015;11(1):105-25.
 103. Brewer T. The coup that failed; how the near-sacking of a university president exposed the fault lines of American higher education. *Hedgehog Rev.* 2014;16(2):1-10.
 104. Eliot TS. *The Waste Land (Norton Critical Editions).* New York, NY: W. W. Norton & Company; 2000.