



REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE LA REGIÓN DE MURCIA

SESIÓN EXTRAORDINARIA Y SOLEMNE DE RECEPCIÓN
COMO ACADÉMICO CORRESPONDIENTE

DISCURSO DE INGRESO

EL MÉDICO ANTE EL DESAFÍO DEL MUNDO DIGITAL

POR EL

Dr. D. Juan Antonio Gómez Company



DISCURSO DE PRESENTACIÓN

POR LA

Ilma. Sra. Dra. Dña. María del Carmen Sánchez Álvarez



27 de abril de 2023

MURCIA



DISCURSOS

LEÍDOS EN LA SESIÓN EXTRAORDINARIA Y SOLEMNE
DE RECEPCIÓN COMO ACADÉMICO CORRESPONDIENTE,
CELEBRADA POR LA

REAL ACADEMIA DE MEDICINA Y CIRUGÍA DE LA REGIÓN DE MURCIA

el día 27 de abril 2023

Discurso de ingreso

por el

Dr. D. Juan Antonio Gómez Company

‘El médico ante el desafío del mundo digital’

Discurso de presentación

por el

Ilma. Sra. Dra. Dña. María del Carmen Sánchez Álvarez

Académica de Número. Real Academia de Medicina y Cirugía
de la Región de Murcia

Edita:



*Real Academia de Medicina y Cirugía
de la Región de Murcia*

Realización y producción:

Juana Alegría (juanialeagriagarcia@gmail.com)

Depósito Legal:

MU 388-2023

Índice:

• Discurso de presentación	7
• Discurso de ingreso.....	17
El médico ante el desafío del mundo digital.....	25
◦ La necesaria transformación digital de la salud	29
– Nuestro reto de futuro: conseguir la medicina de las ‘5P’ ..	32
– Cambio en el paradigma: los grandes protagonistas en el siglo XXI	33
◦ Breve historia de la Inteligencia Artificial en salud	37
◦ ¿Qué es la Inteligencia Artificial?	45
◦ Machine Learning, redes neuronales, Deep Learning y Big Data	49
– Similitudes: Inteligencia Humana & Inteligencia Artificial	51
– La inteligencia artificial y su revolución en el sector salud	52
– Barreras al desarrollo de tecnologías de la IA en Salud	53
◦ Uso de la inteligencia artificial en medicina	55
◦ La IA en salud en el momento actual	67
◦ El médico ante la inteligencia artificial: Grandes debilidades de la inteligencia artificial	69
◦ ¿Amenaza o ayuda?: ¿Está en peligro la figura del médico por la llegada de la Inteligencia Artificial?	73
◦ Bibliografía.....	75

Discurso de presentación

por el

Ilma. Sra. Dra. Dña. María del Carmen Sánchez Álvarez

Académica de Número. Real Academia de Medicina y Cirugía
de la Región de Murcia

Mi primer contacto con Juan fue cuando sus padres, aprovechando que yo viajaba a Granada, me lo confiaron para llevarlo a casa de sus tías. El viaje estuvo amenizado con su continua charla, que me sorprendió enormemente, pues aunque él tenía 9 años, su conversación parecía de un adulto, tanto en los temas que habló como en la forma de expresarlos: se me quedó grabado en el recuerdo la vivacidad y la alegría que tenía. Pensé que era un niño muy especial: no me equivoqué: todo le interesaba: la música, (hoy toca varios instrumentos, guitarra, piano, caja..), las manualidades (cuando era niño desmontaba los juguetes para volver a montarlos, los entresijos manuales eran un reto para él): las aventuras, (quería ser piloto) y sobre todo la amistad: sus amigos de la infancia le acompañan hoy, y los amigos que ha ido encontrando en la vida continúan orgullosos de su amistad.

El hombre en que hoy se ha convertido es un hombre polifacético: su interés por todo ha hecho que desarrolle sus aficiones convirtiéndolas en una inmejorable aportación a la sociedad.

Juan hoy es médico. Tras acabar la carrera de medicina en la Universidad de Murcia, (1995) se especializó en Medicina Familiar y Comunitaria en el Hospital Virgen de la Arrixaca; (1997-2000). Durante el periodo de Residencia, hacía las guardias de presencia física en la Puerta de Urgencias. En esa época los médicos adjuntos de urgencias hacían una selección de entre los Residentes que terminaban su especialidad, basándose en sus conocimientos y sus valores personales. Juan fue uno de los elegidos. Y nada más terminar la especialidad fue contratado en el Servicio de Urgencias formando parte de la Plantilla

a tiempo completo. Posteriormente (2008) consiguió la plaza en propiedad de especialista de área en urgencias hospitalarias del mismo hospital, donde continúa actualmente.

Desde su llegada, se integró totalmente en el servicio, teniendo un gran compromiso con el desarrollo de sus funciones, además de amplios conocimientos, siendo un magnífico compañero con gran empatía con todos.

Su pasión por las máquinas le ha hecho un experto en informática: como buen informático, es un gran organizador: pone orden en el caos de la vida. Así nada más llegar a Urgencias pensó en la posibilidad de organizar un sistema informático para disminuir la carga asistencial en el Servicio: Él creó una APP (aplicación de software) en unos ordenadores portátiles de bolsillo (PDA), para que los médicos tuvieran la misma información en todo momento.

Así Juan es un pionero y un revolucionario: Es el PIONERO con mayúscula. Él creó la aplicación antes siquiera que se pensara en utilizar la informática como sistema de gestión de historias en los hospitales. Al mismo tiempo, fue un revolucionario, pues cuando creó su app para su uso en urgencias, despegó totalmente la informática como medio de trabajo habitual. El servicio de Urgencias fue el primero de los servicios en Murcia que tuvo un soporte informático.

Este primer paso que él dio, continuó con máquinas de todas las formas y colores, hasta llegar a los ordenadores con petición de Analíticas, Historia de los enfermos, Informes Radiológicos, de Anatomía Patológica, de Laboratorio, teniendo acceso a todo tipo de información hasta llegar al programa Selene, en el que él fue director de la implantación del mismo en el hospital, programa ampliado posteriormente y utilizado a día de hoy en todo el Servicio Murciano de Salud.

Bien joven realizó su tesis doctoral sobre medidas de soporte respiratoria en la insuficiencia respiratoria extrema: así su formación se convirtió en obsesión por la Ventilación Mecánica No Invasiva, obsesión que compartió y comparte con todos los componentes del servicio de Urgencias, mediante cursos, jornadas, y talleres de formación impartidos por él. Desde hace casi 24 años dirige y coordina el curso anual de

Ventilación no invasiva en el fracaso agudo de la respiración, dirigido a Médicos y enfermeros de Murcia. Gracias a él aparecieron este tipo de máquinas en urgencias con el fin de no intubar al paciente. Cuántos enfermos que hubieran acabado en la Unidad de Cuidados Intensivos se han beneficiado de esa pasión suya. En palabras de sus amigos: *‘La aportación de esta iniciativa fue sencillamente increíble, tanto para el paciente como para el Hospital (principalmente la UCI)...’*

Su amor por la medicina de urgencias es bien conocido: Toda su formación clínica y profesional ha estado encaminada hacia la medicina de urgencias, desde la realización de su tesis doctoral en fracaso respiratorio agudo, la realización de Master universitario en medicina de emergencias, formación como instructor en cursos de soporte vital básico y avanzado, en simulación clínica, cursos de asistencia en patología traumática grave, cursos de ventilación mecánica no invasiva.

Con esta buena formación posteriormente también ha tenido una actividad docente imparable, habitualmente con los temas que el domina, participando en múltiples cursos de atención al paciente grave, cursos de preparación MIR, cursos de soporte vital básico y avanzado, socorrismo, resucitación Cardiopulmonar para distintos estamentos, tanto a médicos, enfermeros, universitarios como otros (bomberos, aulas senior)...

Dada su amplia formación en distintos temas, ha participado activamente en distintas comisiones hospitalarias del Hospital Virgen de la Arrixaca (Ventilación no invasiva, Seguridad del Paciente, Comisión de compras y recursos tecnológicos) Donde veía un problema buscaba de inmediato una solución, apoyado por su pasión informática: así fue diseñador de aplicaciones disponibles en plataformas móviles, para dosificación de fármacos, para la administración de un servicio de urgencias, para la gestión administrativa...

Todos estos valores han sido bien reconocidos tanto en el Hospital como en el Servicio Murciano de Salud: en 2012 fue nombrado **Subdirector médico de los Servicios médicos del hospital Virgen de la Arrixaca**, cesando en 2015, cuando fue nombrado **Coordinador Asistencial Regional y Codirector de los Sistemas de Información**

Sanitarios del Servicio Murciano de Salud, en la Subdirección de proyectos e innovación, y en la Subdirección de Tecnologías de la Información, cargo en el que continúa actualmente.

Este nombramiento crucial y único en la historia del SMS recae sobre la mejor persona que se podría encontrar: Juan es la conexión entre la Medicina y el Sistema Informático. Son dos lenguajes muy complejos, por lo que es necesario tener conocimientos muy claros en ambos campos para poder conectarlos de forma coherente, así que es una persona imprescindible, tanto para el SMS como para toda la Región de Murcia. (Su hermana María lo define como el traductor médico-informático).

Desde 2015 es coordinador de los proyectos informáticos que se han ido realizando a lo largo de estos años: proyecto de imagen Cardíaca, Interconsulta no presencial del SMS, electrocardiografía digital, historia clínica electrónica de UCI (proyecto ICCA); proyectos SENDA (para evitar contagios de la población en los centros del SMS), hemodinámica cardíaca, dispositivos endoscópicos y muchos otros. Como experto en sistemas de información es miembro de la comisión CARE: comisión regional asesora de especialidades del servicio murciano de salud, tanto en atención primaria como en atención hospitalaria. Durante la época de la pandemia Covid ha sido diseñador y elaborador de infografía para conocimiento de la patología COVID, de circuitos para cuidado de profesionales y pacientes, seguimiento domiciliario de pacientes, comunicación con residencias sociosanitarias...

También como es lógico, su actividad docente ha mutado, haciendo extensivos sus amplios conocimientos informáticos a todos los estamentos y haciendo público los sistemas de información no sólo en la región de Murcia, sino que es llamado por otras regiones al estar reconocido como un gran experto. Múltiples comunicaciones nacionales e internacionales, libros y publicaciones avalan su trayectoria.

La Sociedad Murciana de Cardiología por la labor realizada en los sistemas de información de Cardiología del Servicio Murciano de Salud, le hizo entrega de una placa conmemorativa de plata con la leyenda 'por su importante contribución a la modernización tecnológica de la

cardiología en la Región de Murcia, así como por su espíritu de trabajo y disponibilidad’.

Espíritu de trabajo, efectivamente: su labor diaria en el Edificio Habitamia no impide que su asistencia hospitalaria tenga merma, puesto que, aunque encontró su lugar en el desarrollo de la informática, el sigue siendo el buen médico de urgencias, por lo que continúa su labor asistencial realizando guardias en el servicio de Urgencias del hospital Virgen de la Arrixaca. El jefe de Servicio Diego Teruel, en su nombre y el de sus compañeros comenta:

Juan es uno más del servicio al que queremos, respetamos y admiramos. Gracias a él todos y cada uno de los miembros del Servicio manejan un ordenador y colocan Ventilación Mecánica No Invasiva, con la destreza que esta Puerta de Urgencias exige. Siempre con una sonrisa. Estoy seguro de que en el futuro seguirá aportando ideas y mejorando lo que tiene a su alrededor. Te quiero. ¡¡¡Te queremos!!!.

JUAN tiene muchas, muchas virtudes:

- Gusta mucho de los trabajos manuales De pequeño siempre estaba rodeado de máquinas, cables. (hoy sigue igual: el mejor regalo para él es un cable para tal máquina, un complemento de informática para su música (solo él sabe para qué sirve).
- Su pasión por la música le ha llevado a formar un grupo de música de canciones de los 80. En el grupo es la voz, y toca la guitarra; en realidad podría ser un hombre orquesta, pues toca la caja, el piano, le entusiasman los instrumentos, pero en especial le gusta la mesa de mezclas: vuelve a ponerse de muestra su interés por los cables. El grupo nació en 2014 en el sótano de su casa (razón por lo que el grupo lleva el nombre del Sótano del Doctor. Junto con su amigo Fernando iniciaron el grupo al que se unieron posteriormente otros hasta conformar el grupo bien conocido en Murcia. Aparte de disfrutar enormemente con la música, colaboran altruistamente

en multitud de eventos para recaudación de fondos destinados a organizaciones no gubernamentales: Asociación contra el cáncer, Cruz roja de Murcia, Asociación de espina bífida, Organización Nacional de Trasplantes, Banco de alimentos..

- Tiene pasión por los deportes en especial por el esquí: ningún año deja de acudir con sus amigos a los Dolomitas.
- Juan Antonio es una persona cuya actitud ante la vida es totalmente positiva, busca siempre la parte buena de todo; él aporta, suma, ayuda a quien se le acerque. Ama la vida, y absorbe todo lo que la vida le da. Nunca nadie verá si está mal: siempre mostrará su cara mejor, para no molestar a los demás. Amigo y compañero de todos, tanto en el trabajo como en la vida. Y además es un gran conciliador de problemas. Su mujer, María Dolores (COCO) lo define como ‘la expresión de la bondad’.

Aunque la vida le ha dado muchos sinsabores, le ha recompensado con una magnífica familia: su madre tremendamente orgullosa de su hijo. Sus hijos lo adoran: Su hija Lucía ha heredado de él muchas cosas, pero también su pasión por la música: su maravillosa voz. Su hijo Juan no se parece a su padre: es mucho más tranquilo, pero se está convirtiendo en el contrapunto de nuestro académico, le pone los pies en el suelo. Ambos adoran estar con él. Su mujer, con la que comparte la pasión por la medicina es el soporte ideal para un hombre tan difícil de seguir en su actividad: ella ama el deporte, la medicina, la música, ella ama la vida, pero sobre todo lo ama profundamente.

Estamos pues, ante un hombre excepcional, bueno y generoso, con una gran capacidad de trabajo, y de trabajo innovador y bien hecho, adelantado en su tiempo, un médico que ha hecho avanzar la medicina.

El tema que el domina y que hoy nos presenta es el de la inteligencia artificial: considerada por muchos prohombres como un arma de doble filo, la IA hace más fácil y segura la vida del hombre (medios de transporte más seguros, acceso a la información rápida, utilización de robots en tareas peligrosas, etc). Pero, por otra parte, hay quien considera

que el desarrollo de la IA puede convertirla en un peligro para la humanidad, pues el desarrollo creciente hará que pueda tomar decisiones anticipadas a las del hombre, convirtiéndose así en una amenaza. En el campo de la medicina los avances ya son espectaculares, (la telemedicina, los robots quirúrgicos, los robots asistenciales, la simulación de la investigación en medicamentos...; en el futuro encontraremos tecnologías para tratamiento o modificación de algunas conductas o de enfermedades, con implantación de microchips.... Su conferencia nos mostrará hoy como la medicina y la tecnología trabajan juntas para conseguir una mejor asistencia al paciente, y hacer más fácil el trabajo de los sanitarios.

Juan en su conferencia nos demostrará como la Inteligencia Artificial nos ayudará a acercarnos a la medicina del futuro (que ya es presente) de la Medicina.

Pertenecer a la Real Academia de Medicina es motivo de orgullo para todos los Académicos que la forman, pero a veces, los hombres que la conforman prestigian aún más a la misma Academia: este es el caso de Juan Gómez Company. Las palabras expresadas no son suficientes para describir su contribución a la salud pública murciana. Hoy le damos la bienvenida con el nombramiento de Académico correspondiente, en reconocimiento a su talento y trabajo: pero dada su juventud, sus expectativas de progresión, sé que sus acciones futuras, contribuirán aún más al mayor brillo de nuestra Academia.

Discurso de ingreso

**‘El médico ante el desafío
del mundo digital’**

por el

Dr. D. Juan Antonio Gómez Company

Coordinador Clínico Asistencial Sistemas de Información
Servicio Murciano de Salud

Médico Especialista en Urgencias Hospitalarias
Hospital Clínico Universitario Virgen de la Arrixaca. Murcia

*'La medicina y la tecnología trabajan juntas
para hacer posible lo imposible'*

Dra. Shafi Ahed

*Cirujana oncológica
y especialista en realidad virtual y aumentada*

*Excmo. Sr. Presidente de la Real Academia de Medicina y Cirugía
de la Región de Murcia.*

Excelentísimos e Ilustrísimos Sres. Académicos.

Querida familia, compañeros, amigas y amigos.

Señoras y Señores.

Quiero comenzar este discurso de ingreso en la Academia como no podía ser de otra forma con palabras de agradecimiento.

Constituye para mí un verdadero honor formar parte de tan ilustre Academia, ya que es una Real Institución en la que el estandarte de mi vida, mi padre, el Doctor D. Juan Gómez Rubí creía y veneraba. Aún recuerdo la célebre frase de Groucho Marx que él repetía de vez en cuando *‘nunca perteneceré a un club que admita tipos como yo’*, palabras que tras su ingreso en la Academia perdieron su significado.

Agradecido pues a mi padre, por lo mucho que me enseñó y sobre todo porque me supo transmitir los valores y conocimientos necesarios para afrontar el duro y a la vez apasionante mundo de la Medicina. Él me acompañó a lo largo de toda mi trayectoria académica y me animó, sin a veces demasiada voluntariedad por mi parte, a realizar un sinnúmero de cursos y másters, muchas tardes y noches sin salir con mis amigos para quedarme en su UCI aprendiendo a intubar, a coger vías, a realizar gasometrías, etc..., que con el paso del tiempo he sabido agradecer. Muchos de los aquí presentes fueron testigos de mi relato.

Agradecimiento, como no, a la Dra. Dña. Carmen Sánchez Álvarez, ya que un día se acercó a mí y me dijo que me quería proponer para ac-

ceder a esta noble institución a la que yo había ansiado pertenecer algún día, y por supuesto a todos los compañeros de Cuidados Intensivos a los que siempre he considerado como parte de mi familia, e incluyo a personal facultativo y no facultativo. Ya sabéis que he pasado de niño y de adulto muchas horas entre esas paredes y todo hacía vosotros son solo palabras de agradecimiento.

Agradecimiento a mi mujer porque siempre está ahí cuando la necesito y es un pilar fundamental en mi vida. A mi madre, a mi hermana, y a mis hijos, aquí presentes, por saber soportar los sinsabores que han supuesto la preparación de este discurso y por supuesto al resto de mi familia, que han venido de lejos y que siempre han estado ahí, en los buenos y en los malos momentos. Ya sabéis lo mucho que os quiero a todos.

Y, como no, agradecer a mis compañeros de Urgencias, por ser muchos de ellos ‘padres’, a la vez que compañeros y por no tener el más mínimo reparo en transmitir sus conocimientos para que pasarán a formar parte de los míos. De verdad que estar de guardia con todos y cada uno de vosotros es un lujo y una experiencia. Dentro de mis compañeros no puedo dejar de hacer una mención especial a mi amigo Luis Muñoz, fuente de sabiduría y perseverancia en el trabajo donde los haya. Mi padre estaba en lo cierto cuando me dijo *‘pégate a Luis, que él te va a enseñar cómo trabaja y es un médico de verdad’*. Luis constituye el ejemplo del *‘Buen médico y médico bueno’* que todos debemos perseguir.

Y no puedo dejar a un lado a mis compañeros de mi nueva etapa tanto de la Subdirección de Proyectos de Innovación como de la Subdirección de Tecnologías de la Información. Está claro que cuando quieres realizar algo rápido, puedes hacerlo solo, pero cuando quieres llegar lejos y hacer algo robusto, tienes que ir acompañado, y no hay mejor compañía que vosotros. Demostráis día a día que el trabajo en equipo funciona y a pesar de lo que se diga hay reuniones que sirven para mucho.

Y, como no, dentro de los agradecimientos no puedo dejar de nom-

brar a mis queridos amigos, por acompañarme todos estos años y siempre estar cuando los necesito, y en especial a mi hermana Nina, que hace unos años ya que nos dejó y todavía sigue siendo para mí día tras día una fuente de inspiración.

Mis primeras vivencias como médico transcurrieron en la Unidad de Cuidados Intensivos, mientras hacía la carrera de Medicina, a la que acudía día tras día para ir aprendiendo distintos aspectos de la profesión... Lo primero que llamó mi atención es que la vida en la UCI para los enfermos constituía un paréntesis que tenía tendencia natural a olvidar, lo que explica la amarga queja de los intensivistas cuando comprueban que, en la mayoría de las ocasiones, las expresiones de gratitud se dirigen a las personas que los atendieron en el último lugar, olvidando los que ocuparon la vanguardia en la lucha por conservar la vida y las funciones vitales.

Me van a permitir que cite textualmente un párrafo del libro *Ética en medicina crítica*⁽¹⁾ que escribió mi padre tras sufrir una enfermedad y pasar unos días ingresado en la Unidad de Cuidados Intensivos que el mismo había diseñado y configurado:

‘Creo que estuve seis días en la UCI, los tres primeros intubado y bajo ventilación mecánica, sobre los que no conservo ningún recuerdo, y el resto extubado y consciente. A pesar del intenso cansancio que tenía, no conseguí dormir nada durante todo este periodo. Y aunque en ellos probablemente influyeron diversos factores, conservo en la memoria especialmente dos: el temor a que si me quedaba dormido pudiera desprenderse alguno de los drenajes, cables, vías vasculares o sondas que salían de mi cuerpo, y que todo el que se acercaba me advertía del cuidado que debía tener al moverme para evitar que ello ocurriera, y la inseguridad que me generaba el sistema de alarmas para detección automática de los cambios fisiológicos en los pacientes, cuyas señales acústicas y ópticas se activaban continuamente, sin que yo pudiera saber si

procedían de alguna alteración en mis constantes o de algún vecino de las camas próximas. El intervalo hasta que dejaba de sonar la alarma, probablemente breve pero reiterado, me provocaba una sensación de angustia y ansiedad que me obligaban a una forzada vigilia. A ello contribuyó también el sistema de vigilancia, que precisamente yo había diseñado en su día, que en esta área de la unidad incluía un sistema de circuito cerrado de televisión para reforzar la vigilancia de los enfermos, de tal forma que desde el control de enfermería se dispusiera de visión de los seis enfermos correspondientes, sin que ellos sepan que están siendo observados, lo que genera una sensación de desamparo difícil de superar’.

El médico ante el desafío del mundo digital

Medicina y tecnología han estado siempre unidas y relacionadas. Gracias a los avances de la tecnología hemos conseguido que parada cardíaca ya no sea un sinónimo de muerte (*gracias a la desfibrilación*) y que parada respiratoria ya no sea sinónimo de muerte (*gracias a la ventilación artificial*). En los últimos 20 años hemos conseguido que la Medicina avance mucho más que en el último siglo, y en gran parte gracias a la evolución tecnológica. Nunca habríamos pensado el alcance que tendría en nuestros días.

Me gustaría comenzar esta exposición con una pequeña reflexión. Pongámonos en la situación de estar delante de nuestro médico, y pensemos en la última vez que nos asistió como pacientes. Posiblemente, si preguntara acerca de la opinión y el trato recibido a muchos de ustedes, la opinión sería variopinta: ‘no me miró ni a la cara, porque estaba consultando el ordenador en todo momento’, ‘apenas me dejó contarle lo que me pasaba, y sólo fue directo a recetarme’, ‘ni me exploró’, ‘no me miró a los ojos’. Seguramente cada uno de nosotros tenemos una percepción distinta de cómo fue esa última visita. Algunos buena, algunos regular y otros incluso mala.

Vivimos en un mundo muy complejo, y, si hablamos en concreto de nuestro sistema sanitario, cada día es más complicado dar una asistencia sanitaria adecuada. Paradójicamente, tenemos uno de los mejores

sistemas sanitarios del mundo, pero cada vez está más saturado y eso causa una insatisfacción general. Los usuarios o pacientes cada vez tienen que soportar unas listas de espera más largas, los médicos y sanitarios pensamos que deberían de pagarnos mejor y tener tiempo para realizar una asistencia adecuada, y muchos sufren o están al borde de sufrir el llamado síndrome del *Burn Out*.

El médico está preparado para ser médico, es decir, para diagnosticar adecuadamente a los pacientes y saber curar, pero nunca ha sido formado para administrar y gestionar los recursos, cada día más limitados en nuestra sanidad pública. De repente, los médicos nos hemos visto sometidos a ser ‘verdugos’ en administración y priorización de los recursos en muchas circunstancias, algo para lo que no estamos preparados. Tal y como se ha puesto de manifiesto en la reciente pandemia COVID, hemos tenido que administrar el recurso de ‘última cama’, teniendo que decidir a quien sí y a quien no se aplica un tratamiento invasivo ya que en muchas circunstancias no había camas disponibles, incluso ni respiradores mecánicos para aplicar ventilación. Podéis creerme que éstas son de las situaciones más difíciles a las que un médico tiene que someterse.

El médico ya no puede dedicar a cada paciente el tiempo que requiere debido a esa masificación de la que hablábamos y, además, gran parte de su tiempo y de su trabajo se dedica a introducir datos en ordenadores, realizar laboriosos informes, y muchas tareas burocráticas que antes no tenía que realizar.

En definitiva, estamos haciendo que los médicos seamos esclavos de un sistema que lo que hace es priorizar la eficiencia, intentar reducir los errores y en última instancia, reducir los costes. En definitiva, estamos convirtiendo nuestro sistema en un sistema sanitario que no ve al paciente como un ser humano, sino que lo reduce a informes y datos.

¿Es posible que nuestra medicina se esté deshumanizando?

Desde antaño, la relación entre médicos y pacientes era muy apreciada. Éste hecho quedó plasmado en un famoso cuadro titulado *Ciencia y Caridad*⁽²⁾ de nuestro pintor Pablo Picasso. En ese acto médico había confianza, presencia, tiempo suficiente para establecer una empatía y se establecía una conexión humana. Los pacientes se sentían escuchados y se preocupaban e intentaban ayudar en todo. Por otro lado, los médicos tenían la sensación de que sus decisiones trascendían y eran tomadas en consideración.

Ese tipo de relación era considerada como ‘paternalista’, en la que el médico era el que tomaba las decisiones muchas veces sin tener en cuenta las opiniones del paciente, y permaneciendo éste como un sujeto pasivo.



La necesaria transformación digital de la salud

La Medicina es una disciplina en constante evolución y cambio. Desde los avances en la investigación médica hasta las nuevas tecnologías y aplicaciones digitales, los médicos se enfrentan a una serie de desafíos y oportunidades. Hoy en día, el mundo digital ha revolucionado la forma en que nos relacionamos y nos comunicamos y la medicina no ha quedado ajena a esa realidad, pero necesita una profunda transformación para adaptarse de la mejor forma posible.

Para lograr esa transformación digital y encontrar resultados distintos, es necesario cambiar nuestra forma de actuar y de hacer las cosas en sanidad. Tal y como nos decía el sabio Albert Einstein⁽³⁾ *‘si quieres obtener resultados distintos, tienes que dejar de hacer siempre lo mismo’*. Es necesario transformar la medicina, pero no reforzarla y aumentar sus costes, sino que el eje vertebrador de dicha transformación es y debe ser la tecnología. Esta necesidad de transformación se ha visto acelerada durante los últimos tres años donde la pandemia ha servido como detonante para activar nuevos protocolos y procesos, poniendo de manifiesto en muchas ocasiones la ineficiencia de los actuales sistemas de salud.

Para realizar de forma satisfactoria esta transformación es necesario vencer una serie de obstáculos y desafíos:

- **Ruido digital:** es un reto importante en la salud digital evitar todos los factores que ‘enturbian’ la información que les llega a los pacientes. Hoy día, a través de los medios de comunicación, especialmente Internet, existe mucha información que puede estar

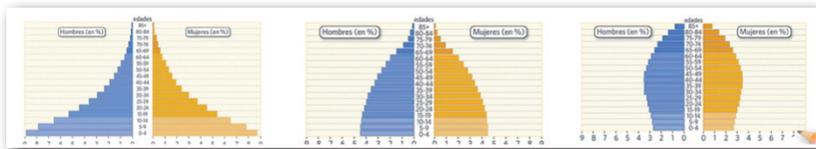
sesgada y por consiguiente confundir a los pacientes. Es necesario convencer a nuestros pacientes de que eviten el llamado '*Dr. Google*', es decir, buscar en el navegador de Internet algo referente a una enfermedad, sin filtrar que la información a la que se accede pueda ser científicamente válida.

- ***Brecha o vacío digital:*** según la información recogida por el Instituto Español de Estadística (INE), en 2040 España será el país con más ancianos del mundo. Por otro lado, y haciendo referencia a nuestra población de Murcia, casi el 20% tiene analfabetismo o carece de estudios. Está claro que a estos dos grupos será más difícil acceder desde el punto de vista digital, por lo que puede suponer un obstáculo importante para hacerles llegar la información que se pretende.
- ***Interoperabilidad:*** a la hora de construir un mundo digital en lo que a la salud se refiere, no debemos disponer de herramientas y aplicaciones aisladas, sino que todo debe formar parte de un tronco común donde converjan todas y cada una de ellas. En otras palabras, debemos facilitar a pacientes y a profesionales que cada una de las aplicaciones referidas a su salud estén interconectadas, lo que se denomina interoperabilidad. De esa forma conseguiremos que el paciente sea el 'centro' de la asistencia sanitaria y en él aseguremos una correcta línea de actividad asistencial continuada.
- ***Protección de datos:*** uno de los principales desafíos a los que se enfrenta la transformación digital es la protección de la privacidad y la seguridad de los datos clínicos de los pacientes, categorizada como especialmente sensible. Con la creciente digitalización de los registros médicos, es importante disponer de herramientas y conocimientos necesarios para proteger la información personal de los pacientes y garantizar su seguridad.

El aumento de la esperanza de vida supone el mayor reto de futuro en el que se ve envuelta la medicina actual y la transformación digital. Según datos de la Sociedad Española de Medicina de Familia y Comu-

nitaria (SEMFYC), en el año 2029 en España residirán 11,3 millones de personas mayores de 64 años y en 2064 se alcanzarán los 15,8 millones. Estas tasas suponen que en el año 2050 habremos duplicado la cantidad de personas mayores de 85 años y en el 2100 casi cuadruplicado, lo que supondrá que la pirámide de población que conocemos clásicamente se habrá transformado en una pirámide regresiva o bulbo, con la base más estrecha que la zona central y un porcentaje de personas mayores significativo.

Esta es la pirámide típica de países desarrollados, con tasas de natalidad y mortalidad bajas y un crecimiento natural muy bajo.



Es, por tanto, una sociedad envejecida y con tendencia a serlo más. Todo esto conlleva grandes consecuencias:

- *Aumento de las patologías crónicas con alta demanda sanitaria.* Según la OMS en el 2025, el 70% de las enfermedades serán crónicas.
- *Aumento de la Esperanza de Vida*, lo que se traducirá en un incremento notable en los costes de asistencia sanitaria, suponiendo un producto interior bruto entre el 11% y el 18 % en países desarrollados.
- *Incremento de las listas de espera.* Las consultas relacionadas con la cronicidad ya suponen el 80 % de las consultas de atención primaria.

Para solucionar los problemas derivados del aumento de la cronicidad se requiere una estrategia general e integradora, multidisciplinar, coordinada entre distintos niveles asistenciales y con un enfoque centrado en el paciente y su familia, que son quienes, en última instancia, conviven con las enfermedades crónicas.

Debe ser una obligación de los gobiernos y las empresas apostar por las nuevas tecnologías. La Comisión Europea afirma que es una urgencia aplicar las nuevas tecnologías para lograr salir de esta situación. La tecnología puede y debe ser una respuesta a estos problemas planteados. Es hora de reemplazar los viejos modelos por nuevas ideas que pueden hacer que la asistencia sanitaria sea más rentable y mejorar los criterios de calidad en todo el sistema.

Por tanto, debemos asumir de forma responsable la creciente tecnificación de la sanidad y potenciar los recursos adaptados al envejecimiento creciente de la población.

Nuestro reto de futuro: conseguir la medicina de las ‘5P’

El reto debe de ser conseguir una tecnología al servicio de la salud de la población para acercarnos a la medicina del futuro también llamada medicina de las 5P⁽⁴⁾. Esta apuesta de futuro aboga por centrar la atención médica en el paciente, abordando aspectos más allá de la enfermedad y los síntomas para considerar el bienestar general del paciente y mejorar su calidad de vida, teniendo en cuenta los cinco aspectos importantes de la atención médica:

- *Personalizada*, obteniendo información individual de cada paciente a través de las llamadas ciencias ‘ómicas’ (genómica: estudio de muchos genes en el ADN; proteómica: estudio de las proteínas asociadas al ADN, etc.), para determinar el tratamiento más efectivo para una enfermedad particular sobre un individuo concreto y reduciendo el riesgo de efectos secundarios no deseados. Está muy relacionada y unida a la siguiente.
- *Precisión*, personalizando al máximo la actividad sanitaria, que necesita un paciente con la mayor exactitud posible. Es decir, la aplicación del tratamiento correcto, con unas dosis correctas, un tiempo de administración correcto y a un paciente en concreto. Sería como confeccionar un traje a medida: todos los pacientes llevan

una prenda (actividad sanitaria), pero el sastre (sanitario) adapta la talla y el largo del traje a la necesidad de su cliente (paciente).

- *Predictiva*, recogiendo toda la información personalizada del individuo y permitiendo pronosticar la probabilidad de padecer determinadas enfermedades antes de que aparezcan. Este enfoque utiliza herramientas de diagnóstico y tecnología para predecir las enfermedades y lesiones antes de que ocurran, lo que puede ayudar a los pacientes a tomar medidas preventivas.
- *Preventiva*, prediciendo el riesgo y establecimiento de medidas que eviten problemas de salud, a través de la modificación del estilo de vida. Por tanto, este tipo de atención médica enfatiza la importancia de la prevención de enfermedades y lesiones, en lugar de simplemente tratar los síntomas después de que se presentan.
- *Participativa*, haciendo participar al paciente y ‘empoderándolo’ en la toma de decisiones sobre su salud, intentando de esta forma eliminar el excesivo paternalismo en la relación médico-paciente. Este enfoque fomenta la participación del paciente en su propio cuidado de la salud y la toma de decisiones, alentando a los pacientes a hacer preguntas y compartir información con sus proveedores de atención médica.

Cambio en el paradigma: los grandes protagonistas en el siglo XXI

En las últimas décadas, ha habido un cambio en el protagonismo de la atención médica hacia un enfoque más centrado en el paciente.

Tradicionalmente, el médico era el protagonista en la atención médica, tomando decisiones y prescribiendo tratamientos para el paciente. Según Muir Grey⁽⁵⁾, del Sistema Nacional Británico de Salud *‘El médico ha sido la fuerza conductora en el siglo XX, y el paciente va a serlo en el siglo XXI’* y, bajo nuestro punto de vista, este cambio debe ser el eje alrededor del cual debe girar todo el sistema sanitario.

En la medicina actual se reconoce que el paciente es el experto en su propia vida y su salud, y que los proveedores de atención médica deben trabajar en colaboración con ellos para tomar decisiones informadas y personalizadas sobre su atención médica.

Este cambio en el protagonismo de la atención médica se ha traducido en un mayor enfoque en la atención centrada en el paciente, que implica una mayor participación y empoderamiento del paciente en la toma de decisiones y el diseño de su atención médica. Además, los proveedores de atención médica han comenzado a reconocer la importancia de la prevención y la promoción de la salud, en lugar de simplemente tratar las enfermedades y los síntomas después de que ocurren.

En general, el cambio hacia un enfoque más centrado en el paciente ha llevado a una mayor atención a la calidad de vida del paciente, a la satisfacción del paciente y a los resultados de la atención médica. Además, ha mejorado la relación entre el paciente y el proveedor de atención médica.

El ciudadano es cada vez más responsable de su salud y tiene múltiples fuentes de conocimiento donde asesorarse, formando parte en sus propias decisiones y exigiendo mayor calidad en el servicio. Esto es lo que se conoce como ‘paciente empoderado’.



El paciente empoderado está implicado en la gestión de su salud, dejando de ser sujeto pasivo, en lo que a prevención y manejo de en-

fermedades se refiere. Por tanto, es cada vez más exigente respecto a la atención que recibe tanto de su médico como de los servicios y entidades sanitarias. El factor más importante que define al paciente empoderado es el uso y dominio que tiene de las tecnologías de la información y la comunicación (TICs).

Por tanto, desde la sanidad, debemos facilitar este empoderamiento del paciente:

- *Definiendo un lenguaje digital común*, instaurando, soluciones digitales, sencillas, accesibles y fáciles de utilizar. Aunque el paciente está cada vez más familiarizado con la tecnología, ésta debe de ser fácil de manejar e intuitiva.
- *Prescribiendo ‘tecnología’*, dirigiendo a nuestros pacientes a soluciones tecnológicas, seguras y con contenidos basados en evidencia científica. Evitar el antes comentado ‘Dr. Google’.
- *Detectando e integrando las nuevas demandas y necesidades de los pacientes*, ya que este tipo de paciente empoderado cada vez demanda más información, educación en salud, campañas de prevención y, sobre todo, una mayor y mejor interacción con su médico.
- *Reforzando el papel de las asociaciones de pacientes*, que participen en las decisiones de apoyo tecnológico, de los médicos y de los pacientes.
- *Optimizando las soluciones tecnológicas* que ya están en marcha y consiguiendo la total implantación de soluciones como la historia clínica digital o la receta electrónica, por ejemplo, ya que sólo a través de la interoperabilidad y la interconectividad se puede lograr que tanto los pacientes como el resto de los actores implicados, no sólo se beneficien, sino también impulsen de forma efectiva la transformación digital.

Breve historia de la Inteligencia Artificial en salud

Aunque los primeros referentes históricos se remontan a los trabajos de Alan Turing⁽⁶⁾ en los años 30 del siglo XX, es en el año 1950 cuando publica un artículo con el título «*Computing machinery and intelligence*» en la revista *Mind*, donde se hace la pregunta: ‘¿Pueden las máquinas pensar?’.

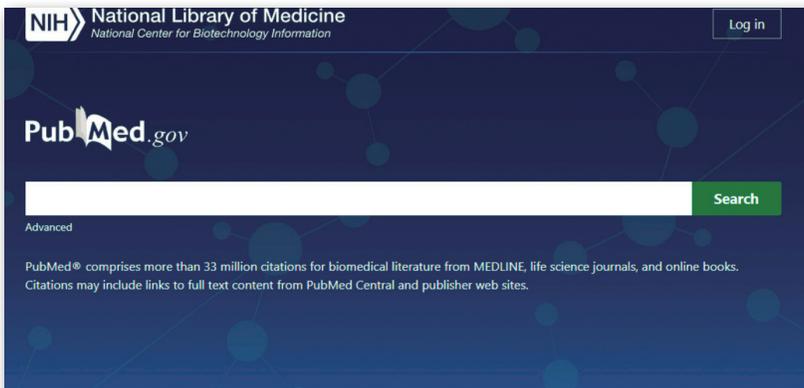
Los fundamentos teóricos de la Inteligencia Artificial (IA) se encuentran en el experimento que propone en dicho artículo y que pasó a denominarse ‘*Test de Turing*’, y mediante cuya superación por una máquina se podía considerar que sería capaz de pasar por un humano en una charla ciega. Esta prueba sigue estando vigente en la actualidad y es motivo de estudios e investigaciones continuas. A modo anecdótico, Turing también destacó por el desarrollo de una máquina llamada *Enigma*, que consiguió descifrar el código del ejército nazi logrando, según los historiadores, evitar hasta 13 millones de fallecimientos en la Segunda Guerra Mundial.

Sin embargo, numerosos investigadores e historiadores consideran que el punto de partida de la moderna Inteligencia Artificial fue el año 1956, cuando los padres de la Inteligencia Artificial moderna, John McCarthy, Marvin Minsky y Claude Shannon acuñaron formalmente el término durante la conferencia de Dartmouth, como: «*la ciencia e ingenio de hacer máquinas inteligentes, especialmente programas de cálculo inteligente*». La conferencia fue financiada por la Fundación Rockefeller y se llamó «*Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelli-*

gence»⁽⁷⁾. Ahí, tras esa ‘escuela de verano’ en la que unos cuantos científicos se juntaron, es cuando comenzaron a preguntarse cómo podían desarrollar máquinas que pensarán como los humanos, lo que abrió un nuevo campo.

Desde la década de los años 50 hasta los años 70, los desarrollos estuvieron enfocados principalmente en el desarrollo de robots con la capacidad de tomar decisiones replicando el comportamiento humano. Un ejemplo de esto es el primer brazo robótico industrial «Unimate», instalado en una cadena de montaje del fabricante de automóviles General Motors en 1961.

A pesar de estas innovaciones en ingeniería, la medicina tardó en adoptar la IA. Sin embargo, este periodo inicial fue un momento importante para la digitalización de datos que más tarde sirvió de base para el futuro crecimiento y utilización de la IA. El desarrollo del Sistema de Análisis y Recuperación de la Literatura Médica y el motor de búsqueda basado en la web *PubMed* por parte de la *Biblioteca Nacional de Medicina* en la década de 1960 se convirtieron en un importante recurso digital para la posterior aceleración de la Biomedicina. Las bases de datos de informática clínica y los sistemas de registros médicos también se desarrollaron por primera vez durante esta época y ayudaron a establecer los cimientos para los futuros desarrollos de la IA en Medicina.



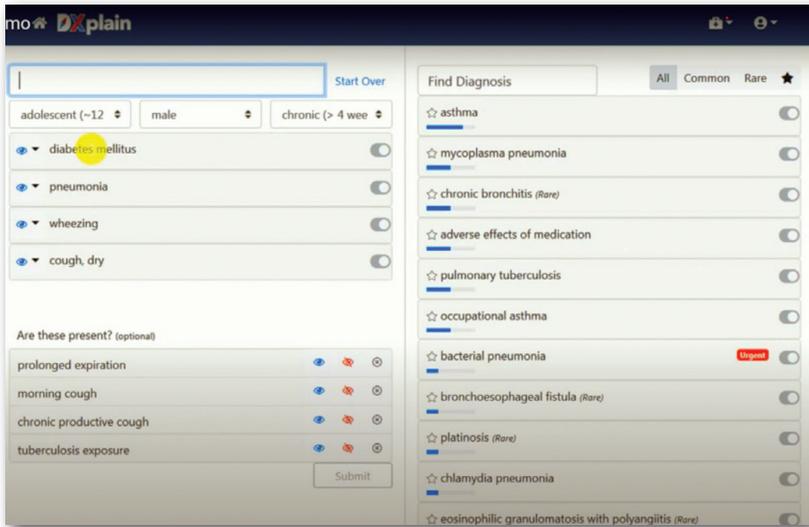
El periodo comprendido entre los años 1970 y 2000 es comúnmente conocido como ‘*el invierno de la IA*’, debido a la escasez de desarrollos destacables. Las limitaciones técnicas y el alto precio en los sistemas de computación y de almacenamiento de bases de datos digitales fueron las principales causas de este lento avance.

No obstante, en 1973 se estableció en la Universidad de Stanford la «*Stanford University Medical Experimental–Artificial Intelligence in Medicine*»⁽⁸⁾. Supuso una colaboración entre diversos científicos que comenzaron a crear conocimiento sobre problemas clínicos y biomédicos estructurado en categorías útiles para el desarrollo de modelos de IA como: relaciones causales, taxonomías, asociaciones o reglas.

Uno de los primeros prototipos, desarrollado desde 1972, que aplicaba metodologías de IA a problemas médicos fue el modelo CASNET⁽⁹⁾ para la ayuda en la consulta del glaucoma.

Otro modelo pionero desarrollado entre 1972 y 1980 en la Universidad de Stanford fue el modelo MYCIN⁽¹⁰⁾, que tenía como objetivo la identificación de bacterias causantes de distintas infecciones. Funcionaba mediante una ruta de preguntas con respuestas de sí/no o de texto. Al final se proporcionaba una lista de bacterias clasificadas por la probabilidad de ser las causantes de la infección observada. Se comprobó que este sistema ofrecía un desempeño similar al de los expertos humanos en la identificación de la bacteria y prescripción del tratamiento.

En 1986 la Universidad de Massachusetts liberó la primera versión de DXplain⁽¹¹⁾, un sistema de ayuda a la decisión que ayudaba a los médicos estratificando diagnósticos diferenciales basados en observaciones del paciente, síntomas y pruebas médicas mediante un algoritmo pseudo-probabilístico. En su primera versión, DXplain era capaz de proporcionar información sobre unas 500 enfermedades. Hoy en día el proyecto sigue activo y puede proporcionar información sobre unas 2.600 enfermedades distintas, enfatizando las observaciones y síntomas que se dan en cada enfermedad, la etiología, la patología y la prognosis, proporcionando justificación de por qué se considera probable cada enfermedad.



El desarrollo de ordenadores mucho más potentes permitió un salto exponencial en las técnicas de IA. La inteligencia artificial pasó a comportarse como una lógica de reglas: ‘Si pasa esto, haz lo otro’, es decir, se ejecutaban una serie de órdenes en base a reglas preestablecidas.

Uno de los primeros ejemplos de Inteligencia Artificial que trascendió popularmente fueron las partidas de ajedrez disputadas entre el campeón mundial Gary Kasparov y el superordenador Deep Blue⁽¹²⁾, fabricado expresamente por IBM para ese fin. El 10 de febrero de 1996



Deep Blue le ganó una partida a Gary Kasparov, aunque éste finalmente ganó la serie por 4 a 2. Un año más tarde, la versión mejorada de Deeper Blue se convirtió en la primera computadora campeona del mundo de ajedrez.

En los últimos años, desde el año 2010 hasta la actualidad, comenzamos a trabajar con una Inteligencia Artificial, donde los datos que

se generan pueden analizarse y las máquinas son capaces de aprender sobre ellos. Eso es lo que se conoce con el nombre de «*Machine Learning*», es decir, las máquinas son capaces de aprender en base a una enseñanza previa. Un hito con trascendencia popular ocurrido en el año 2011 fue la victoria del sistema



WATSON⁽¹³⁾ creado por IBM en el popular concurso de la TV estadounidense «Jeopardy». Watson es un sistema basado en máquinas capaz de responder a preguntas formuladas en lenguaje natural. Lo cierto es que el carácter deductivo de la mecánica del concurso, especialmente difícil incluso para concursantes humanos, supuso una demostración muy impactante del grado de evolución y, sobre todo, de las posibilidades que se podían intuir de esta tecnología. A modo de resumen, se trata de un sistema de Machine Learning entrenado con miles de pares pregunta/respuesta clasificados como correctos o incorrectos. Las bases de datos de Watson contenían 200 millones de páginas de información estructurada y no estructurada y proporcionó una evidencia muy robusta de que la IA estaba preparada para abordar problemas médicos.

Tan importante fue este hecho, que IBM anunció que Watson estaría disponible para su uso en sistemas de salud como sistema de ayuda a la decisión en unos 24 meses, aunque lo cierto es que el desarrollo del sistema llevó mucho más tiempo del esperado y se quedó lejos de la promesa de convertirse en un doctor basado en IA.

En 2015 IBM anunció la constitución de la división *Watson Health* con una inversión de 1.000 millones de dólares y a mediados de 2016 adquirió 4 empresas de datos de salud por 4.000 millones de dólares. En ese periodo, las expectativas acerca de Watson se encaminaron desde una herramienta de diagnóstico hacia una herramienta de ayuda a la decisión. Aun así, el desarrollo ha sido lento y no exento de polémicas. Por ejemplo, en 2016 la Universidad de Texas encargó una au-

ditoría para comprobar el rendimiento de la herramienta «*Watson for Oncology*» en su muy famoso *Hospital MD Anderson Cancer Center de Huston* mostrando que los resultados clínicos obtenidos no justificaban 62 millones de dólares invertidos en la herramienta. Peor aún, en 2017 el *Hospital Nacional de Dinamarca* suspendió el uso de *Watson for Oncology* después de que la herramienta propusiera prescribir medicamentos que hubiesen supuesto la muerte de un paciente.

La fortaleza de *Watson* estriba en su enorme capacidad de búsqueda en bases de datos, para encontrar palabras claves y relaciones entre conceptos en una misma pregunta, pero esa no es la manera de que tenemos los médicos para trabajar en la práctica clínica. En el entorno clínico, se producen grandes cantidades de datos, algunos de ellos estructurados (como los resultados de pruebas de laboratorio o microbiológicas) pero la mayoría de ellos son *no estructurados* (como el informe de alta dictado por un médico), que suelen representar alrededor del 80% de la información referida a un paciente. La dificultad de combinar todos los tipos de información existente sobre la enfermedad y sobre el paciente pueden explicar las dificultades de *Watson* para integrarse dentro del flujo clínico, es decir, para trabajar en la medicina del mundo real. En 2018, un artículo publicado en *The Oncologist*⁽¹⁴⁾ mostró que el asistente oncológico de *Watson* funcionaba correctamente (90-96% de acierto) cuando tenía que extraer información concreta (por ejemplo términos diagnósticos) de textos contenidos en la historia clínica, pero mostraba una baja precisión (63-65% de acierto) en conceptos más difusos y dependientes del tiempo como por ejemplo tratamientos o terapias.

A pesar de todas estas dificultades, *Watson* representó un salto de gigante en el uso de metodologías de IA en el ámbito clínico. Su enorme potencial sigue creciendo y mejorando todos los años, pero se pueden extraer valiosas lecciones de esta historia: por un lado, las falsas expectativas suscitadas generaron un gran rechazo entre el personal médico ya que desde el principio se hablaba de reemplazar médicos humanos que cometen grandes errores con herramientas superproductivas e in-

falibles. Debido a esas altas expectativas, cada ‘fracaso’ se magnificó generando una sospecha hacia todas las herramientas de IA que no está justificada.

El principal aprendizaje puede ser encontrar donde realmente las herramientas pueden aportar valor al sistema sanitario, siendo de ayuda al personal clínico y reduciendo costes en los procesos asistenciales. Por ejemplo, la herramienta ‘*Watson for Genomics*’ puede comparar el perfil genético de un paciente con cientos de ensayos clínicos y prescripciones de medicamentos para encontrar la terapia que mejor se ajusta al perfil genético del paciente. La información genética está altamente estructurada, no es ambigua y se ajusta muy bien a lo que Watson hace mejor que los humanos.

Tras este relato histórico de la IA y, a modo de resumen, la gran diferencia entre la Inteligencia Artificial moderna y la clásica es que no hay límites en cuanto a la cantidad de datos. Cuantos más datos mucho mejor, porque el entrenamiento es más preciso. Eso ha dado lugar al llamado *Big Data*, que consiste en el procesamiento de grandes cantidades de datos, no manejables por herramientas tradicionales. El procesamiento de todos estos datos ha dado lugar a construir las llamadas redes neuronales, proceso al que sea denominado «*Deep Learning*».

¿Qué es la Inteligencia Artificial?

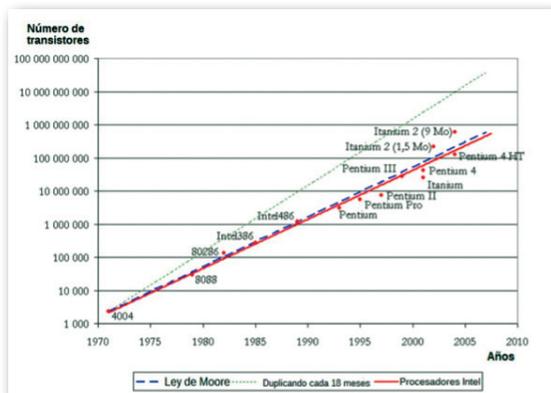
La inteligencia artificial es una *rama de la informática encargada de la creación de sistemas de información que sean capaces de imitar el comportamiento inteligente del ser humano, incluyendo nuestra capacidad de aprendizaje*. La inteligencia artificial está cambiando la medicina de forma radical, y es indudable que nos encontramos ante una verdadera revolución en el campo de la salud.

De acuerdo con la definición propuesta en la ‘Comunicación de la Comisión Europea- Inteligencia artificial para Europa’⁽¹⁵⁾ de 2018: El término «Inteligencia Artificial» se aplica a los sistemas que manifiestan un comportamiento inteligente, pues son capaces de analizar su entorno y pasar a la acción –con cierto grado de autonomía– con el fin de alcanzar objetivos específicos.

Los sistemas basados en la IA pueden consistir simplemente en un programa informático (p. ej. asistentes de voz, programas de análisis de imágenes, motores de búsqueda, sistemas de reconocimiento facial y de voz), pero la IA también puede estar incorporada en dispositivos de hardware (p. ej. robots avanzados, automóviles autónomos, drones o aplicaciones del ‘internet de las cosas’).

La inteligencia artificial está integrándose completamente en nuestras vidas, por lo que se está hablando de que estamos ante la *cuarta revolución industrial*, en la que toman protagonismo los sistemas inteligentes, dando lugar a nuevos productos y servicios. Las infraestructuras claves que han preparado el terreno para esta revolución industrial han sido:

- *Capacidad de procesamiento de la información:* el desarrollo de los



microprocesadores ha permitido que aumente de forma exponencial el número de operaciones matemáticas que pueden hacer los computadores. Este hecho ha permitido formular la que se conoce como Ley de Moore, una

observación empírica que muestra cómo, hasta la fecha, cada dos años se ha ido duplicando la capacidad de procesamiento de los microprocesadores.

- *Capacidad de almacenamiento de la información:* la evolución en los sistemas físicos de almacenamiento de información, desde la cinta magnética hasta las memorias de estado sólido (SSD) que son de uso común actualmente ha permitido aumentar exponencialmente la capacidad de almacenamiento de la información.
- *Comunicación de la información:* al igual que el dinero, la información genera cambios cuando se transmite y se procesa, transformando ideas y acciones, y generando o sustituyendo necesidades que dan lugar a nuevos productos y/o servicios. Este aspecto fundamental ha sido totalmente revolucionado mediante Internet.

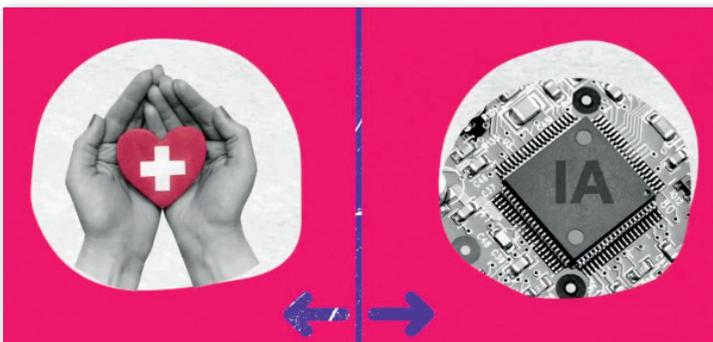
La conjunción de estos tres factores ha sido determinante para el desarrollo de los sistemas de Inteligencia Artificial. Si lo pensamos detenidamente, esta revolución se puede ampliar no sólo al campo de la salud, sino en todos los ámbitos de nuestra vida cotidiana: aspiradoras inteligentes, frigoríficos inteligentes, asistentes personales, en nuestro smartphone, o en nuestro PC, optimización de productos y ventas, vehículos autónomos, etc.



Es por ello por lo que actualmente el desarrollo de la economía basado en Inteligencia Artificial se considera una prioridad absoluta en todas las agendas políticas de los países desarrollados.

En una reciente publicación, el Parlamento Europeo identifica una serie de oportunidades y desafíos que resumen muy bien la situación actual de las aplicaciones de Inteligencia Artificial⁽¹⁶⁾.

Pero centrándonos en el campo de la salud, la Inteligencia Artificial unida a la ciencia médica, es decir, la unión de la inteligencia humana y la inteligencia artificial van a ser una verdadera revolución que va a cambiar la vida y nos va a ayudar a vivir mejor y más años.

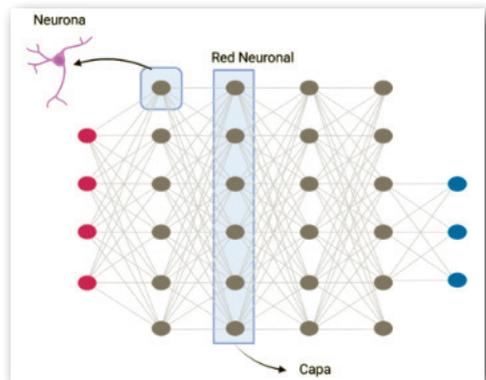


Machine Learning, redes neuronales, Deep Learning y Big Data

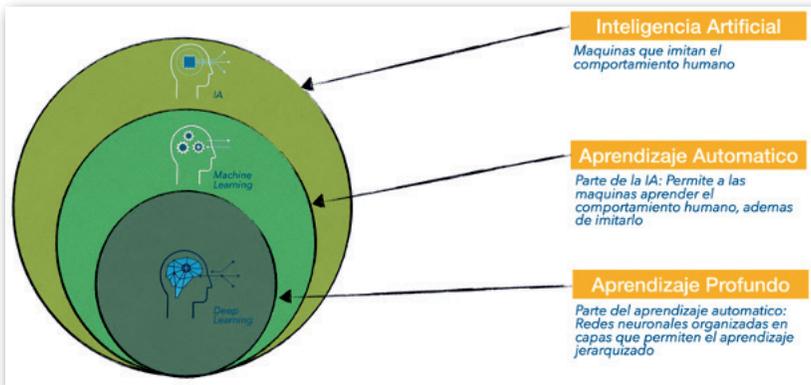
Machine Learning⁽¹⁷⁾ o ‘aprendizaje automático’ es una rama de la Inteligencia Artificial que se enfoca en desarrollar algoritmos y modelos que pueden *aprender* de datos para hacer predicciones o tomar decisiones. Estos modelos son capaces de mejorar su desempeño con el tiempo a medida que reciben más datos y retroalimentación. Como hemos mencionado, esta técnica supone un paso más en la IA ya que no solo ‘imita’ el comportamiento humano, sino que ‘aprende’ en base a los datos suministrados.

Las redes neuronales son una clase de modelo de *Machine Learning* que se inspiran en el funcionamiento del cerebro humano. Consisten en capas de neuronas que procesan la información y envían señales a través de conexiones. Las redes neuronales son ampliamente utilizadas en el campo del *Deep Learning*⁽¹⁸⁾ debido a su capacidad para aprender patrones complejos en grandes cantidades de datos.

Lo realmente interesante de las redes neuronales es que pueden aprender de forma jerarquizada, en capas. Las primeras capas aprenden conceptos muy concretos (texturas, colores, ángulos, patrones,



etc.), directamente relacionados con la información de entrada, mientras que las capas posteriores utilizan la información aprendida previamente para desarrollar conceptos más abstractos. Esto hace que cuantas más capas se añadan, el nivel de progresión de la red neuronal en su nivel de conocimiento sea cada vez más interesante. Hoy en día existen algoritmos de redes neuronales con cientos de capas, dando a los algoritmos la capacidad de generar conocimiento muy avanzado. A estas redes neuronales con múltiples capas se las conoce como redes neuronales 'profundas', dando origen al popular concepto de aprendizaje profundo o «*Deep Learning*». Una vez que se ha entrenado una red neuronal profunda, ésta puede controlar más ambigüedad que una red superficial. Esto hace que resulte muy útil para aplicaciones como el reconocimiento de imágenes, tomografías computarizadas, resonancias magnéticas y radiografías, donde la Inteligencia Artificial tiene que buscar los bordes de una forma para poder identificar lo que hay en la imagen, pudiendo detectar patrones sutiles en las imágenes que pueden ser difíciles de detectar para el ojo humano, lo que nos puede ayudar a detectar enfermedades y planificar tratamientos más efectivos.



El principal problema de las redes neuronales profundas, es decir, del *Deep Learning*, es que necesitan gran cantidad de datos para ser entrenadas. Cuanto más generalizable y abstracto sea el conocimiento

que queremos obtener, más datos necesitaremos, haciendo de las redes neuronales grandes ‘devoradoras’ de datos. Sin embargo, con la llegada de la era de la información, disponemos de cada vez más datos, lo cual está haciendo que las redes neuronales se incorporen a más y más campos. Esta acumulación masiva de datos en todos los ámbitos, junto con su análisis de forma masiva, ha dado lugar al concepto de «*Big Data*».



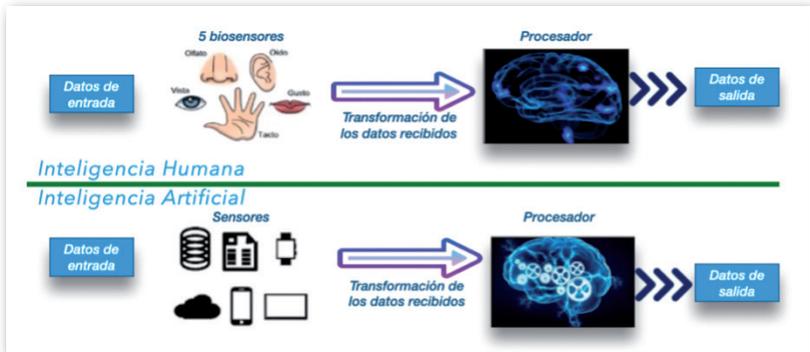
El llamado «*Big Data*» es un término que se utiliza para describir grandes conjuntos de datos que son demasiado complejos y voluminosos para ser procesados con herramientas de análisis de datos tradicionales. Estos datos pueden provenir de una variedad de fuentes, como redes sociales, transacciones financieras, sensores, registros de actividad en línea y más.

El Big Data se caracteriza por las 3V: *Volumen*, *Variedad* y *Velocidad*. El volumen se refiere a la cantidad masiva de datos que se generan, la variedad se refiere a la diversidad de fuentes y formatos de datos, y la velocidad se refiere a la necesidad de procesar los datos en tiempo real o cerca de tiempo real.

Similitudes: Inteligencia Humana & Inteligencia Artificial

Si analizamos el tema en profundidad, nos daremos cuenta en que hay muchas similitudes entre la inteligencia humana y la inteligencia artificial:

- En la inteligencia humana disponemos de datos de entrada a través de nuestros cinco biosensores (visión, olfato, oído, tacto y gusto), es decir, a través de nuestros órganos de los sentidos. Los datos son enviados a nuestro procesador que es el cerebro emitiendo unos datos de salida.



- En la inteligencia artificial los datos de entrada los conseguimos a través de sensores artificiales (sensores de humedad, teléfonos inteligentes, SmartWatch, etc.), pasándolos posteriormente a un procesador, en este caso artificial, y emitiendo unos datos de salida.

La inteligencia artificial y su revolución en el sector salud

El impacto que está teniendo la Inteligencia Artificial en el sector de la salud, puede observarse a través de cualquier literatura médica, porque son múltiples los artículos que salen continuamente en todas las revistas médicas, independientemente de su especialidad. Si analizamos el contenido de las publicaciones a través del portal *PudMed*, sólo poniendo las palabras clave «*Artificial Intelligence*» obtenemos un total de 181.850 resultados, y usando las palabras clave «*Machine Learning*» 108.975 artículos. Sólo esto ya nos da una clave de por dónde va a ir la medicina del futuro.



Por otra parte, sabemos que el sector sanitario es especialmente complejo y que el éxito en otras parcelas no garantiza el mismo en temas de salud. De hecho, la traslación de los resultados de investigación a la práctica clínica suele tardar mucho más que en otros sectores. Por eso, es necesario entender el contexto actual de la atención sanitaria y los motores del cambio y hacernos otras preguntas básicas para evaluar dónde y cómo la inteligencia artificial (IA) puede ofrecer oportunidades de mejora.

Son muchas las ventajas que la Inteligencia Artificial nos puede aportar a los médicos, ya que es capaz de predecir patrones, analizar grandes cantidades y volúmenes de datos y sintetizarlos, con una velocidad de procesamiento mayor que el ser humano, mejorando con el uso y con el entrenamiento, sin descanso e incluso tomando parte en la toma de decisiones, aunque estas últimas siempre supervisadas.

Barreras al desarrollo de tecnologías de la IA en Salud

Hay una serie de desafíos que habitualmente se identifican en las organizaciones de salud como barreras a la implementación de herramientas de Inteligencia Artificial:

- *Calidad de los datos y acceso a los mismos:* La posibilidad de acceder a datos, estructurados y no estructurados, y que éstos sean de calidad, es indispensable para el desarrollo de herramientas de IA.
- *Identificación y priorización de problemas:* La transversalidad de las aplicaciones de IA hace difícil identificar en qué áreas de la organización sería más ventajoso desarrollar un enfoque basado en IA.
- *Restricciones y regulaciones:* Las herramientas clínicas están sujetas a una estricta regulación que debe tenerse en cuenta en su desarrollo.
- *Integración en el flujo clínico:* La incorporación de estas herramientas a la práctica clínica (forma en cómo trabajamos los médicos) es clave para su adopción como herramienta de trabajo. Una herramienta no debe modificar drásticamente la forma de trabajar, sino adaptar los circuitos digitales al funcionamiento rutinario, al menos en medida de lo posible.
- *Formación del personal:* La complejidad de estas técnicas hace necesario formar al personal que va a utilizarlas. Sin una adecuada formación estas nuevas tecnologías están abocadas al fracaso. En los centros hospitalarios hay mucho personal que no es hábil en los sistemas de información y herramientas informáticas y esto es un hándicap importante para la instalación de estas tecnologías.
- *Participación de médicos y pacientes:* es fundamental entender y analizar cómo las nuevas tecnologías y herramientas de IA impactarán sobre la relación médico-paciente, como hemos comentado, deteriorada en los últimos años. Las herramientas deben facilitar la conexión y permitir a los sanitarios actuar frente a ellas de la forma más desatendida posible, centrando la visión en el paciente.

Uso de la inteligencia artificial en medicina

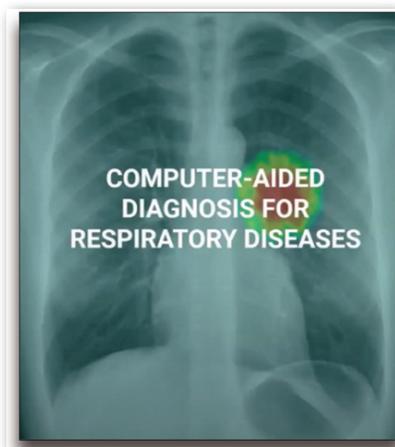
La IA podría desempeñar pronto un papel importante en la autogestión de enfermedades crónicas como las cardiovasculares, la diabetes o la depresión. Las aplicaciones destinadas a dicho campo mejoran el empoderamiento de los pacientes y pueden abarcar desde la toma de medicamentos, modificar la dieta y mejorar la actividad física, hasta la gestión de los cuidados, el cuidado de las heridas, la gestión de los dispositivos y la administración de fármacos. La autogestión puede ser asistida por soluciones de IA, incluyendo agentes conversacionales, herramientas de monitorización de la salud y predicción de riesgos, intervenciones adaptativas personalizadas y tecnologías para atender las necesidades de las personas con discapacidad.

Hay dos áreas principales de oportunidad para la IA en la atención clínica:

- La mejora y optimización de la atención médica.
- La mejora de la gestión de la información, la experiencia del usuario y apoyo en la rutina de gestión de pacientes.

Durante décadas se ha avanzado en estas áreas mediante aplicaciones basadas en reglas y diseñadas por expertos, normalmente centradas en áreas o problemas clínicos específicos. Las técnicas de IA ofrecen la posibilidad de mejorar aún más el rendimiento en los aspectos que se detallan a continuación:

Diagnósticos médicos, más precisos y rápidos, gracias al proce-



sado de una gran cantidad de datos médicos (radiología, anatomía, patológica, laboratorio, microbiología, etc.), lo que repercutirá en un proceso acelerado y ayuda en la toma de decisiones. Una inteligencia artificial entrenada puede conseguir analizar datos mucho más rápido que la inteligencia humana. En no mucho tiempo conseguiremos que la inteligencia artificial, al introducir datos clínicos y demográficos, nos ofrezca un diagnóstico diferencial acotado del paciente y ofrezca los

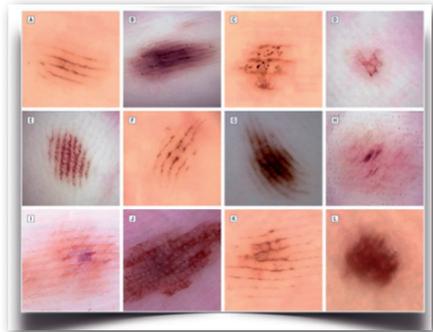
tratamientos más adecuados a la condición clínica del paciente.

Dentro de este apartado cabe destacar los llamados ‘sistemas expertos’, que son un conjunto de algoritmos informáticos que tratan de emular la capacidad de decisión de los expertos humanos. Estos sistemas se suelen basar en gran medida en un complejo conjunto de reglas probabilísticas y deterministas. Un sistema experto se divide en una base de conocimientos y un motor de inferencia, que aplica la base de conocimientos a los datos que se presentan al sistema para ofrecer recomendaciones o deducir nuevos hechos. Los sistemas expertos son probablemente una de las aplicaciones con más futuro en el ámbito biomédico.

Revolución en diagnóstico radiológico. Cuando se trata del análisis de imágenes, la Inteligencia Artificial puede ayudar a los radiólogos a detectar lesiones y anormalidades en los rayos X, tomografía y resonancias magnéticas con una mayor exactitud que el ojo humano⁽¹⁹⁾. Se ha comprobado que la combinación de los resultados de un diagnóstico por imagen de la IA con la predicción del

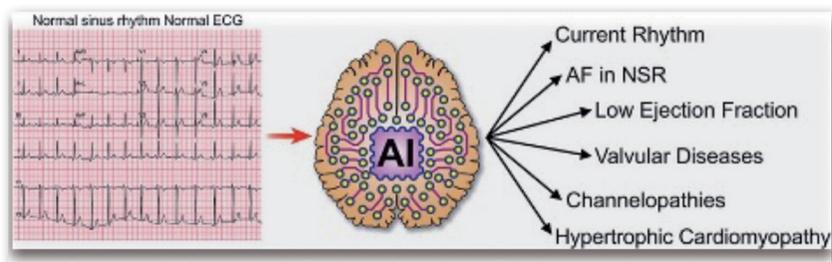
médico parece disminuir el error humano. Aunque algunos creen que la IA sustituirá a los médicos en el diagnóstico por imagen es más probable que estas técnicas sean principalmente de asistencia, clasificando y priorizando las imágenes para una revisión de forma más inmediata, resaltando los hallazgos importantes que podrían haberse pasado por alto y clasificando los hallazgos sencillos para que los humanos puedan dedicar más tiempo a los casos complejos.

Análisis de imágenes médicas. La inteligencia artificial ha demostrado ser capaz de detectar lesiones incluso con mayor exactitud que el ojo humano experto. En el caso concreto de la detección temprana del melanoma⁽²⁰⁾ en el campo de la dermatología, donde si la lesión es menor de 1 mm la supervivencia es del 95% a los cinco años, o si la lesión es mayor de 4 mm la supervivencia desciende al 45% a los cinco años,



un estudio realizado a 511 pacientes con 3.827 lesiones pigmentadas, con médicos expertos (dermatólogos) y médicos no expertos, demostró que los últimos, con ayuda de una herramienta basada en Inteligencia Artificial, superaron la especificidad en la detección del melanoma a los médicos, expertos (82% frente al 72%).

Otro estudio muy interesante de Inteligencia Artificial aplicado a la prueba básica del electrocardiograma⁽²¹⁾, una prueba cardíaca omnipresente y no invasiva que se integra dentro de los flujos de trabajo de la práctica clínica habitual, demostró que una herramienta de Inteligencia Artificial, puede detectar y predecir enfermedades cardíacas y no cardíacas incluso en individuos asintomáticos.



También se han desarrollado herramientas para diagnosticar la retinopatía diabética⁽²²⁾ (como técnica de screening precoz), identificar lesiones de cartílago dentro de la articulación de la rodilla, predecir el estado de los ganglios tras una biopsia positiva de cáncer de mama, etc.

Las técnicas de reconocimiento de imágenes pueden diferenciar entre diagnósticos que compiten entre sí, ayudar en el cribado de pacientes y guiar a los clínicos en la planificación de la radioterapia y la cirugía. Es posible que la clasificación automatizada de imágenes cambie las funciones de los radiólogos, dermatólogos, patólogos y cardiólogos en los años venideros.

Predicción personalizada de enfermedades: la Inteligencia Artificial es capaz de analizar grandes cantidades de datos para predecir el riesgo de contraer enfermedades y desarrollar planes de prevención personalizados: mutaciones en el ADN⁽²³⁾, niveles proteicos, capacidad de oxidación celular, etc.

La predicción personalizada de enfermedades puede ser útil para la detección temprana y la prevención de enfermedades, lo que puede mejorar la calidad de vida de los pacientes y reducir los costes de atención médica. Por ejemplo, los modelos de predicción pueden identificar pacientes que tienen un alto riesgo de desarrollar enfermedades crónicas como la diabetes o enfermedades cardíacas, lo que permite a los clínicos tomar medidas preventivas y personalizar su atención. En definitiva, nos ayudará a

desarrollar estrategias preventivas, de forma dirigida y lo antes posible.

Prescripción de tratamientos personalizados: La medicina de precisión permite a los médicos adaptar el tratamiento médico a las características individuales de cada paciente. La IA permitirá por ejemplo seleccionar las mejores opciones de tratamiento para enfermedades complejas como el cáncer, personalizar la dosis de quimioterapia y mapear la respuesta del paciente oncológico a un tratamiento para poder planificar la dosis futura. Cuando las guías de práctica clínica no presenten una preferencia clara entre las opciones de tratamiento asistencial, la IA podría ayudar a decidir qué tratamiento funcionaría mejor para un paciente concreto. Utilizando datos retrospectivos de otros pacientes, estas técnicas pueden predecir las respuestas al tratamiento de diferentes combinaciones de terapias para un paciente individual. A medida que se realice la integración genotipo-fenotipo, probablemente aumentará el uso de datos genéticos en los sistemas de IA para el diagnóstico, la atención clínica y la planificación del tratamiento. Sin embargo, para tener un verdadero impacto en la atención rutinaria, los conjuntos de datos genéticos tendrán que representar mejor la diversidad de las poblaciones de pacientes.

Uso de los Chat Bots, y atención médica en áreas remotas o desfavorecidas. La telemedicina y los *bots* (agentes o robots conversacionales que permiten a los usuarios obtener respuestas en tiempo real, consultando la información en una base de datos médica), nos pueden permitir ofrecer directrices y recomendaciones de salud básicas que muchas ocasiones pueden salvar la vida a los pacientes en zonas donde no hay acceso o hay escasez de medios.

Los Bots o agentes conversacionales pueden entablar un diálogo bidireccional con el usuario mediante el reconocimiento del

habla, el *procesamiento del lenguaje natural* (PNL), la comprensión del lenguaje y la generación de éste. Algunos agentes conversacionales presentan una imagen humana (por ejemplo, la imagen de una enfermera o un entrenador) o no humana (por ejemplo, un robot o un animal) para ofrecer una experiencia interactiva más rica. Son los llamados Agentes Conversacionales Encarnados (ECA). En el ámbito de la ‘autogestión’, ya existen agentes conversacionales para tratar la depresión⁽²⁴⁾, el tabaquismo⁽²⁵⁾, el asma y la diabetes. Su potencial futuro en la autogestión por parte de los pacientes parece alto. Mientras se simula una interacción en el mundo real, el agente puede evaluar los síntomas, informar sobre los resultados de la monitorización de la salud y recomendar un curso de acción basado en estas diversas entradas. En otras aplicaciones, los agentes conversacionales pueden utilizarse para aumentar el compromiso y la eficacia de las intervenciones para el cambio de comportamiento de salud. La mayoría de los estudios de intervenciones digitales para el cambio de comportamiento de salud han incluido el apoyo de profesionales. Cabe destacar que las intervenciones con apoyo profesional cuestan entre dos y tres veces más que las intervenciones tecnológicas. Un agente conversacional podría proporcionar cierto apoyo social y un mayor compromiso, sin dejar de ser escalable y rentable. Además, los estudios han demostrado que las personas tienden a ser más honestas cuando interactúan con la tecnología que con los humanos.

Revolución en el campo de la investigación, ya que permitirá desarrollar proteínas sintetizadas de ‘Novo’ para que podamos dirigir las contra enfermedades específicas: derivados sanguíneos, células de defensa, etc. Conocemos las proteínas que ha creado la naturaleza, pero la Inteligencia Artificial puede ayudarnos a generar nuevas proteínas que nos ayuden a desarrollar tratamientos personalizados, vacunas, etc.

Mejorar o aliviar la presión asistencial, siendo más eficientes y ahorrando costes sanitarios, evaluando e identificando áreas de asistencia más costosas y con menos resultados en salud, creando modelos de prevención que aminoren y eviten la enfermedad crónica, aliviando listas de espera al hacer más ágiles los procedimientos y asistencia médica, evitando los sobrecostes de diagnósticos, tratamientos y procedimientos innecesarios. Los sistemas automatizados de planificación y programación producen estrategias optimizadas para secuencias de acción (como como la programación de citas en hospitales), que suelen ser ejecutadas por agentes inteligentes en un entorno virtual o físico. Estos sistemas están definidos por complejos parámetros que requieren cálculos de gran dimensión y encuentran su nicho de aplicación en la mejora de la gestión y eficiencia de las organizaciones de salud.

Gestión de la información: La IA tiene el potencial de mejorar la forma en que los clínicos almacenamos y recuperamos la documentación clínica. Por ejemplo, el papel de los sistemas de reconocimiento de voz en la documentación clínica es bien conocido. Sin embargo, estos sistemas se han utilizado sobre todo para apoyar el dictado de informes por parte de los médicos, como las notas clínicas y los informes de diagnóstico por imagen. Los sistemas conversacionales e interactivos habilitados por la IA (por ejemplo, Alexa de Amazon, Siri de Apple) podrían utilizarse en los sistemas de Historia Clínica Electrónica para apoyar diversas tareas de gestión de la información. Por ejemplo, los médicos podrían pedir a un agente conversacional que busque información específica en el historial del paciente (por ejemplo, ‘Alexa, muéstreme los últimos resultados de glucosa del paciente’), introducir órdenes e iniciar funciones de la Historia Clínica Electrónica. En lugar de hacer clic en varias pantallas para encontrar la información relevante del paciente, se podría solicitar verbalmente información específica y dar órdenes mientras seguimos mirando

a la cara al paciente y/o cuidadores y manteniendo una conversación.

Automatización de tareas repetitivas, también llamados RPA «Robotics Process Automation»⁽²⁶⁾. Su funcionamiento consiste en la repetición de tareas imitando las acciones de un humano, lo que puede hacer que los trabajadores puedan liberarse de actividades burocráticas que, a pesar de ser necesarias, son muy tediosas, logrando de esta forma dedicar más tiempo al paciente.

- *Reducción de errores*, eliminando o minimizando la tasa de errores y haciendo los procesos más eficientes al reducir los costes empleados para subsanarlos.
- *Menor tiempo de gestión y más trato con el paciente*, ya que el personal sanitario dedica parte de su jornada a gestiones administrativas que se alejan de la función médica. Con este sistema se mejora la cantidad y calidad de la relación con los pacientes, así como el tiempo de investigación y análisis.
- *Asistencia rutinaria a procedimientos rutinarios* basados en vías clínicas o protocolos que obligan a los facultativos a realizar acciones similares para muchos pacientes (analíticas de control, Radiología, etc.).
- *Ayuda a la automatización de grandes procesos asistenciales* como el embarazo, el cáncer colorrectal y otros muchos que pueden ser automatizados, basándose en reglas de seguimiento, automatización de solicitudes, etc.
- *Gestión de solicitudes a pacientes*, validando o denegando solicitudes de exploraciones complementarias basadas en reglas prediseñadas.
- *Gestión de resultados*, pudiendo disminuir el tiempo que pasa desde que un paciente se realiza la prueba hasta que obtiene el informe clínico final, reduciendo el tiempo de espera y siendo notificado a los mismos.
- *Mejora de las notificaciones al paciente*, ya que en la actualidad

son muchos los procesos que se siguen notificando manualmente bien por vía postal o a través de e-mail.

Monitorización continua de la salud a través de dispositivos «Wearables»⁽²⁷⁾, dispositivos no implantados capaces de enviar información de datos de salud (pulseras, SmartWatch, monitores de temperatura o tensión, parches de sudor, temperatura o glucemia, etc.).

Estos dispositivos están ayudando a revolucionar la asistencia sanitaria, ya que permiten un seguimiento estrecho de pacientes, agregando sus datos clínicos, estudiando su comportamiento, seguimiento y mejora de los tratamientos administrados. Estos dispositivos ya ayudan a ciudadanos, mejorando y trabajando en hábitos saludables y nutricionales que eviten progresar o contraer la enfermedad.

Los datos brutos y objetivos pueden provenir de diversas fuentes: acelerómetros, giroscopios, micrófonos, cámaras y otros sensores incluidos los teléfonos inteligentes. Los algoritmos de aprendizaje automático pueden ser entrenados para reconocer patrones a partir de los datos brutos y clasificarlos como indicadores del comportamiento y el estado de salud de una persona. Estos sistemas pueden permitir a los pacientes entender y gestionar su propia salud y sus síntomas, así como compartir datos con los proveedores de servicios médicos.

La aceptación actual de los wearables, los dispositivos inteligentes y las aplicaciones móviles de salud ha aumentado considerablemente. Desde 2014 a 2020, la proporción de adultos españoles que utilizan alguna app para gestionar su salud pasó del 8% al 46% y el uso de dispositivos móviles del 11% al 27%⁽²⁸⁾. De manera significativa, España se encuentra entre los países con mayor porcentaje de aceptación por los pacientes de las decisiones tomadas exclusivamente por una IA (37%). Este porcentaje aumenta cuando se pregunta por la confianza en decisiones medicas apoyadas por IA, siendo un 51% en España, y 52% en Noruega y EEUU.

Y esto es sólo el presente, el futuro de los weareables vendrá por los dispositivos implantados.

Gemelos digitales o «Digital Twin»⁽²⁹⁾. Esta tecnología permitirá al médico ensayar diferentes tratamientos o intervenciones para un hígado o un corazón, teniendo en cuenta miles de variantes, sin poner en riesgo la vida del paciente, o predecir con tiempo cuando un equipo médico va a necesitar mantenimiento evitando de esta forma cancelaciones de cita. Es fácil imaginar que los gemelos digitales pueden ser el conducto que la medicina personalizada y los servicios asistenciales digitales necesitarían si queremos transformar la atención sanitaria. Un ejemplo reciente, aparecido en la prensa nacional, es la creación por el hospital del Niño Jesús de Madrid, de gemelos virtuales para tratar a niños y adolescentes con leucemia. Este modelo, personalizado para cada paciente, trata de conseguir la mejor predicción de la evolución de la enfermedad en diferentes escenarios simulados, sin necesidad de la intervención directa del paciente, minimizando el nivel de riesgo terapéutico. Con la generación de estos modelos digitales se podrá recopilar la información del paciente y la de sus células malignas.

Inteligencia Artificial en Cirugía: La IA es cada vez más importante para la toma de decisiones quirúrgicas. Aporta diversas fuentes de información, como los factores de riesgo del paciente, la información anatómica, la historia natural de la enfermedad, los datos analíticos del paciente, etc... y puede ayudar a médicos y pacientes a predecir mejor las consecuencias de las decisiones quirúrgicas. También se ha demostrado que la cirugía robótica por control remoto mejora la seguridad de las intervenciones en las que los clínicos están expuestos a altas dosis de radiación ionizante y hace posible la cirugía en localizaciones anatómicas a las que, de otro modo, no podrían llegar las manos humanas. Una técnica que se encuentra ya en muchos de los hospitales de nuestra

Región es la *Cirugía robótica basada en el robot Da Vinci*⁽³⁰⁾, que, aunque en la actualidad se encuentra guiado totalmente por cirujanos, podría en un futuro incorporar mejoras basadas en IA⁽³¹⁾. Es un instrumento quirúrgico sofisticado que obedece al cirujano, a la vez que aumenta su capacidad para operar con precisión y destreza, reduciendo el temblor y proporcionando una visión excepcionalmente clara de la anatomía del paciente. El cirujano opera sentado cómodamente en una consola manipulando los mandos del robot y obteniendo una visión tridimensional del interior del paciente. En esta consola es posible, además, visualizar simultáneamente las pruebas de imagen que se realizaron antes de la cirugía, o la localización de las biopsias que resultaron positivas, para ayudar al cirujano a comprender mejor la anatomía del tumor mientras los opera. La consola permite también utilizar un sistema de fluorescencia que ayuda al cirujano a localizar los vasos sanguíneos, permitiendo reducir el sangrado durante las intervenciones. La comodidad del cirujano durante la intervención evita la fatiga que afectaba a muchos cirujanos que operaban de pie en intervenciones largas y complejas.

Por último, debemos citar los ***algoritmos del habla que son capaces de digitalizar las grabaciones de audio y convertirlas en elementos de datos computables***. Este campo está estrechamente relacionado con el *Procesamiento del Lenguaje Natural* (PNL), con la complejidad añadida de la entonación y el énfasis de las sílabas que impactan en el significado. Esto complica tanto la interpretación y la generación del habla entrante como la saliente interpretación y generación del habla. Son sistemas muy empleados para generar informes en texto a partir de voz, tarea en la que pueden aportar un gran ahorro de tiempo en la redacción de informes. El PNL incorpora sistemas de aprendizaje basados en reglas y datos, y muchos de los componentes internos de los sistemas de PNL son en sí mismos algoritmos de aprendizaje automático

con entradas y salidas predefinidas, que a veces operan con restricciones adicionales. Existen muchas aplicaciones que utilizan estas técnicas, por ejemplo, para la extracción de palabras clave de historias clínicas, con lo que los informes pueden ser analizados y ‘desmigados’, es decir, convertir información *no estructurada en información estructurada*.

La IA en salud en el momento actual

En un reciente artículo publicado en 2020 en la revista *Nature Digital Medicine*⁽³²⁾ se hizo un estudio acerca del número y tipo de dispositivos y/o algoritmos basados en distintas técnicas de Inteligencia Artificial para los que la FDA («*Foods and Drugs Administration*», agencia responsable de aprobar los medicamentos para uso humano en EEUU), había emitido una opinión favorable permitiendo así su comercialización.

Como demuestran los estudios sobre el papel de la IA en la Medicina, sus casos de uso y las empresas que desarrollan este tipo de tecnologías han evolucionado exponencialmente y los organismos reguladores como la (FDA) y la *Agencia Europea del Medicamento* (EMA), han intentado abordar su regulación y aplicación.

En este artículo se clasificó una tecnología como basada en IA si los anuncios oficiales de la FDA, comunicaciones de la empresa u otros recursos de información disponibles públicamente utilizaban las expresiones como ‘*aprendizaje profundo*’, ‘*aprendizaje automático*’, ‘*redes neuronales profundas*’, ‘*inteligencia artificial*’ y/o ‘*IA*’ para describir la tecnología. Hasta la fecha de publicación del artículo, se encontraron 64 dispositivos médicos basados en IA aprobados por la FDA. Un análisis más exhaustivo descubrió que sólo 29 dispositivos/algoritmos cumplían los criterios para ser considerados una tecnología basada en IA.

Las dos principales especialidades médicas con innovaciones basadas en IA fueron Radiología y Cardiología, con 21 (72,4%) y 4 (13,8%) dispositivos/ algoritmos aprobados. El resto pueden agruparse en Me-

dicina Interna, Endocrinología, Neurología, Oftalmología, Medicina de Urgencias y Oncología.

El campo médico de la radiología es el que marca la tendencia en cuanto a dispositivos médicos y algoritmos aprobados por la FDA, con la introducción de soluciones basadas en IA para el software de lectura de imágenes que puede ser aplicado en todo el mundo.

Además del aumento de los algoritmos basados en IA, los informes muestran un aumento importante del valor del mercado mundial de la IA en la sanidad. Se prevé que el valor supere pronto los 28.000 millones de dólares.

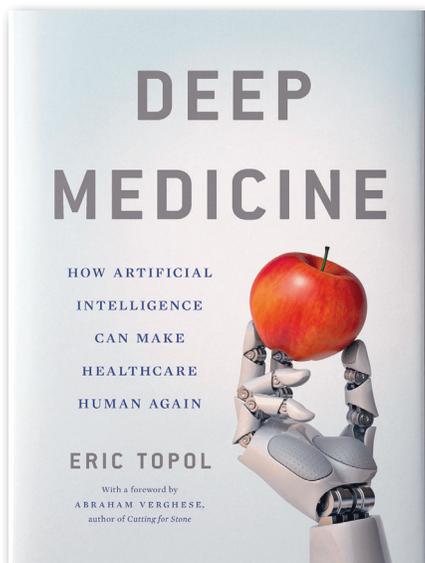
Sin embargo, a pesar de que cada vez hay más soluciones medicas basadas en la IA en el mercado, sigue existiendo el factor de adopción de esas mismas soluciones. El reto de adoptarlas en la práctica médica puede atribuirse a los obstáculos debidos a marcos normativos y problemas de confianza en las nuevas tecnologías tanto por parte de los médicos como de los pacientes.

El médico ante la inteligencia artificial: Grandes debilidades de la inteligencia artificial

Se ha debatido mucho en los últimos años sobre el papel de la Inteligencia Artificial en la toma de decisiones médicas, aunque son muchas las debilidades que presenta para poder tomar este control.

- *Falta de comprensión afectiva, empatía y persuasión:* la empatía o capacidad de comprender lo que el ser humano está sintiendo, es una habilidad clave en medicina y clave para la parte emocional y la relación médico-paciente. La persuasión es un proceso destinado a cambiar la actitud o el comportamiento de una persona hacia un objeto. Tal y como nos decía Laín Entralgo en su libro *‘La curación por la palabra en la Antigüedad Clásica’*⁽³³⁾, una medicina sin empatía no es medicina. La persuasión siempre ha sido un elemento fundamental en la relación médico-paciente, y no sólo en la antigüedad, sino también en la medicina actual; resulta difícil encontrarnos en un escenario futuro en el que estemos contándole los problemas de salud a una máquina en vez de un médico, ya que somos seres sociales y estamos preparados para vivir en sociedad.
- *Falta de juicio y decisión clínica.* Aunque la inteligencia artificial puede proporcionar información y recomendaciones diagnósticas basadas en los datos, no es capaz de tomar decisiones clínicas complejas por sí mismo. En medicina, la decisión técnicamente más correcta puede no ser la ética y moralmente óptima.

Según analiza Eric Topol⁽³⁴⁾ en su libro *Deep Medicine*⁽³⁵⁾ y como la in-



teligencia artificial puede ayudar en los cuidados de salud, la situación actual de la medicina podría definirse como de ‘medicina superficial’, donde la cuarta parte de los médicos sufre depresión y casi la mitad tiene síntomas de *Burn Out*, provocando que éstos vivan cansados tanto física como emocionalmente, hecho que está destruyendo inevitablemente tanto sus vidas como la de sus pacientes. Todo ello es motivado por la falta de tiempo para descansar y estar sometidos a trabajar durante turnos interminables que no les permiten crear conexiones reales con

los pacientes. Los pacientes sufren debido a eso, pero la causa primaria es el sufrimiento de los médicos.

Las visitas en Estados Unidos duran unos siete minutos de media, y esto podría ser la causa de alrededor de 12 millones de diagnósticos equivocados sólo en Estados Unidos. Aún relata cómo más preocupante que la tercera parte de las intervenciones quirúrgicas son innecesarias.

Según relata, el potencial de la Inteligencia Artificial es innegable, pero sigue teniendo muchas limitaciones hoy día, porque el buen uso de la Inteligencia Artificial depende de los datos con los que la alimentemos, y necesitamos grandes cantidades de éstos y que además sean de calidad: estructurados y estandarizados.

Cuando analiza cómo debemos de sacar partido a la Inteligencia Artificial, argumenta que la principal utilidad de estos programas es la de procesar información y ofrecer diagnósticos basados en datos. Simplemente conociendo esto se puede establecer un estándar que reduzca la tasa de errores. De esta forma, la Inteligencia Artificial puede servir como ayuda a los profesionales médicos para asegurarse de tener un

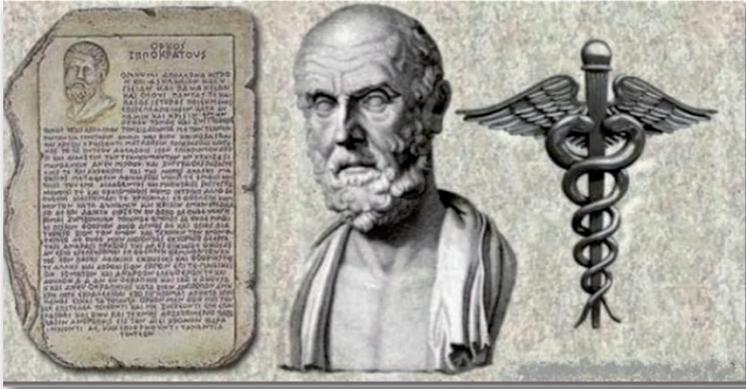
diagnóstico fiable y que sólo tengan que comprobar si realmente tiene sentido según lo analizado. Usar la Inteligencia Artificial permitirá que los médicos no olviden síntomas o pruebas que puedan ser necesarias para diagnosticar a los pacientes. Hoy día es aún difícil que esto se consiga, pero si comenzamos a crear herramientas para recolectar datos desde el nacimiento, con el tiempo podemos esperar que estos programas se conviertan en los mejores aliados de los médicos.

¿Amenaza o ayuda?: ¿Está en peligro la figura del médico por la llegada de la Inteligencia Artificial?



Si ha habido un médico y filósofo en toda la historia de la Medicina cuyos mensajes han trascendido hasta la actualidad y muchos de ellos siguen vigentes, ese es Hipócrates. Según sus palabras:

‘un buen médico es aquel que no sólo comprende las causas naturales de la enfermedad, sino también es aquel que conoce muy bien a la persona que la padece’.

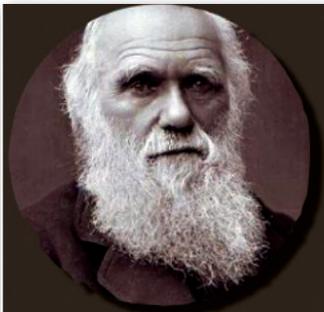


La Inteligencia Artificial nos va a ayudar a desentrañar todos los mecanismos y las causas naturales de la enfermedad, y la inteligencia humana es imbatible en las relaciones humanas.



Por tanto, la unión de ambas, la inteligencia artificial y la inteligencia humana, van a conseguir una medicina de futuro más humana y sabia.

Tal y como dijo en una de sus afirmaciones, Charles Darwin, *'las especies que sobreviven no son las más fuertes ni las más rápidas ni las más inteligentes; sino aquellas que se adaptan mejor al cambio'*.



El médico del presente y del futuro no debe ignorar todos los cambios tecnológicos que está ofreciendo la medicina, y en ningún caso debe temer por su sustitución, pero probablemente el médico que omita la tecnología y no la utilice para proporcionar mejoras en salud, será sustituido por el que si lo haga.

Bibliografía

1. **Gómez Rubí, J.A.** *Ética En Medicina Critica*. Casa del Libro. Disponible en: <https://www.casadellibro.com/libro-etica-en-medicina-critica/9788495840073/873017>
2. *Ciencia y caridad*. En: Wikipedia, la enciclopedia libre. 2021. En: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Ciencia_y_caridad&oldid=132339726
3. **Albert Einstein**. En: Wikipedia, la enciclopedia libre. En: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Albert_Einstein&oldid=149787640
4. *Resumen de La e-salud. Hacia la medicina 5P: medicina personalizada, precisa, preventiva, predictiva y participativa*. En: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8733023&info=resumen>
5. **Gray, M.** *Making the future of healthcare*. Z Evidenz Fortbild Qual Im Gesundheitswesen. 2008;102(4):231-3.
6. **Alan Turing**. En: Wikipedia, la enciclopedia libre. En: https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Alan_Turing&oldid=150159795
7. **McCarthy, J.; Minsky, M.L.; Rochester, N.; Corporation IBM; Shannon, C.E.** *A Proposal For The Dartmouth Summer Research Project On Artificial Intelligence*.
8. **Kulikowski, C.A.** *An Opening Chapter of the First Generation of Artificial Intelligence in Medicine: The First Rutgers AIM Workshop*, June 1975. Yearb Med Inform. 2015;24(1):227-33.

9. *Casnet-slides.pdf* [Internet]. [citado 30 de marzo de 2023]. En: <http://web.cs.wpi.edu/~dcb/courses/CS538/documents/2002/casnet-slides.pdf>
10. **Mycin**. En: Wikipedia [Internet]. 2023 [citado 30 marzo 2023]. En: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Mycin&oldid=1144504773>
11. **DXplain**. En: Wikipedia. 2023 [citado 30 marzo 2023]. En: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=DXplain&oldid=1145758767>
12. **Deep Blue**. En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 30 de marzo de 2023]. Disponible en: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Deep_Blue_\(computadora\)&oldid=146115422](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Deep_Blue_(computadora)&oldid=146115422)
13. **Watson** (*inteligencia artificial*). En: Wikipedia, la enciclopedia libre [Internet]. 2022 [citado 30 de marzo de 2023]. En: [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Watson_\(inteligencia_artificial\)&oldid=148217026](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Watson_(inteligencia_artificial)&oldid=148217026)
14. **Simon, G.; DiNardo, C.D.; Takahashi, K.; Cascone, T.; Powers, C.; Stevens, R. et al.** *Applying Artificial Intelligence to Address the Knowledge Gaps in Cancer Care*. *The Oncologist*. 2019;24(6):772-82.
15. Com_2018_0237_Fin.SPA.xhtml.1_ES_ACT_part1_v2.docx. En <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:52018DC0237&from=EN>
16. *Inteligencia artificial: oportunidades y desafíos*. Parlamento Europeo. 2020. En: <https://www.europarl.europa.eu/news/es/headlines/society/20200918STO87404/inteligencia-artificial-oportunidades-y-desafios>
17. **Deo, R.C.** *Machine Learning in Medicine*. *Circulation*. 17 de noviembre de 2015;132(20):1920-30.
18. **Esteva, A.; Robicquet, A.; Ramsundar, B.; Kuleshov, V.; DePristo, M.; Chou, K. et al.** *A guide to deep learning in healthcare*. *Nat Med*. enero de 2019;25(1):24-9.
19. **McBee, M.P.; Awan, O.A.; Colucci, A.T.; Ghobadi, C.W.; Ka-**

- dom, N.; Kansagra, A.P. et al.** *Deep Learning in Radiology*. Acad Radiol. noviembre de 2018;25(11):1472-80.
20. **Safran, T.; Viezel-Mathieu, A.; Corban, J.; Kanevsky, A.; Thibaudeau, S.; Kanevsky, J.** *Machine learning and melanoma: The future of screening*. J Am Acad Dermatol. marzo de 2018;78(3):620-1.
21. **Siontis, K.C.; Noseworthy, P.A.; Attia, Z.I.; Friedman, P.A.** *Artificial intelligence-enhanced electrocardiography in cardiovascular disease management*. Nat Rev Cardiol. julio de 2021;18(7):465-78.
22. **Gulshan, V.; Peng, L.; Coram, M.; Stumpe, M.C.; Wu, D.; Narayanaswamy, A. et al.** *Development and Validation of a Deep Learning Algorithm for Detection of Diabetic Retinopathy in Retinal Fundus Photographs*. JAMA. 13 de diciembre de 2016;316(22):2402-10.
23. **Zou, J.; Huss, M.; Abid, A.; Mohammadi, P.; Torkamani, A.; Telenti, A.** *A primer on deep learning in genomics*. Nat Genet. enero de 2019;51(1):12-8.
24. **Pham, K.T.; Nabizadeh, A.; Selek, S.** *Artificial Intelligence and Chatbots in Psychiatry*. Psychiatr Q. marzo de 2022;93(1):249-53.
25. **Whittaker, R.; Dobson, R.; Garner, K.** *Chatbots for Smoking Cessation: Scoping Review*. J Med Internet Res. 26 de septiembre de 2022;24(9):e35556.
26. **Pradhan, B.; Bharti, D.; Chakravarty, S.; Ray, S.S.; Voinova, V.V.; Bonartsev, A.P. et al.** *Internet of Things and Robotics in Transforming Current-Day Healthcare Services*. J Healthc Eng. 2021;2021:9999504.
27. **Sabry F, Eltaras T, Labda W, Alzoubi K, Malluhi Q.** *Machine Learning for Healthcare Wearable Devices: The Big Picture*. J Healthc Eng. 2022;2022:4653923.
28. Accenture-1680-Consumer-Survey.pdf [Internet]. En: https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-136/Accenture-1680-Consumer-Survey.pdf

29. **Sun, T.; He, X.; Li, Z.** *Digital twin in healthcare: Recent updates and challenges*. Digit Health. 2023;9:20552076221149652.
30. *Robotic Surgery for Cancer: The Da Vinci Surgical System* [Internet]. Cancer Treatment Centers of America. 2018. En: <https://www.cancercenter.com/treatment-options/surgery/surgical-oncology/robotic-surgery>
31. **Panesar, S.; Cagle, Y.; Chander, D.; Morey, J.; Fernandez-Miranda, J.; Kliot, M.** *Artificial Intelligence and the Future of Surgical Robotics*. Ann Surg. agosto de 2019;270(2):223.
32. **Benjamins, S.; Dhunoo, P.; Meskó, B.** *The state of artificial intelligence-based FDA-approved medical devices and algorithms: an online database*. Npj Digit Med. 11 de septiembre de 2020;3(1):118.
33. **Entralgo, P.L.** *La curación por la palabra en la antigüedad clásica*. Anthropos Editorial; 2005. 248 p.
34. **Topol, E.J.** *High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence*. Nat Med. enero de 2019;25(1):44-56.
35. **Topol, E.** *Deep Medicine: How Artificial Intelligence Can Make Healthcare Human Again*. Hachette UK; 2019. 373 p.

