

## Las tecnologías disruptivas y su aplicación en la medicina con vistas al 2030

Disruptive technologies and their application in medicine: a vision to 2030

Juan Antonio Gutiérrez Martínez\*<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-0478-4741>

Ailyn Febles Estrada<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5742-9719>

<sup>1</sup>Centro de Investigaciones Médico Quirúrgicas (CIMEQ). La Habana, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Ciencias Informáticas (UCI). La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: [jagm@infomed.sld.cu](mailto:jagm@infomed.sld.cu)

### RESUMEN

**Introducción:** La aplicación de las tecnologías disruptivas en el contexto de la salud pública permite mejorar la calidad de sus servicios y la calidad de vida de las personas.

**Objetivo:** Analizar el desarrollo de las tecnologías disruptivas que han incidido hasta hoy en la práctica médica y cómo este desarrollo se prevé que transformará la forma en que se ejerce la medicina en la actualidad y hacia el 2030.

**Métodos:** Investigación documental con enfoque cualitativo, basada en la búsqueda y selección de información para conocer el estado del arte sobre el tema. Se realizaron análisis de casos y ejemplos exitosos en el uso de las tecnologías que aparecen en la literatura. Para la búsqueda se utilizaron los vocablos tecnologías disruptivas, salud pública, medicina preventiva, participativa, predictiva y personalizada. Se aplicaron entrevistas y grupos focales para delimitar los temas fundamentales y para identificar barreras y buenas prácticas.

**Conclusiones:** Las tecnologías disruptivas deben ser empleadas en todas las áreas del conocimiento humano, con énfasis en la medicina, permitiendo evaluar de forma permanente sus beneficios y sus riesgos. Estas tecnologías están directamente relacionadas con el alcance de la medicina de las 4P y su aplicación en los sistemas de salud, y para que su gestión sea efectiva será necesario romper barreras que faciliten su proceso

**Palabras clave:** tecnologías disruptivas; medicina del futuro; buenas prácticas.

## ABSTRACT

**Introduction:** The application of disruptive technologies in the context of public health allows you to improve the quality of their services and people's life quality.

**Objective:** To analyse the development of disruptive technologies that have influenced until nowadays the medical practice and how this development it is anticipated that will transform the way that medicine is practiced today and toward 2030.

**Methods:** Documentary research with qualitative approach, based on the search and selection of information to know the state of the art on the subject. Analysis of cases and examples of successful experiences in the use of the technologies that appear in the literature were made. For the search were used the words disruptive technologies, public health, preventive medicine, participatory, predictive and personalized. Interviews and focus groups were applied to identify the key issues and to identify barriers and good practices.

**Conclusions:** Disruptive technologies should be used in all areas of human knowledge, with an emphasis on medicine, allowing to assess on a permanent basis their benefits and risks. These technologies are directly related to the scope of the medicine of the 4P and its application in health systems, and for its management to be effective it will be necessary to break down barriers to facilitate their process.

**Keywords:** disruptive technologies; medicine of the future; good practices.

Recibido: 21/06/2018

Aceptado: 21/05/2019

## INTRODUCCIÓN

Una de las áreas donde los cambios tecnológicos tienen un notable impacto es la medicina, las que no solo influyen en sus procesos hospitalarios o en la eficacia de su servicio. Teniendo en cuenta estos elementos se puede afirmar que la Revolución Tecnológica incidirá en el rol del médico, la relación médico-paciente y en general en una nueva manera de hacer la medicina.<sup>(1,2,3)</sup>

En el futuro, el médico tendrá que apoyarse en expertos para el análisis de datos a la hora de diagnosticar y tomar decisiones en base a la gran cantidad de información que tendrán disponible. Algunas preguntas surgen en este escenario de futuro:

- ¿Serán necesarias nuevas especialidades médicas orientadas al análisis de datos?,
- ¿La forma de diagnosticar y prevenir enfermedades evolucionará tan radicalmente?
- ¿Están preparados los sistemas de salud y las universidades para estos cambios?

La revisión tiene el objetivo de analizar el desarrollo las tecnologías disruptivas que han incidido hasta hoy en la práctica médica y cómo este desarrollo se prevé que transformará la forma en que se ejerce la medicina en el 2030. Con estos elementos se hace un análisis de algunas buenas prácticas para lograr que las instituciones de salud lleguen de forma natural a esta nueva etapa y las universidades formen los médicos del futuro, así como se mencionan algunas barreras que pueden obstaculizar su alcance.

Encontrar la manera en que el sistema de salud cubano logre modelar el uso de las tecnologías actuales y las que serán tendencias hacia el 2030 debe ser un objetivo primordial en el próximo período.

## MÉTODOS

Se empleó el método de análisis histórico-lógico para caracterizar el contexto en que se realiza el estudio y para evaluar de forma prospectiva la medicina en el 2030. El método analítico-sintético fue utilizado para analizar la integración de las tecnologías disruptivas con la práctica médica y los servicios de salud a partir de la descomposición de las distintas tecnologías y algunos servicios de salud.<sup>(4)</sup>

El método inductivo-deductivo fue aplicado para diagnosticar las barreras a las que se pueden enfrentar los servicios de salud a la hora de aplicar las tecnologías así como su manifestación en los servicios y su impacto social.<sup>(4)</sup>

Se aplicaron como métodos empíricos:

- la entrevista no estructurada: aplicada a expertos en tecnologías para determinar aquellas disruptivas a tener en cuenta en el estudio y a un grupo de médicos especialistas para analizar la medicina personalizada, predictiva, preventiva y participativa (4P) y su posible alcance en los sistemas de salud.

- Grupo focal: Para determinar las posibles barreras y buenas prácticas a la hora de introducir las tecnologías disruptivas en el sistema de salud.
- La consulta de documentos para la recopilación de la información relacionada con las tecnologías y con la medicina del futuro. Se consultó la base de datos, de la *US National Library of Medicine*, MEDLINE, a través de su motor de búsqueda PubMed, la revista Infodir, la Red de revista científicas Redalyc, la plataforma digital y base de datos *Science Direct*, la biblioteca electrónica Scielo y la plataforma de búsqueda y descubrimiento *Science Open*. Para la búsqueda se utilizaron los vocablos: tecnologías disruptivas, salud pública, medicina preventiva, participativa, predictiva y personalizada.<sup>(4)</sup> Se encontraron 219 artículos publicados en los últimos 10 años sobre temáticas afines, de ellos se escogieron 97 porque abordaban el tema de la relación que existe entre la medicina del futuro y las tecnologías disruptivas. Para la priorización de los documentos se consideró la fecha de la publicación y la relevancia del contenido a criterio del autor.

### Las tecnologías y la medicina en el futuro

Según futurólogos como *Ray Hammond*, entre los seis factores de cambio que condicionarán el mundo en el 2030 se encuentran; el desarrollo exponencial de la tecnología y el modelo de *Prevención-Extensión* en medicina (prevención de enfermedades y extensión del periodo de vida).<sup>(1)</sup>

Al decir de varios autores, en el futuro habrá mejorado el estado general de la salud de la población gracias a la medicina preventiva y a la mejor calidad de la asistencia médica, lo que permitirá trabajar más tiempo (con alegría y diligencia). La esperanza de vida habrá aumentado tanto en 2030 que la jubilación a los 60 o a los 65 años parecerá incongruente. Quizás sea el momento para que la gente, simplemente, cambie de actividad profesional.<sup>(1)</sup>

*Ray Hammond*, en su libro *El mundo en el 2030*, introduce el término “prevención-extensión”. Lo utiliza para describir la medicina que surgirá durante los próximos 20 años. Según este autor, más que intentar encontrar cura para las enfermedades y los dolores existentes, la revolución médica que viene “producirá una nueva disciplina enfocada a la medicina personalizada para prevenir la enfermedad y aumentar firmemente la longevidad humana”.<sup>(1,2,5)</sup>

En el modelo centrado en el paciente, este participa en su recuperación de manera directa y recibe los servicios médicos enfocados a sus necesidades individuales y preferencias con toda la información sobre su enfermedad.<sup>(6,7)</sup> Lo que tendrá una gran influencia en los servicios de salud pública. La medicina del futuro será mucho más eficaz si se logra aprovechar mejor el potencial que representa la gran cantidad de datos que estarán disponibles. Varios autores nominan a esta nueva medicina como la “medicina de las 4P: personalizada, predictiva, preventiva y participativa”.<sup>(2,3,8)</sup>

- Personalizada: cada decisión médica es específica para cada paciente. Se pasa de una medicina enfocada a poblaciones a otra basada en el individuo.<sup>(2)</sup>
- Predictiva: centra su acción en predecir la respuesta de un individuo a un tratamiento: qué personas están en riesgo de padecer una determinada enfermedad, la evolución de un paciente que padece una enfermedad. Esta anticipación permite planificar estrategias de prevención, inicio precoz del tratamiento, mejor pronóstico, entre otros.<sup>(3,8)</sup>
- Preventiva: actividades que realizan los profesionales de la salud desde la atención primaria y contribuyen a la prevención de enfermedades y la promoción de salud.<sup>(3,8)</sup>
- Participativa: modelo de atención médica en el que se destaca el papel proactivo de un nuevo tipo de “paciente digital” que no espera a estar enfermo para acudir al hospital. Este “e-paciente” utiliza Internet para conseguir información sobre la enfermedad que padece y comparte experiencias en distintos foros con otros individuos con enfermedades o síntomas parecidos.<sup>(3,8)</sup>

### Las tecnologías disruptivas

Según *Christensen*<sup>(5)</sup> las disrupciones comienzan por una tecnología o innovación que satisface las necesidades de un segmento de clientes: pocos, sofisticados y rentables de un sector (*lower-end*) o atendiendo a ciertos atributos solo apreciados por unos pocos en detrimento de otros atributos más estándar (*new-market*). Una tecnología disruptiva es cualquiera que, por su naturaleza novedosa, por la caída de restricciones a su aplicación o por una reducción severa de costos, tiene la capacidad de incidir profundamente en un sector de actividad y su cadena de valor, posiblemente trayendo la aparición de nuevos roles, a la vez que eliminando a otros.

El desarrollo y las crecientes mejoras en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) y la disrupción de sus tecnologías e innovaciones, así como la convergencia tecnológica, están transformando la forma de trabajar en el sector de la salud. Las posibles aplicaciones de las innovaciones tecnológicas abarcan muchas, sino todas, de las actividades relacionadas con la atención, administración y educación en salud. Estas innovaciones ofrecen oportunidades para incrementar la cobertura y mejorar la calidad de la atención, efectividad y eficiencia del sistema de salud. Las aplicaciones que se desarrollan son muy diversas: registros médicos electrónicos, servicios de tele-medicina, portales de salud, sistemas de gestión hospitalaria, entre otros, abarcan todas las áreas que utiliza las TIC para mejorar las acciones de salud en los ámbitos de prevención, diagnóstico, tratamiento, monitoreo y gestión.<sup>(5)</sup>

Según los expertos entrevistados y la bibliografía consultada algunas de las tecnologías informáticas disruptivas que son tendencias para los próximos años y que tienen un impacto en la salud son la realidad aumentada, la impresión 3D, la inteligencia artificial, internet de las cosas y el *Big Data*.<sup>(5)</sup>

### **Impacto actual en la medicina de las tecnologías disruptivas**

Realidad aumentada:<sup>(3,5,9)</sup> busca mejorar la realidad superponiéndole realidades artificiales. Los elementos que puedes ver y tocar se combinan con otros elementos virtuales para mejorar tu experiencia. Uno de los desarrollos que permitió generalizar la realidad aumentada fue el *Google Glass* introducido por *Google*. Aunque el uso de esta tecnología no ha sido tan impactante en la medicina, sí se están dando ejemplos interesantes para la enseñanza en las cirugías y otras especialidades.

- Lactancia materna: en Australia fue utilizada en un experimento para mejorar la técnica de lactancia.
- Enseñanza de anatomía: los estudiantes de medicina, enfermería u odontología aprenden anatomía de una forma más dinámica y versátil.
- Enfermería: *AccuVein*, aplicación que permite encontrar la vena de forma sencilla para que la inyección no duela tanto. Toda una invención para los pacientes más aprensivos.

Impresión 3D (que está evolucionando a la impresión 4D): está jugando un papel importante en el mundo de la medicina con la llegada de materiales de impresión 3D biocompatibles. La flexibilidad del diseño 3D que permite adaptarse al paciente con total fiabilidad y la rapidez con la que obtenemos los modelos impresos, supone un gran avance. Algunos ejemplos de su utilización son:<sup>(3,5,9)</sup>

- Audífonos: el primer ámbito médico donde llegó este avance, incluso cuando no se hablaba de 3D, fue en las prótesis auditivas.
- Prótesis dentales: generación de implantes a través de impresión 3D, una de las disciplinas que más avanza y en la que se obtienen algunos de los progresos más atractivos.
- Trasplantes cardíacos: el Hospital de La Paz en su área de Cardiología Pediátrica está trabajando junto a socios tecnológicos como *Siemens* para desarrollar mediante impresión 3D prótesis cardíacas personalizadas y adaptadas a cada paciente.
- Rehabilitación: Se crean férulas a medida del paciente que inmovilizan el miembro fracturado e incorporan un sistema de electro-estimulación que, conectado al móvil, permite seguir la rehabilitación desde casa, lo que reduce el tiempo de recuperación y los costos.
- Simulacros para cirugía: se trata de la creación de modelos de los huesos que van a operar. De esa manera, se evita la improvisación en los procedimientos quirúrgicos, se reducen los tiempos en el quirófano y la recuperación de los pacientes es mucho más rápida.

Inteligencia artificial (IA):

- Sistemas Expertos: área de la inteligencia artificial de mayor éxito dentro de la medicina. Estos sistemas permiten almacenar y utilizar el conocimiento de uno o varios expertos humanos en un dominio de aplicación concreto. Su uso incrementa la productividad, mejora la eficiencia en la toma de decisiones y permite resolver problemas cuando los expertos no están presentes.<sup>(3,5,9)</sup>
- Redes neuronales artificiales: usadas como sistemas de apoyo para decisiones clínicas en el diagnóstico médico, como la tecnología de Procesamiento de Conceptos en el software de registros médicos electrónicos.<sup>(3,5,9)</sup>

- Interpretación de radiologías: ayudan a escanear imágenes digitales como: las provenientes de la tomografía axial computarizada para señalar zonas visibles de posibles enfermedades. Una aplicación típica es para la detección de un tumor.
- Analíticas predictivas. el almacenamiento de grandes cantidades de información, tanto en instituciones públicas como privadas está siendo clave para detectar patrones en enfermedades como la obesidad o diabetes y disminuir su impacto en los pacientes.<sup>(3,5,9)</sup>

Internet de las cosas: cada vez son más los dispositivos comunes que cumplen con funciones de salud. Por ejemplo, no es raro que un *smartphone* o un reloj inteligente tenga sensor para medir nuestro pulso cardíaco, estas funciones que monitorizan nuestra actividad física pueden ya venir integradas cuando compramos un nuevo dispositivo. Cada día son más las personas que utilizan su teléfono móvil para comprobar cuánto se mueven en el día, cuánto ejercicio han hecho en su entrenamiento, o el comportamiento de su sueño en las noches. Diagnosticar y prevenir enfermedades, monitorizar constantes vitales, agilizar la toma de decisiones son algunas de las mejoras que permiten las tecnologías del Internet de las cosas en el ámbito de la salud.<sup>(3,5,9)</sup>

- *Wearables*: es uno de los dispositivos más populares. Puede ser usado para tomar medidas sobre datos biométricos de los pacientes y de esta manera recopilar información en el tiempo. La novedad es que los médicos y especialistas pueden efectuar el análisis en tiempo real por lo que permite dar seguimiento al paciente de una manera en la que antes no lo hubieran podido hacer.<sup>(9)</sup>
- *Smart beds* (o camas conectadas): estas camas inteligentes permiten detectar si la cama está ocupada o el momento en que un paciente se levanta de ella. Se ajustan automáticamente a la presión y soporte que el paciente necesita sin la interacción manual del personal de enfermería. El Internet de las cosas también permite en el hospital, controlar la temperatura de las diferentes áreas o tener centralizado el material médico para su mejor localización.
- Caso osito de peluche: el niño ingresado en el hospital se entretendrá jugando con él mientras este lo que hace es medir su temperatura, su ritmo cardíaco y su nivel de oxígeno en sangre. Este dispositivo inteligente ya se está probando en hospitales del Reino Unido, Bosnia y Croacia.

*Big Data*: Esta tendencia tecnológica aborda el manejo de los grandes y complejos conjuntos de datos que son difíciles de procesar con herramientas de gestión de bases de datos convencionales. El problema está en cómo acceder, distribuir y utilizar esta gran cantidad de datos no estructurados y que sean útiles para la toma de decisiones. En el caso de la medicina, entre la información de los pacientes, de las clínicas y de los hospitales, existe una acumulación masiva de datos clínicos en formato escrito en papel o electrónico que no se utilizan por la dificultad material que existe para “digerirlos” de forma efectiva, aunque el equipo médico se propusiera gestionarlos.<sup>(8,9,10,11)</sup>

La recopilación de grandes bases de información ha permitido el avance significativo en la prevención y el diagnóstico. La interconexión permanente de profesionales sanitarios a nivel mundial ha facilitado que el diagnóstico se pueda realizar desde parámetros más amplios a los que se podía acceder antes que apareciera este tipo de tecnología.

*Big Data* se convierte en una oportunidad sin precedentes de accesibilidad a una masiva cantidad de datos desbloqueados. Esta oportunidad se traduce en información más contextualizada, diagnósticos más concretos y atención más personalizada.

Algunos ejemplos de sus aplicaciones en la medicina son:

- Apnea del sueño en pacientes con hipertensión: mientras que la apnea del sueño afecta entre el 6 % y el 13 % de la población en general, entre los pacientes con hipertensión de difícil control tiene una incidencia mucho mayor, siendo aproximadamente el 80 % de estos pacientes los que la sufren. El tratamiento habitual con CPAP (en español, presión positiva continua en la vía aérea), un dispositivo que insufla aire a presión en las vías respiratorias a través de una mascarilla, ayuda a reducir la presión arterial en el 70 % de los casos de hipertensión de difícil control. El análisis predictivo basado en *Big Data* podría ayudar a detectar al grupo de pacientes para los que este tipo de tratamiento no supone una herramienta efectiva para la hipertensión de difícil control, es decir, el 30 % que resta.
- *European Medical Information Framework* (EMIF): el objetivo principal de esta iniciativa es la de crear una infraestructura para la reutilización eficaz de los datos europeos existentes en materia de salud para la investigación clínica y epidemiológica. Actualmente se recopila información sanitaria de alrededor de 52

millones de ciudadanos europeos. Uno de los objetivos fundamentales del EMIF es la creación de un catálogo o Plataforma EMIF.<sup>(12)</sup>

- Plataforma para el Análisis *Big Data* en Salud: esta plataforma tendrá un impacto directo en las unidades clínicas del Hospital Universitario y Politécnico La Fe, España. Proveerá de información clave como resultado de sus indicadores en tiempo real, para la mejora de la actividad asistencial. Permitirá la realización de informes descriptivos, proyectos basados en la minería de datos y la elaboración de modelos predictivos que ayuden en la toma de decisiones clínicas para la mejora de la atención sanitaria.<sup>(13)</sup>

### **Incidencia de las tecnologías disruptivas en la medicina del 2030**

Se calcula que la información biomédica disponible se va a duplicar cada 18-24 meses durante los próximos años. Esto supone un desafío para la gestión, disponibilidad y gobierno de estos datos, para lo que debe estar preparado el sector de la salud. Por lo que para sus servicios será de gran impacto la aplicación, de forma ordenada, de políticas que permitan implementar en los hospitales las tendencias tecnológicas útiles.

Teniendo en cuenta que la percepción ético-política se dirige a la satisfacción de las necesidades de los ciudadanos y por ende al desarrollo social, es importante evaluar todas las aristas de la perspectiva que se observa hacia el 2030. Introducir en el contexto de la salud los conceptos de la medicina de las 4P, a partir del uso adecuado de las tecnologías, es una manera de satisfacer las necesidades de los ciudadanos desde los servicios de salud. Existe una perspectiva que sostiene la neutralidad valorativa de la ciencia y la tecnología, según la cual, ellas no son ni buenas ni malas, sino que eso dependerá de cómo los agentes sociales utilicen los conocimientos, las técnicas y los instrumentos, y esa será la perspectiva real que prime en ese análisis.<sup>(14)</sup>

En el libro *Extreme Future*, James Canton describe la revolución médica por venir, como la etapa en la que las especulaciones sobre las enfermedades y los tratamientos darán paso a una medicina que, siendo más precisa y predictiva, mejorará la salud. Será una medicina que tendrá, intrínsecamente, la capacidad de asomarse al mapa genómico de cada individuo desde su nacimiento hasta su muerte. Los médicos dispondrán de una herramienta de diagnóstico, que no tiene comparación, el ADN individual. Lo que llevará a una etapa

superior de prevención tecnológica, de promoción del buen estado de salud y del aumento del tiempo de vida.<sup>(8,15)</sup>

El desarrollo tecnológico que se prevé para el 2030 tendrá un impacto importante en la medicina y en el sector de la salud en general. Impactan prácticamente en todos los ámbitos: en genómica, epidemiología, ensayos clínicos, operativa clínica, colaboración ciudadana, tele-asistencia, gestión administrativa, entre otras. En todos estos ámbitos, el futuro de la salud y de los sistemas y modelos sanitarios transitará hacia la recolección, almacenamiento, ordenamiento, análisis y consulta, de manera estructurada, segura y anónima, de la avalancha de datos que generarán estos avances.

También se plantea que “ser o no ser” competitivo resume las opciones de sobrevivencia y triunfo, o fracaso y anulación. Para lograr que nuestro sistema de salud siga siendo competitivo a nivel mundial se debe articular el conocimiento científico de sus médicos y trabajadores en general con la innovación y el desarrollo de las tecnologías, hacerlo se convierte en una opción de supervivencia y de triunfo en el futuro.<sup>(15)</sup>

El volumen de datos en el que están inmersos en la actualidad los sistemas de salud es sorprendente, si tenemos en cuenta que solamente el genoma de una persona ocupa del orden de los 3 GB. Gran parte de estos datos son no estructurados (radiografías, resonancias magnéticas, mensajes de *Twitter*) y no pueden gestionarse con bases de datos tradicionales. Además, son generados, analizados y explotados a una gran velocidad, como los datos que envían en tiempo real los sensores que recogen las constantes vitales de un paciente.

Las tres magnitudes clave que caracterizan cualquier entorno *Big Data* son precisamente el volumen, la variedad y la velocidad. Esto convierte al sector de la salud en uno de los campos más propicio para su aplicación y, a su vez, el *Big Data* será en el futuro uno de los grandes aliados de la medicina de las 4P.<sup>(8,16)</sup> De ahí que sea importante establecer la relación de las tendencias tecnológicas con su desarrollo, a las que ya se les vinculan tecnologías disruptivas, como los Datos masivos,<sup>(10,16)</sup> algunos ejemplos pueden ser:

- **Personalizada:** gracias a las tecnologías de *Big Data* y a los avances recientes en la medicina genómica (aplicación del genoma humano a la práctica de la medicina), se podrá ofrecer a cada paciente la terapia más adecuada con los menores efectos secundarios, o sea, como se dice, un verdadero “traje a la medida”.<sup>(2,16)</sup>
- **Predictiva:** El *Big Data* y el análisis de los datos que proceden de los equipos que monitorizan a los bebés (frecuencia cardíaca y respiratoria, presión sanguínea,

niveles de oxígeno en la sangre) permiten determinar posibles infecciones antes que aparezcan sus síntomas, a través de la correlación matemática de estos datos con los obtenidos de radiografía o análisis clínico. Es importante tener en cuenta que en bebés prematuros adelantar un tratamiento, aunque solo sea en una hora, puede marcar la diferencia entre la vida o la muerte.<sup>(8)</sup>

- **Preventiva:** gran repercusión mediática tuvo en el 2013 la noticia de que la actriz Angelina Jolie se sometió a una doble mastectomía y tomó esa decisión sin basarse en síntomas concretos. Una prueba de secuenciación de ADN reveló que tenía una mutación del gen BRCA1, que aumentaba en un 87 % las probabilidades de desarrollar cáncer de mama. Gracias al **diagnóstico temprano** y a la realización de la intervención quirúrgica, la actriz previno la enfermedad, por lo que disminuyó considerablemente la posibilidad de sufrirla.<sup>(16)</sup>
- **Participativa:** Las personas cada vez más suelen ser usuarios de *wearables* como pulseras y relojes que miden desde el pulso, la distancia recorrida, la tensión, la glucosa o la temperatura. Los datos generados por estos nuevos pacientes serán aprovechados por soluciones de *Big Data*, que los transformarán en información valiosa que pueda incidir en la mejora de la atención sanitaria de los ciudadanos.<sup>(17)</sup>

Otro elemento interesante es el influjo en la salud de las redes sociales y el Internet 3.0 y 4.1. Un ejemplo es la existencia y crecimiento de las comunidades de pacientes. Los sujetos se influyen mutuamente y esas influencias se socializa a través de las redes sociales (*Facebook, Twitter*, entre otras) y otras prestaciones de la web 2.0. Lo que se puede utilizar como instrumento colaborativo por el sector de la salud e incluso como modelo para entender cómo los patrones de comportamiento pueden emerger o involucionar. Las redes sociales pueden ser aprovechadas directamente como una herramienta para ayudar a los pacientes a vivir más y con mejor calidad.

Una de las opciones puede ser los servicios en línea supervisados y dirigidos a los pacientes con condiciones específicas para que puedan unirse a determinadas comunidades donde se interrelacionen, intercambien información u opiniones y de esta manera ofrezcan o reciban apoyo. Estas redes pueden convertirse en excelentes fuentes de datos, a medida que aumente el número de pacientes que participan en ellas, los que de alguna manera pueden contribuir a descubrir nuevos e inesperados patrones de salud u otros aspectos relacionados.

En las entrevistas no estructuradas que se realizaron los expertos coincidieron en que para lograr un óptimo aprovechamiento de los avances de las tecnologías y que estas impacten en la calidad y la eficiencia de los servicios de salud es importante desarrollar una cultura tecnológica que garantice su apropiación adecuada unida a códigos de ética, valores y responsabilidad en su uso. Por lo que es necesario capturar, almacenar y analizar todos los datos disponibles sobre ensayos clínicos, historiales médicos, secuenciación de ADN de pacientes, información procedente de redes sociales, entre otros. Para lo que se debe disponer de una gran base de datos compartida entre todos los hospitales y el resto de los agentes del sector de la salud.<sup>(10)</sup>

Para la aplicación de las tecnologías disruptivas en el ámbito sanitario es necesario tener en cuenta algunos factores que fueron identificados en la bibliografía y presentados a un grupo focal organizado con profesionales de la salud. De los factores presentados se obtuvieron como de mayor impacto los siguientes:

- Los nuevos componentes y relaciones entre los datos, equipos, personas, entre otros, deben trabajar sistémicamente y garantizar estándares de calidad. Esta es la única manera de obtener resultados e informaciones útiles y valiosas para comprender los contextos de los estados de salud y poder pronosticar el futuro de la asistencia médica.
- Manejar la información que se genere con cierto grado de prudencia, incluso después de las diferentes consideraciones estratégicas que se puedan plantear. Esto es importante porque, a pesar del potencial que tiene la tecnología para mejorar la comprensión de los fenómenos asistenciales y poder fortalecer la capacidad de predecir con cierto grado de exactitud el futuro, siempre es necesario analizar los aspectos coyunturales, ético-morales, ideológicos, entre otros.
- La seguridad y la protección de los datos, que en el caso del sector de la salud son de especial sensibilidad (dato de carácter personal relacionados con la salud, genéticos, información clínica, entre otros.) que deben ser preservados.

Sería de gran valor que los estudios académicos y las investigaciones científicas que se desarrollan en las áreas que vinculan las tecnologías con el sector de la salud, amplíen y validen su aplicación práctica en la asistencia hospitalaria y fuera de su estructura. Estos estudios deben centrar sus objetivos en criterios como la eficacia, efectividad clínica y

social, eficiencia, utilidad y, de esta manera, adoptar las tecnologías disruptivas en la práctica real como una herramienta más en la toma de decisiones médicas.

En la actualidad existen barreras que pueden irse modelando para lograr que el desarrollo tecnológico incida en el logro de una medicina más efectiva y eficiente en nuestro país. Trabajar desde la ciencia y la innovación para minimizar los efectos de estas barreras, a partir de la propuesta de nuevas políticas, métodos y herramientas e influyendo en la formación académica de los médicos, puede ser un importante aporte al desarrollo futuro de este sector en Cuba. Como resultado del grupo focal fueron identificadas las siguientes barreras agrupadas en tres categorías:

- **Administrativa:** debe existir un acuerdo entre las partes involucradas para compartir la **información** que hoy reside en compartimentos estancos.
- **Tecnológica:** la tecnología tiene que consolidarse en el sector de la salud. Un factor importante resulta ser la preparación de los médicos del futuro y su relación con los científicos de datos. Es crucial contar con analistas de datos expertos en el ámbito de la salud para que, a través del uso de tecnologías, puedan dar el soporte adecuado a los médicos en la toma de decisiones relativas a sus pacientes.
- **Legal:** los datos personales procedentes de pacientes son extremadamente sensibles y **será** preciso garantizar su confidencialidad e integridad. Esta barrera será salvable si se cuenta en todo momento con la ayuda de expertos en seguridad de la información y el debido proceso legal.<sup>(14)</sup>

Aunque ya se están viendo los primeros avances, sobre todo en el diagnóstico y seguimiento de algunas enfermedades, queda mucho por hacer para llegar a una verdadera medicina 4P. Este cambio revolucionario necesitará de la máxima implicación y colaboración de todos los actores del sector de la salud y de los expertos en tecnologías, lo que permitiría a la medicina cubana, que ya es reconocida a nivel mundial, posicionarse en el uso de las tecnologías y avanzar por el camino de la medicina del futuro.

## CONCLUSIONES

Los procesos científicos tecnológicos han transformado radicalmente la relación entre hombre, naturaleza y el resto de los seres vivos, por lo que la salud debe ser atendida con

mayor esmero. De aquí que las tecnologías disruptivas deban ser empleadas en todas las áreas del conocimiento humano, con énfasis en la medicina, permitiendo evaluar de forma permanente sus beneficios y sus riesgos. Estas tecnologías están directamente relacionadas con el alcance de la medicina de las 4P y su aplicación en los sistemas de salud, y para que su gestión sea efectiva será necesario romper barreras que faciliten su proceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Hammond R. El mundo en 2030. Ediciones Yago; 2008.
2. Bandrés Moya F. La medicina personalizada: un territorio entre la técnica, la ciencia y la ética. *Compartir*. 2018 [acceso 10/11/2018];(112):44-49 Disponible en: [http://www.fundacionespriu.coop/sites/default/files/revista/cv\\_112\\_cs.pdf](http://www.fundacionespriu.coop/sites/default/files/revista/cv_112_cs.pdf)
3. Pique J. ¿Dónde está y hacia dónde va nuestro sistema sanitario? *Medicina Clínica*. 2013 [acceso 07/12/17];140(11):514-519. Disponible en: <https://medes.com/publication/81339>
4. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. Metodología de la Investigación. Bogotá: McGraw Hill; 1996.
5. Christensen CM, Baumann H, Ruggles Rudy, Sadtler TM. Innovación disruptiva para el cambio social. *Harvard Business Review*. 2006;84(12):58-65
6. Chawla NV, Davis DA. Bringing Big Data to Personalized Healthcare: A Patient-Centered Framework. *J Gen Intern Med*. 2013;28(Suppl 3):S660-5
7. Herrera JA, Sacasas JAF. El método clínico y el método científico. *MediSur*. 2010 [acceso 03/01/17];8(5):12-20. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180020098003>
8. Becerril A. El big data ayudará a hacer la medicina predictiva. *El Economista*. 2017 [acceso 03/01/17]. Disponible en: <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/El-big-data-ayudara-a-hacer-la-medicina-predictiva--20170906-0141.html>
9. Philips. Comparte innovación. ¿Cómo influyen las apps y wearables en la gestión y el cuidado sanitario?. [Internet]. Philips Comparte Innovación. 2015 [acceso 03/01/17] Disponible en: <http://www.comparteinnovacion.philips.es/salud-conectada/articulos/como-influyen-las-apps-y-wearables-en-la-gestion-y-el-cuidado-sanitario>
10. Wang W, Krishnan E. Big data and clinicians: a review on the state of the science. *JMIR medical informatics*. 2014 [acceso 03/01/18];2(1):e1. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25600256>

11. García Barbosa J. La medicina del futuro pasa por big data 2014 oct 9. [acceso 12/12/17] En: Telefónica SA: Think Big/Empresas [Internet]. España. 2014. Disponible en: <https://empresas.blogthinkbig.com/la-medicina-del-futuro-pasa-por-big-data/>
12. Boilson A, Weston D, Connolly R. Evaluation of a european data analytic framework. In Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference 32. 2018 [acceso 12/12/17] p. 1-5. Disponible en: [https://www.scienceopen.com/document\\_file/ab4b9c33-011d-4b3b-9ada-c0693438d5e4/ScienceOpen/BHCI-2018\\_Boilson.pdf](https://www.scienceopen.com/document_file/ab4b9c33-011d-4b3b-9ada-c0693438d5e4/ScienceOpen/BHCI-2018_Boilson.pdf)
13. Castelló, L. D., Tortajada, S., Valdivieso, B., López, J. V., Más, J. P., & Gomez, J. G. Creación de una plataforma para el análisis Big Data en salud: caminando hacia la medicina de precisión. I+S: Revista de la Sociedad Española de Informática y Salud. 2017 [acceso 03/04/2018];(124):20-25. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096339>
14. Lage Dávila A. Una publicación doble necesaria: Desafíos del desarrollo. El problema de las nuevas funciones de la investigación en la sociedad, visto desde la perspectiva de un hombre de laboratorio y en un país en desarrollo. MediSur. 2015 [acceso 04/04/2018];13(2):229-238. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1727-897X2015000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-897X2015000200003)
15. Canton J. The Extreme Future: The Top Trends That Will Reshape the World in the Next 5, 10, and 20 years. 1era ed. USA: Penguin Group; 2006.
16. Núñez J. La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. La Habana: Félix Varela; 2009.
17. Merelli I, Pérez-Sánchez H, Gesing S, D'Agostino, D. Managing, Analysing, and Integrating Big Data in Medical Bioinformatics: Open Problems and Future Perspectives. Biomed Res. Int. 2014. [acceso 04/04/2018]; 2014:13. DOI: [10.1155/2014/134023](https://doi.org/10.1155/2014/134023)

### **Conflicto de intereses**

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

### **Contribuciones de los autores**

*Juan Antonio Gutiérrez Martínez:* revisión bibliográfica, aplicación de encuestas, realización de entrevistas o consultas a expertos, procesamiento estadístico, redacción del documento, revisión y corrección del manuscrito, revisión y aprobación final del manuscrito.

*Ailyn Febles Estrada:* revisión bibliográfica, aplicación de encuestas, realización de entrevistas o consultas a expertos, redacción del documento, revisión y aprobación final del manuscrito.