



Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

APLICACIONES DEL BIG DATA AL SECTOR SANITARIO.

Autor: Carmen Linares Pardo

Director: Lucía Barcos

RESUMEN	3
1 INTRODUCCIÓN.	5
2 APROXIMACIÓN A CONCEPTOS RELACIONADOS CON EL BIG DATA.	7
3 POTENCIAL DEL BIG DATA DENTRO DEL PANORAMA ACTUAL SANITARIO.	11
3.1 INCREMENTO DEL COSTE SANITARIO.	11
3.2 INCORRECTO DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES.	13
3.3 RECLAMACIONES, DEMANDAS Y DETECCIÓN DEL FRAUDE.	13
3.4 CONTROL Y ABASTECIMIENTO DE MEDICAMENTOS.	14
3.5 INFLACIÓN DEL CONOCIMIENTO.	14
4 DIFERENTES EJEMPLOS DE APLICACIONES DEL BIG DATA EN EL SECTOR.	16
4.1 EVITAR ERRORES EN LOS MEDICAMENTOS Y EN SU ABASTECIMIENTO.	16
4.2 MINIMIZACIÓN DE LOS ERRORES DE DIAGNÓSTICO.	18
4.3 MONITORIZACIÓN DE LOS PACIENTES EN ATENCIÓN DOMICILIARIA.	20
4.4 APLICACIONES DE LAS IOT A LA MEDICINA RURAL.	23
4.5 PREDICCIÓN.	24
4.6 GESTIÓN OPERATIVA.	27
4.7 GESTIÓN HOSPITALARIA.	29
4.8 MEDICINA PERSONALIZADA.	30
5 DIFICULTADES QUE SE PLANTEAN COMO CONSECUENCIA DEL PROCESO DE IMPLANTACIÓN DEL BIG DATA AL SECTOR.	33
5.1 CAMBIOS TECNOLÓGICOS.	34
5.2 LEY DE PROTECCIÓN DE DATOS Y LA CIBERSEGURIDAD.	36
6 CONCLUSIONES.	39
7 BIBLIOGRAFÍA:	42

Resumen

En el presente trabajo se plantea una visión de la actual problemática del sector sanitario español y se enuncian varios motivos por los que cada vez más, se considera que el Big Data puede llegar a ser una herramienta útil para solventarla. Por otro lado, se exponen también algunas de las dificultades fruto del proceso de aplicación del Big Data al sector médico. Consideramos que se trata de una cuestión de alto calado puesto que afecta a toda la sociedad en su conjunto. Por desgracia, tenemos una elevada probabilidad de padecer alguna enfermedad en algún momento de nuestra vida y por ello es importante que el sistema contenga los menores errores posibles. La metodología que llevamos a cabo es mediante una profunda revisión bibliográfica y los resultados obtenidos son como esperábamos, favorables a llevar a cabo el proceso de aplicación del Big Data al sector. Gracias a su aplicación se consigue mejorar la calidad de la atención, salvar vidas y minorar costos. Ciertas limitaciones de tiempo y medios no permiten que se muestre con mayor certeza el calado de las mejoras pero sin duda creemos que puede contribuir a convencer a que todos formemos y seamos parte del cambio.

Palabras clave: “Sector médico”, “Gestión de operaciones”, “Hospital”, “Salud” y “Costes hospitalarios”.

Abstract

In the present work a vision of the current problematic of the Spanish sanitary sector is raised and several reasons are enumerated for which every time more, it is considered that the Big Data can become a useful tool to solve it. On the other hand, some of the difficulties resulting from the application process of Big Data to the medical sector are also exposed. We consider that this is a very important issue since it affects society as a whole. Unfortunately, we have a high probability of suffering a disease at some point in our lives and therefore it is important that the system contains as few errors as possible. The methodology that we carry out is by means of a deep bibliographic revision and the obtained results are as we hoped, favorable to carry out the project of application of the Big Data to the sector. Thanks to its application it is possible to improve the quality of the attention, to save lives and to reduce costs.

Certain limitations of time and means do not allow us to show with greater certainty the depth of the improvements but we undoubtedly believe that it can contribute to convince all of us to be part of the change.

Keywords: "Medical sector", "Operations management", "Hospital", "Health" and "Hospital costs".

1 Introducción.

En la sociedad en la que vivimos, la producción de información es incesante. Crear información es mucho más fácil de lo que nos parece. Esto provoca que cada día acumulemos más y más datos que se van almacenando sin apenas darles uso. Concretamente en el sector sanitario se acumulan en forma de datos tabulados, recetas en papel, historiales clínicos, radiografías, resonancias magnéticas y archivos electrónicos o de contabilidad. Estos son solo algunos ejemplos de las muchas formas en las que pueden venir dados los datos. Toda esta información posee un gran valor, y así se muestra en el informe “Big Data in digital Health” de la Fundación Rock Health¹

Por otro lado el sector sanitario se enfrenta a ciertos retos como por ejemplo, afrontar el incremento en los errores de diagnóstico, los mayores costos hospitalarios, los problemas derivados de errores en los medicamentos y el abastecimiento insuficiente a las farmacias. Sin duda, un árido proceso que requiere de la colaboración conjunta de todos los profesionales del sector, del gobierno y de los ciudadanos para completarlo con éxito.

Hay estudios que apuntan a la aplicación del Big Data y la analítica de datos como una forma de afrontar los retos que plantea el sector. Esteban & Murcia, S. (sin fecha, p.18) afirmaba que: “No hay sanidad pública que pueda sostener una situación así, que empeora cada día, no hay otra solución en el sector de la salud: o se aprovechan las tecnologías ya existentes, desde las aplicaciones para móviles, a los Big Data o la sanidad pública quebrará en todos los países occidentales”. Es más, puede verse como ya se ha empezado a aplicar en la práctica al ponerse en funcionamiento la estrategia europea de Big Data a nivel nacional en el sector de la salud, que cobra vida a través de la “Plataforma de Medicamentos Innovadores” (Mirón et al. 2017) . A través de esta han sido capaces de visualizar lo que se puede llegar a aportar a través de esta herramienta. Sin embargo,

¹ Rock and Health: Prestigioso fondo de riesgo dedicado a la salud digital.

también se vislumbran ciertas dificultades (sobre todo tecnológicas) y riesgos asociados a su aplicación. (Menasalvas et al., 2013)

Por tanto el objetivo de este trabajo es ahondar en la forma en la que las tecnologías del Big Data pueden aplicarse dentro del sector hospitalario, y de alguna manera reflejar su potencial dentro del sector, considerando también algunas de las dificultades que surgen a la hora de ser implementadas.

Siguiendo esta línea, hemos decidido comenzar el trabajo definiendo una serie de conceptos propios del mundo del Big Data y de la medicina con el fin de aportar una base al lector y que se consiga comprender por completo el trabajo.

En segundo lugar, se describen los principales desafíos a los que el Big Data podría aportar valor y modificar la manera de trabajar en el sector de la salud, ya que como veremos, el proceso no solo afectará a cómo se trata la información médica, sino también a la investigación, la administración hospitalaria y a la asistencia sanitaria, entre otros.

En tercer lugar se describe cómo estas tecnologías podrían implementarse través de diferentes ejemplos de aplicación. Gracias a empresas como Savana, asociaciones como Leuko, Hospitales Infantiles como el de Toronto o a estudios llevados a cabo por un grupo de médicos del Harvard Medical School podemos ejemplificar las muchas posibilidades y aplicaciones que tiene el Big Data.

En cuarto lugar, se plantean las distintas dificultades que pueden aparecer a lo largo del proceso. Las dificultades tecnológicas y la ciberseguridad son dos de los retos con los que se va a tener que lidiar. Destacamos la relevancia de la protección de datos porque precisamente al manejar tal cantidad de información personal de los pacientes

debemos incrementar también la protección de las personas y no permitir en ningún momento que estas se sientan vulnerables.

Finalmente, se extraen conclusiones y se hace una reflexión sobre la trascendencia del tema que hemos tratado para el sector sanitario.

La metodología que se ha seguido ha consistido en una revisión bibliográfica profunda centrándonos sobretodo en una breve introducción donde tratamos el concepto de Big Data y otros conceptos relacionados a su vez, con la medicina. Para ello nos hemos nutrido de fuentes de información y literatura relacionadas con la tecnología, la medicina y la gestión hospitalaria. Hemos usado para ello las bases de datos del Repositorio de Comillas y Google Scholar, utilizando palabras clave como “*Big Data*”, “*Medicine*“, “*Prediction*”, “*Gestión*” o “*Costos*” entre otros. Todo ello ha constituido una fuente de información que tras llevar a cabo un filtrado, análisis y síntesis, se han podido utilizar para otorgar fundamento a los argumentos del trabajo.

2 Aproximación a conceptos relacionados con el Big Data.

Con el fin de comprender en profundidad el presente trabajo se considera necesario la explicación de una serie de conceptos que, a lo largo del mismo, se irán mencionando.

Por definición, Big Data en salud se refiere a conjuntos de datos electrónicos tan grandes y complejos que son difíciles o imposibles de gestionar con softwares y hardwares tradicionales (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

Por otro lado, para tratar de entender mejor el concepto de Big Data vamos a explicar las cuatro principales características que lo definen: Las llamadas 4v’s; Velocidad, Veracidad, Variedad y Volumen).

- Velocidad, desde el punto de vista de la velocidad a la que se generan y se analizan estos datos cada vez es mayor. Incluso, llegan a ser datos que se reciben y se procesan a tiempo real. Esto permite que el tiempo en la toma de decisiones sea aún menor.

- Veracidad, en relación con el nivel de fiabilidad que se le puede otorgar a los mismos. Es necesario conseguir datos de alta calidad. Esto es un reto fundamental dentro del Big Data. Un ejemplo que nos propone Arce (2017) es realizar una valoración del modelo predictivo que se utiliza en los ensayos clínicos. Dicha valoración se realizaría al mismo tiempo que se incorporan datos y reacciones contrarias que fueran siendo reportadas cuando el medicamento ya hubiera sido comercializado lo que implica que la muestra sería la población total.

- Variedad, puesto que la diversidad de fuentes de las que disponemos actualmente hacen que los datos que recibimos vengan dados en diferentes formatos que pueden ser estructurados, semi-estructurados o no estructurados. Estas nuevas corrientes de datos dentro del sector sanitario son los dispositivos fitness, la genética, la genómica o la investigación en redes sociales entre otros. Si bien el hecho de que haya más variedad tiene su lado positivo puesto que tenemos más diversidad de datos de los que poder extraer conclusiones, pero también su lado negativo, puesto que relativamente pocos de estos datos pueden ser almacenados y manipulados por los ordenadores tal cual se obtienen debido a la incompatibilidad de formatos.

- Volumen. Este hace referencia a la necesidad de procesar y explotar la gran cantidad de datos con los que contamos con la finalidad de extraer la información apropiada para mejorar y aumentar la calidad y eficiencia en la sanidad. Históricamente la industria de la salud ha generado siempre grandes cantidades de datos debido al mantenimiento de registros, al cumplimiento de los requisitos reglamentarios y a la atención del paciente.

Los datos se almacenaban de forma impresa, en contraste, la tendencia que se sigue actualmente es hacia la digitalización rápida de los mismos. A modo de ejemplo de la cantidad de datos que se llegan a almacenar, Kaiser Permanente, la red de salud con sede en California posee más de 9 millones de miembros lo que significa que cuenta con una cifra alcanza entre los 26,5 y 44 petabytes de datos potencialmente ricos de EHR², incluyendo también imágenes y anotaciones (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

Un concepto relacionado con el Big Data es “Data Mining”. Por Data Mining se entiende el poder de tratar con datos de valor real y temporales siendo además cruciales para extraer de una forma exitosa, datos en la medicina. Se trata de la extracción y modelización de los datos. La importancia de la interpretabilidad de los resultados del análisis de datos se discute e ilustra en aplicaciones médicas seleccionadas. En la actualidad, a esto se denomina Data Mining. Podría decirse que no hay una definición única de Data Mining pero la que se considera más acertada es la siguiente: “Proceso de extracción de información desconocida con anterioridad, válida y potencialmente útil de grandes bases de datos para usarla con posterioridad para tomar decisiones importantes de negocio” (Ian H. Witten, Eibe Frank, & Mark A. Hall, 2011 citado por E. Mensalvas et al., 2013). Esto es debido principalmente a que cada vez más las organizaciones que se dedican a la atención sanitaria se están viendo influenciadas en mayor medida por el creciente proceso de informatización que sufre la sociedad, a pesar de que la gran parte de las aplicaciones aún estén vinculadas con procesos administrativos, como explica Tapia et al. (2007).

El segundo concepto es lo que se conoce por “The Internet of Things” (IoT). Según Mena (2018), por IoT se entiende: “El desarrollo de las tecnologías que interconectan objetos en redes virtuales en Internet”. No obstante, Mena añade que para que las “cosas perciban, informen y controlen”, deben ser ellas las que gestionen por sí solas los datos lo que va a implicar que tengan que ser “inteligentes” o que se les haya implantado un

² EHR: Registros Médicos Electrónicos, son las siglas en inglés.

“Sistema Digital Inteligente³” que les vaya a permitir ejecutar estas tareas (Rodríguez mencionado por Mena, 2018).

³ Sistema Digital Inteligente: Aquel compuesto por un “pro procesador, memoria y programas” y que desempeña ciertas funciones. (Rodríguez mencionado por Mena, 2018)

3 Potencial del Big Data dentro del panorama actual sanitario.

Gozar de una Atención Primaria fuerte consigue, como indica Gervas et al. (2001): “mejores niveles de salud, mayor satisfacción de la población con sus sistemas sanitarios, y menores costes del conjunto de los servicios”. Esto es justo lo que la sociedad demanda a día de hoy. Una sanidad de calidad, avanzada y eficaz que conlleve a una mejora en la calidad del cuidado de la salud y de los pacientes. A pesar de que desde un primer momento, se tenía claro que la aplicación del Big Data sería exitosa en sectores como los negocios de Internet quizás, no se tenía tan claro su éxito en sectores relacionados con la salud. Este gran volumen de datos requiere de nuevos métodos de almacenamiento y nuevas técnicas de integración para almacenar tal cantidad de datos que vienen en diferentes formatos y poder así, extraer la información que poseen (Martínez, 2015). Por suerte, el descubrimiento de nuevas perspectivas viables no había sido tan común hasta hace poco.

En este capítulo se refleja la problemática actual del sector sanitario en cuanto a costes, errores de diagnóstico, problemas de abastecimiento, detección de errores en los fármacos y el fraude, y se apunta brevemente a cómo el Big Data podría ser de utilidad en un entorno en el que, por otro lado, existen cantidades ingentes de datos de los cuales se puede extraer información valiosa a la hora de afrontar los problemas planteados. Más adelante, en el siguiente capítulo, se aportan diferentes ejemplos de aplicación que ilustran de forma más concreta el potencial del Big Data dentro del panorama actual sanitario

3.1 Incremento del coste sanitario.

El gasto sanitario de nuestro país representa según Maciá Soler & Moncho, (2007) el 7,5 del P.I.B español destinando los recursos y las inversiones realizadas de forma desigual debido a las transferencias otorgadas a las Comunidades Autónomas. El sistema sanitario español tiene una clara división: la atención primaria y la especializada resultando ser esta última la que requiere de la mayor parte de los recursos destinados a

la sanidad. No obstante, que el incremento cada vez sea mayor en los gastos sanitarios viene motivado en cierta parte por la universalidad de los servicios que se ofrecen y por el establecimiento de modelos de gestión más avanzados dejando atrás los tradicionales. Además, la esperanza de vida de los españoles se sitúa en 79,9 años según Maciá & Moncho (2007), situándose por encima de la esperanza de vida europea. Esto implica que durante más tiempo se requiere de la atención médica que brinda el sistema sanitario español, lo que provoca un mayor incremento del gasto. Concretamente, según el Informe Anual del Sistema Nacional de Salud (2016) emitido por el Ministerio de Sanidad recoge que el gasto total del sistema sanitario español en el año 2014 ascendió a un total de 95.722 millones, lo que representa el 9,2% del PIB.

Por consiguiente, al igual que en otros países de la OCDE⁴ el incremento del porcentaje de recursos destinados a mantener el sistema sanitario y la salud de los ciudadanos es cada vez mayor. Por ende, se considera que otra de las problemáticas del sector son los costos hospitalarios. Parra (2016) citado por Esteban & Murcia, (sin fecha) indica que “los costos no pararán de crecer, lo que influirá directamente en la calidad de las operaciones de los hospitales”. Concretamente, dos de los principales costes que suponen un gran esfuerzo para el sistema sanitario español son, por un lado los relacionados con los cuidados y la gestión de aquellos que padecen de enfermedades crónicas, y por otro los derivados de los tratamientos a pacientes. No obstante, sabemos que estas enfermedades podrían suponer un menor coste para la sanidad pública si se optasen por llevar a cabo algunas de las soluciones que ya vimos que plantea el Big Data (sistemas inteligentes, mayor capacidad analítica de datos o monitorización, entre otras). Como consecuencia de esto, vemos un fuerte crecimiento en la demanda de los nuevos sistemas mencionados. Corroborar esta información el Informe IDC⁵ de 2016 (Esteban & Murcia, sin fecha, p.10) que determinó que: “el 70% de las instituciones sanitarias globales invertirán en aplicaciones móviles, wearable⁶ o sistemas de monitorización

⁴ OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

⁵ IDC: International Data Corporation.

⁶ Wearable: Conjunto de dispositivos electrónicos que se introducen en alguna parte del cuerpo humano interactuando de manera constante con el propio usuario y simultáneamente con otros dispositivos.

remota de la salud” con el fin de mejorar dicha gestión y reducir la cantidad de recursos destinados para los mismos.

3.2 Incorrecto diagnóstico de enfermedades.

No obstante, dentro del panorama sanitario español se cuenta con otra serie de inconvenientes que consideramos oportuno destacar. Uno de ellos está relacionado con el incorrecto diagnóstico de enfermedades. Según IntraMed (2013), existen cifras que ascienden entre 210.000 y 400.000 muertes por año asociadas a errores médicos en hospitales de EEUU. Estas cifras son un tanto preocupantes pero lo cierto es que si los médicos fueran capaces de leerse los más de 20.000 artículos científicos que se publican anualmente de media por ejemplo, sobre el cáncer de mama, estarían mucho más preparados para diagnosticar con gran exactitud dicha enfermedad. Sin embargo, esto deviene en imposible y por ello se aboga por la integración del Big Data en el sector.

Ya que el aumento de datos e información es constante, deberíamos sacarle una mayor rentabilidad. Todos esos artículos tienen algo que aportar y podrían ayudar a muchos médicos a mejorar sus diagnósticos, por ello si el tedioso trabajo de leer, analizar y ordenar la información de los más de 20.000 artículos lo llevasen a cabo ordenadores, el médico solamente tendría que leerse las conclusiones o resultados extraídos por el ordenador, y emitir uno propio de mayor calidad y precisión.

3.3 Reclamaciones, demandas y detección del fraude.

Otro de los problemas que se plantean en el sector es la detección del fraude y las situaciones que dan pie a reclamaciones y denuncias. Con el Big Data puede llegar a conocerse hasta “qué créditos son inapropiados, qué transacciones, cobros de prestaciones, reembolsos, reclamaciones son fraudulentas por suplantación o robo de identidad” (Arce, 2017). La detección o verificación de la precisión y coherencia de las propias reclamaciones se podría conseguir mediante la implementación de sistemas analíticos avanzados permitiendo la anticipación y el poder actuar a tiempo para corregir dichas incidencias.

3.4 Control y abastecimiento de medicamentos.

Destacamos también otra problemática que, últimamente, ha cobrado más relevancia en la sanidad pública española. Esta es “El control de medicamentos y más específicamente, su abastecimiento a tiempo” (Tapia et al. 2007, p.1). Para poder llegar a alcanzar la sanidad que anteriormente mencionábamos y que es deseada por los ciudadanos, debemos, por un lado, aumentar el control de los efectos secundarios y reacciones adversas de ciertos medicamentos, y por otro, ajustar con mayor precisión los pedidos para el correcto abastecimiento de los mismos. De hecho, el informe emitido por la AEMP⁷ sobre los problemas de suministro pasan de 20 a 1.332 incidencias registradas en 2018. En este último año estas incidencias aumentaron en un 44% respecto de 2017. Además el porcentaje de medicamentos autorizados afectados por estas incidencias suponía en el primer semestre de 2018 un 1,88% y un 2,39% en el segundo semestre. Como se puede observar, el ascenso ha sido significativo. De hecho, la preocupación de la administración es creciente y ha avanzado en el Plan de Prevención para la escasez de medicamentos para el periodo 2019-2021 (Rodríguez, 2018.).

3.5 Inflación del conocimiento.

Por otro lado, en el contexto sanitario actual se generan multitud de datos que no se utilizan tal y como afirma Medrano (2016), exitoso neurólogo y experto en nuevas tecnologías. A este hecho él lo denomina como “inflación del conocimiento”. Dicha inflación dentro del sector de la medicina vendría motivada en mayor medida por “los historiales clínicos de uso primario”. Medrano (2016) critica que no existe la reutilización de la información por lo que almacenamos cada vez más y más información sin control. Esto se debe a que ha aumentado la cantidad y variedad de fuentes de las que captamos los mismos. Entre ellas destacamos: “datos clínicos de CPOE⁸ y sistemas de apoyo a la decisión clínica (que incluyen notas escritas, prescripciones del médico, imágenes médicas, laboratorio, farmacia, seguros y otros datos administrativos); datos de pacientes en los registros electrónicos (EPR); datos generados por las máquinas o sensores, como el monitoreo de signos vitales” y hasta publicaciones en redes sociales y páginas web (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Si bien utilizar estos datos, almacenarlos y

⁷ AEMP: Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios.

⁸ CPOE: Control de alergias/interacciones/formularios.

gestionarlos es todo un reto por otro lado, constituye una oportunidad para dar solución a algunas de las problemáticas que explicamos en el siguiente apartado.

4 Diferentes ejemplos de aplicaciones del Big Data en el sector.

El campo de la investigación puede sufrir cambios y mejoras si se consiguen asimilar la cantidad de datos que generamos día a día en el sector. Por eso se requiere de la aplicación del Big Data para vertebrarlos pudiendo así definir y establecer las mejores soluciones. Se trata de predecir, prevenir, y personalizar las enfermedades y los tratamientos y con ello conseguir dar un mejor servicio a los pacientes afectados. Estamos hablando de conseguir que nuestra medicina vaya un paso más allá. Hablamos de alcanzar lo que a día de hoy, se conoce como: “Medicina 4P”. Esta medicina se caracteriza por ser personalizada, predictiva, preventiva y participativa y permite entre otras muchas cosas, el poder desarrollar diagnósticos más precisos o diseñar terapias más acordes a las necesidades de cada paciente. En particular algunas de las ramas del sector de la medicina que ya se ven marcadas son la investigación genómica, la secuenciación del genoma, la atención personalizada al paciente o las autopsias virtuales. Tenemos la “obsesión” enuncia (Molina, 2017-2018) de personalizar absolutamente todo. De hecho, el poder personalizar un tratamiento, una medicación, o disponer de un médico 24 horas que esté disponible para contestar todas nuestras dudas es algo que denota el poder de éste fenómeno cultural pero que al mismo tiempo, hace que a veces se pierda el enfoque del bienestar social y solamente se intenten impulsar y promocionar estos elementos para sacarles una rentabilidad, lo cual dista mucho del interés científico y del beneficio social que realmente poseen.

4.1 Evitar errores en los medicamentos y en su abastecimiento.

La farmacogenética, trata de entender las diferentes respuestas del organismo a la medicación en relación con las diferencias genéticas propias de los seres humanos. Para conseguir esto, se lleva a cabo la identificación de varias enzimas metabolizadoras con el objetivo de predecir los posibles efectos adversos para guiar el tratamiento individualizado de los pacientes, del que hablaremos más adelante. (Katsios & Roukos, 2010).

El desarrollo de nuevos modelos farmacológicos los cuales podrían mejorar la eficiencia y la rentabilidad del descubrimiento y evolución de fármacos basados en estos datos, es un punto importante a tratar dentro de la aplicación del Big Data en el sector. Con estos enfoques, podemos caracterizar y predecir mejor las reacciones adversas a los medicamentos, pero también identificar biomarcadores de las enfermedades y las capacidades de respuesta a los mismos. Cabe mencionar los avances que se han producido en las técnicas de secuenciación genómica y en las terapias génicas, las cuales ofrecen posibilidades de tratamiento específicas e innovadoras que respaldan el desarrollo de tratamientos en enfermedades huérfanas⁹ y permiten pasar de indicaciones amplias y universales a otras más estrictas o precisas. Esto se ve impulsado por un aumento en el desarrollo de herramientas de diagnóstico y métodos necesarios para caracterizar y estratificar las enfermedades con el fin de identificar mejor las poblaciones objetivo. Además, uno de los grandes problemas de “encarcelamiento” como lo denomina Tapia et al. (2007) al que se enfrentan los hospitales es el control de medicamentos y su abastecimiento en el momento oportuno.

Los encargados de una correcta administración, distribución y provisión de los medicamentos están respaldados por su experiencia y por el apoyo de reportes que les capacita para saber cuándo es el momento idóneo para reabastecer a las farmacias con más medicamentos y no ocasionar problemas a la población. Para controlar esto, se establece un nivel mínimo el cual si se sobrepasa, los indicadores muestran que debe reabastecerse. Es entonces en este punto donde los algoritmos de la minería de datos (Data Mining) se utilizan para la determinación de las diferentes clases, lo cual permitirá saber que grupos componen los hospitales a los que asisten los ciudadanos y saber así, que es lo que ocurre con el consumo de medicamentos. Esto, a su vez, permitirá que el abastecimiento de las farmacias sea más eficiente. De los estudios realizados, Tapia et al. (2007) extrae que uno de los problemas más trascendentales es el control de los medicamentos y su abastecimiento. El motivo principal de este último es el desconocimiento de las conductas de consumo de los pacientes y eso provoca que las decisiones en cuanto al abastecimiento no se tomen con la seguridad y consistencia con

⁹ Enfermedad huérfana: Se dice de aquella que afecta a un grupo reducido de personas dentro de una población. Conocidas también como enfermedades raras o poco frecuentes.

la que deberían. Con el fin de dar solución al problema se ejemplifica un caso real en el que se va a establecer un estudio de una muestra de pacientes dentro de un período determinado. La muestra pasará por una etapa de “limpieza de datos” (Tapia et al. 2008). A esta primera etapa la seguirá una etapa de modelización y desarrollo de una “base de datos dimensional” que hará que la información extraída se convierta en “cubos” y “dimensiones” con el propósito de poder ser analizada. Dicha base de datos nos va a servir para designar “algoritmos de clasificación”. Su propósito es formar diferentes “clústers¹⁰”. Estos servirán para concluir y extraer decisiones más sólidas utilizando solamente una parte de toda la información.

4.2 Minimización de los errores de diagnóstico.

Dentro de los diversos problemas que presenta el sector la aplicación del Big Data al mundo sanitario es necesaria en gran medida por los errores de diagnóstico que se producen. Motivo para el cual ya detallamos cifras anteriormente y que consideramos de gran calado puesto que afecta directamente a los ciudadanos. El hecho de que cada día acumulemos más y más información, en este caso se convierte en algo positivo si se gestiona correctamente. Es decir, si tratamos y analizamos dicha información correctamente podemos dar solución al error de diagnóstico. Esto fue lo que Medrano consiguió ver en su momento y lo que le instigó a lanzar la propuesta de una de sus recientes iniciativas: Savana. Con esta propuesta, Medrano, busca absorber y reutilizar la información eliminando así la excesiva cantidad de datos y pudiendo extraer conclusiones. ¿Cómo lo consiguen? Mediante una plataforma donde los médicos cuelgan los historiales clínicos de sus pacientes. Así, los distintos profesionales sanitarios pueden valorar los resultados en salud, corroborar relaciones anteriormente desconocidas, unir los orígenes de los datos creados por los pacientes en la práctica clínica y también incorporar pacientes en sus ensayos clínicos. Esto convierte a Savana en “el primer motor lingüístico médico en español, capaz de reutilizar el texto libre”. Así mismo lo definen en

¹⁰ Clúster¹: Es un conjunto de sectores contiguos que conforman la unidad más pequeña de almacenamiento de un disco.

su propia página web. Es importante destacar que Savana también cuenta con un potente algoritmo de anonimización que asegura la ausencia de datos de carácter personal. Savana permite el acceso a la información colectiva de 150 millones de historiales médicos de 75 hospitales en España y América Latina y confían que para 2019, estarán trabajando con los historiales clínicos de 65 hospitales en 2 continentes, lo que conlleva a una mejoría exponencial del alcance de sus resultados. Estos datos son aportados por Ashoka (2017)¹¹.

“Los organismos del sector público también utilizan datos de forma intensiva, y cada vez más instituciones en todos los niveles del gobierno están tratando de aprovechar la información para servir mejor a los ciudadanos”, según afirma Maroto (2017, p. 3).

Según Larrea (2018) los grandes datos son una oportunidad para los innovadores y todos aquellos que se preocupan por la salud, aumentando substancialmente la posibilidad de obtener información más efectiva de los datos al sintetizarlos y eliminar aquellos que no son tan útiles sumándose a la oportunidad de alcanzar una menor tasa de mortalidad de los pacientes. Siguiendo con el incorrecto diagnóstico de enfermedades, el Big Data permite la creación de sistemas de soporte de las decisiones clínicas que permitirán reducir las reacciones adversas, efectos negativos de medicamentos, las reclamaciones de responsabilidad civil derivadas de los mismos, así como la tasa de errores médicos (este en concreto, contribuye también a solventar en cierta forma, nuestro segundo problema del sector que hemos planteado). Además, el poder profundizar en el conocimiento respecto de los pacientes y las necesidades de los mismos gracias al Big Data hace que, por un lado aumente directamente la eficiencia en el trato de los mismos y por otro, que se produzca un ahorro significativo en los costes hospitalarios, que es otro de los problemas a tratar. (Maroto, 2017).

Por tanto, conseguir una mayor rapidez en las consultas y un fácil acceso a la información por parte de los médicos para que el diagnóstico sea más correcto y preciso resulta en un número menor errores de diagnóstico que en un futuro puedan producir

¹¹ Ashoka, es una fundación de referencia en el campo de emprendimiento social, creada en España en 2005.

consecuencias graves en la salud de los pacientes. Además, se controlarían los costes adicionales por denuncias o reclamaciones por parte de los pacientes a los hospitales.

4.3 Monitorización de los pacientes en atención domiciliaria.

En la sociedad moderna en la que vivimos ocupamos hasta el último de los minutos del día. Las vidas de las personas se han vuelto tan ajetreadas que hace que se nos olviden muchas pequeñas cosas cotidianas. Las personas mayores y las que son víctimas de enfermedades crónicas que necesitan tomar medicamentos a diario pueden, en algún momento de su vida padecer de demencia olvidándoseles cosas que deben hacer en su rutina diaria, como puede ser por ejemplo, tomar una pastilla. Teniendo en cuenta el estudio que llevan a cabo Zanjali & Talmale (2015), se pone de manifiesto la mejoría que experimentan los pacientes que viven estas situaciones al introducir “The Internet of Things, (IoT)”. Las tecnologías de atención médica domiciliaria que se usan actualmente provocan una mejoría en la calidad de vida de los pacientes y permiten al campo de la salud volverse más eficiente al poder recordar los datos programados de medicamentos, el monitoreo remoto o la actualización de nuevos medicamentos, brindando a los pacientes la opción de por ejemplo, poder realizar las recetas o pedir cita vía Internet.

La atención médica domiciliaria, por ejemplo, es uno de los resultados de la aplicación de estos avances tecnológicos. Otro de los resultados sería la autenticación de los medicamentos, evitando las falsificaciones. Estos dos ejemplos junto con otros resultados constituyen una mejoría que se manifiesta en la atención médica domiciliaria al incorporar comunicaciones instantáneas, imágenes, detección y tecnologías de interacción con ordenadores. Se produce tanto en el diagnóstico como en el tratamiento y seguimiento de pacientes sin alterar su ritmo o calidad de vida. Existiendo la posibilidad también de desarrollar un dispositivo de captación, comunicación y análisis médico de bajo costo, a tiempo real que permita a los pacientes ver sus propias condiciones físicas. Por ende, vemos que “The Internet of Things” proporcionarán la posibilidad de que se lleven a cabo citas activas a tiempo real con los pacientes, hospitales, cuidadores y médicos, a parte de la transmisión segura de datos desde el punto de origen hasta el de

destino. Para poder llevar a cabo el monitoreo a distancia se requiere de dispositivos biomédicos que miden y transmiten datos a través de Bluetooth a una unidad que los administra.

La información que se recopila puede almacenarse en el dispositivo o enviarse a un centro de recolección que brinda un monitoreo completo, tanto para los profesionales de la salud como para los pacientes. Se puede permitir el acceso al centro médico a través de la web, desde un dispositivo móvil u ordenador. También permitirá que se reduzcan los cuidados presenciales y las visitas al hospital. Se basan en Internet como una de las herramientas principales que ayudarán a que se mejoren los primeros diagnósticos debido a la mayor cantidad de datos que se puede almacenar fácilmente y sin apenas coste. Permitiendo de esta manera, que se puedan llevar a cabo comparativas de perfiles con el mismo diagnóstico. Debemos saber que la monitorización de los pacientes a distancia suele aplicarse a enfermedades crónicas como la diabetes, la insuficiencia cardíaca o la hipertensión. El análisis en tiempo real permite no solo controlar la evolución, si no también mejorar futuras opciones de medicación (Farfán, 2017) .

Paralelamente, Farfán expone en su trabajo que “el uso de datos de los sistemas de monitorización remota permite reducir la estancia del paciente en el hospital, disminuir las visitas al servicio de urgencias y mejorar la focalización de la atención de enfermería a domicilio y de las propias citas con el médico, reduciendo a largo plazo las complicaciones de la enfermedad que impliquen hospitalización” (2017, p. 47). Por su parte, afirma que, por lo general, el uso de los datos que proporcionan los sistemas monitorizados permite reducir no solo la propia estancia del paciente en el hospital si no también una notable minoración de las visitas a urgencias, y una mejoría en los tratamientos y en las las complicaciones a largo plazo de enfermedades que implican hospitalización. Vemos, como el uso de estas herramientas nos proporcionan múltiples beneficios y soluciones a los problemas que plantea nuestro sistema sanitario. Es por esta razón que, la tecnología que se utiliza para analizar los grandes datos es la gran aliada del futuro. La monitorización de los pacientes está relacionado también con la planificación de intervenciones y toma de decisiones médicas.

En 2014, una encuesta realizada a 10.730 personas en 10 países distintos (Australia, Brasil; Canadá, EEUU, España, Italia, Noruega, Japón, Singapur y el Reino Unido) concluyó que la mayoría de las personas mayores de 65 años con un cierto nivel de conocimiento tecnológico preferían sustituir el acceso a los servicios sanitarios usando la tecnología y simultáneamente mostraban una cierta preocupación por no existir la forma de hacerlo como expone (Accenture, 2015 citado por Ureña et al., 2017). Esto supondría, profundizar en el conocimiento respecto de los pacientes y las necesidades de los mismos para conseguir satisfacerlos de una manera más efectiva.

Un ejemplo práctico de lo que hemos explicado podría ser Leuko. Esta aplicación nace de la necesidad de tratar la alta tasa de infecciones graves que se dan entre los pacientes de oncología tratados con quimioterapia. Dicha necesidad nace de tener controlados los glóbulos blancos de los pacientes puesto que durante el tratamiento de quimioterapia los glóbulos blancos pueden caer estrepitosamente poniendo en riesgo la vida de los mismos. Con una simple muestra de sangre podríamos evitar este riesgo y llevar a cabo una administración preventiva de antibióticos.

El problema reside en que actualmente la prueba de sangre tiene que ser obtenida por un especialista. Por ello que se crea Leuko. El proyecto de Leuko consiste en el desarrollo de un dispositivo capaz de medir la concentración de glóbulos blancos. Por tanto, este dispositivo permite conocer día a día desde la casa del propio paciente sus niveles y capacitando al mismo tiempo a los médicos a tomar mejores decisiones respecto de los tratamientos. Los sectores en los que se puede implantar sería el sector de la salud, por su puesto, en nuestro sistema sanitario/seguros puesto que reduciría los gastos en pacientes de quimioterapia al reducir también el número de hospitalizaciones y fallecimientos. Y por último, sería también posible su implantación en el sector farmacéutico siendo un acompañamiento del diagnóstico para asegurar que los distintos fármacos están siendo usados correctamente. Como resultado, concluimos que se produce un claro aumento en la calidad de vida de los pacientes. El hecho de no tener que estar en el hospital y poder ser tratados a distancia permite a las personas no tengan que vivir en los hospitales, dejando de producir los costes que eso conlleva y aportándoles una mayor

comodidad y calidad de vida al poder estar en su propia casa en compañía de su familia y consiguiendo lo más importante, no poner en riesgo su salud.

4.4 Aplicaciones de las IoT a la medicina rural.

A continuación hablamos de otra de las aplicaciones que surgen al aunar las IoT y la medicina con el propósito de mejorar los servicios médicos que ofrece nuestra sanidad a los ciudadanos. El ejemplo práctico que nos proponen Jacob & Menon, V. (2019) en su estudio después de realizar una encuesta entre los ciudadanos de los pueblos de Pallissery y Karukutty (India) donde se observó que en la mayoría de las aldeas los ciudadanos tienen que viajar largas distancias para cubrir sus necesidades básicas en relación con la salud. Además muchos de ellos desconocen mucha de la información básica sobre la salud. Estos problemas incluso han resultado en muerte de pacientes como por ejemplo, madres embarazadas. El objetivo de su investigación (Elanthiraiyan & Babu, 2015, p. 2) era proponer el instalar un “quiosco” que proporcione un entorno integrado para todas las actividades relacionadas con la medicina y realizar también otras de las muchas funciones que se precisan como por ejemplo el enviar notificaciones desde los campamentos médicos, ayuda médica móvil, avisar de las fechas importantes para la vacunación, cuidado de los niños, pólizas de seguro y proporcionar también otras actualizaciones médicas instantáneas a los ciudadanos.

El porcentaje del 6,46% de toda la población india reside en zonas rurales. A diferencia de los centros urbanos que tienen acceso a mejores médicos y clínicas de calidad, la población rural todavía está luchando para encontrar instalaciones médicas básicas. Esta máquina será una solución eficiente para este grupo de beneficiarios. Aunque puede llevar un tiempo acostumbrarse al sistema, a largo plazo, ya no tendrán que viajar largas distancias para satisfacer sus necesidades de atención médica. Esto puede ser seguro un gran avance en la medicina rural, especialmente para un país como India.

Además, las instalaciones de consulta en vivo con médicos especializados a través de video y chats de voz pueden mejorar los niveles de vida de la sociedad rural. Los medicamentos recetados se pueden vender al instante desde el quiosco. La máquina elimina completamente la necesidad de potencia humana, lo que a su vez aumenta su eficacia y eficiencia de trabajo. No obstante, el talón de Aquiles de las IoT es la ciberseguridad y los hackers puesto que se está tratando con datos e información personal íntima de los pacientes.

4.5 Predicción.

La predicción podría considerarse uno de los aspectos más relevantes de las problemáticas señaladas. Para ello se desarrollan modelos predictivos que incorporan distintas variables como puede ser sexo, edad, temperatura corporal, alergias o datos del genoma del paciente. Existen diferentes ejemplos de cómo estos modelos predictivos pueden aplicarse en el mundo sanitario, destacando dos áreas principales; la primera basada en historiales clínicos y técnicas predictivas y la segunda basada en el genoma humano.

Un buen ejemplo de lo explicado es el caso de “la sala de cuidados intensivos de neonatos de un hospital infantil de Toronto” (Cañabete et al., 2016). Las enfermeras que trabajan aquí saben que cualquier cambio en el ritmo cardíaco de los bebés puede significar un empeoramiento de el estado de salud de los pequeños pero a veces, son tan sutiles que no se perciben y pueden pasar desapercibidos poniendo en riesgo la vida de estos. Gracias al Big Data, podrían detectarse al momento de aparecer, o hasta 24 horas antes de que los bebés mostrarán algún síntoma visible con el Big Data y con esta información, podrían elaborarse patrones que revelasen signos de infección. Y es que en bebés prematuros, adelantar el tratamiento aunque sea unas horas antes puede ser decisivo para que continúen con vida (Dembosky, 2012 citado por Cañabete, 2016).

Otro buen ejemplo para mostrar la efectividad del Big Data es el estudio que lleva a cabo los investigadores de la Escuela de Medicina Johns Hopkins descubrieron que podían usar los datos de Google Flu Trends para predecir aumentos repentinos en las visitas a la sala de urgencias relacionadas con la gripe al menos, una semana antes de las advertencias de los CDC (Centros de control y Prevención de enfermedades). También se informó sobre una aplicación desarrollada por IBM¹² la cual predice los resultados probables de los pacientes con diabetes que utilizando datos de panel de otros pacientes vinculados a diferentes médicos, los protocolos de gestión y la relación general con los promedios de gestión de salud de la población. Por último, como muestra de esta mayor efectividad, los médicos de Harvard Medical School y Harvard Pilgrim Health Care demostraron recientemente el potencial de las aplicaciones analíticas a los datos de HCE¹³ para identificar y agrupar a pacientes, en este caso que padecen de diabetes y mantener en todo momento su salud bajo control. Para ellos se utilizaron cuatro años de datos basados en numerosos indicadores de múltiples fuentes. La aplicación analítica también diferenció entre diabetes tipo 1 y diabetes tipo 2. No obstante, el abanico de posibilidades que podemos alcanzar dentro de este entorno es muy numeroso (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

El impacto que podrían tener estos cambios en la sociedad es enorme, ya no solo por el cambio en el estilo de vida que llevaríamos si no que se notaría también en cambios en el día a día. Pero para poder lograr todo esto necesitamos de un componente esencial, el ADN. Precisamos del ADN porque este está compuesto por ciertas sustancias químicas que dependiendo del orden en el que se encuentren es lo que hace que nos diferenciamos unos de otros. Según los datos que nos proporciona Molina (2017-2018), el proyecto del genoma humano en 1990 se constituye con el fin de secuenciar todo el genoma humano, el cual contiene más de tres mil millones de pares de bases químicas. En el año 2000 cuando fueron evolucionando hasta secuenciar un ratón. Este posee un genoma casi del mismo tamaño que el del humano y guarda una similitud del 85%. Es por fin, en el 2003 que se alcanza el objetivo con un 99,9% de precisión.

¹² IBM: International Business Machine.

¹³ HCE: Historia Clínica Electrónica.

¿Qué relevancia tiene esto? El poder analizar el genoma supone ser capaces de entender nuestros propios genes lo que nos otorga una ventaja muy grande en cuanto a la cura de enfermedades y concretamente en la erradicación de enfermedades crónicas. Lo que se plantea actualmente es el desarrollo de la medicina personalizada, donde el individuo es el protagonista. Será en Europa donde más auge va a tener y una de las zonas geográficas donde es más demandada por el hecho de que la sociedad es cada vez más individualista y demanda una mayor sofisticación de los servicios que consumen. La primera década posterior al genoma se caracterizó por avances espectaculares en esta ciencia. La rápida evolución en la tecnología de secuenciación del ADN provoca una reducción de costos de aproximadamente 8 mil millones en el año 2000 hasta alcanzar 270 mil millones en 2010. Dos docenas de genomas humanos han sido completamente secuenciados y publicados, mientras que aproximadamente otros 200 han sido solamente secuenciados (Katsios & Roukos, 2010).

No obstante, la medicina personalizada constituye una vía cada vez más encaminada a satisfacer los deseos y preocupaciones de los pacientes. Cada vez interesa más, saber a que riesgos o enfermedades estamos expuestos o tenemos más propensión a desarrollar debido a nuestros genes. Es por ello que nos interesa tanto el poder identificar con antelación sobre nuestros marcadores genéticos para detectar trastornos o enfermedades de eclosión tardía. Esto claramente supone un aumento significativo en la calidad de nuestro sistema sanitario.

Molina (2017-2018), nos presenta un claro ejemplo de lo comentado en este apartado: “Una paciente se somete a unas pruebas genéticas, tras haberle detectado cáncer a su madre y a su hermana, a ambas en fase tres y también un cáncer de mama. Esta paciente quiso tener más información acerca de sus genes para considerar el posible tratamiento. Los resultados manifestaron que poseía el gen del tipo dos, donde no existía ninguna posibilidad de que no fuera a tener cáncer, de hecho, la mutación del tipo dos aumenta la posibilidad de padecer un cáncer de mama en un 25% y de que aparezca de nuevo con más vigor. Conocer de la secuencia del genoma permite detectar la predisposición a sufrir en un futuro ciertas enfermedades debido al tipo de genes que

poseemos a parte de poder controlar otros aspectos menos graves como el colesterol o la diabetes al analizar las tendencias genéticas de los pacientes capacitando así a los médicos a diseñar tratamientos preventivos frente a estas enfermedades.

4.6 Gestión operativa.

Hasta ahora todas las aplicaciones del Big Data que hemos mencionado trataban de mejorar la calidad del sistema sanitario pero siempre centrado en lo que atañe a los pacientes. Se considera necesario el explicar también las oportunidades que tiene el Big Data en cuanto a la gestión de los hospitales. Mejorar la gestión hospitalaria es otro de los retos dentro del sector. El permitir a los gestores de operaciones el poder centrarse más en los objetivos y en la reducción del gasto o el amalgamamiento de datos financieros hace que su gestión sea mucho más eficaz. El hecho de que a través de toda esta nueva información se pueda también, informar más detalladamente de la demanda de servicios y recursos consiguiendo así, la creación de una planificación más eficiente, es todo un reto por el que vale la pena el esfuerzo. Si bien, la inteligencia de procesos clínicos y operativos permiten una gestión más efectiva al facultar a los gestores el poder analizar las fuentes de ineficiencia y malgasto de recursos de los hospitales que dirigen. (Ureña et al. 2017).

En la actualidad está aumentando la necesidad de que las empresas relacionadas con el sector de la salud empiecen a estudiar los datos que se están almacenando, puesto que su análisis constituye uno de los ejes principales de la transformación hacia una medicina más personalizada y eficaz. Nos encontramos en una nueva era donde la tecnología se está apoderando de la gran cantidad de datos que producimos día a día. De hecho, el campo de la tecnología en la salud está en su momento más álgido ayudando a la toma de decisiones de gestión de recursos destinados a la salud. Fruto de este avance tecnológico aparece un nuevo campo de investigación que en un primer momento se denominó KKD (Knowledge Discovery in Data Basis). Fue bajo estas siglas como se hizo referencia al proceso por el cual, ayudándose de algoritmos, las técnicas de visualización, y de la inteligencia artificial, se buscaba encontrar el potencial conocimiento que se encuentra sumergido en los grandes volúmenes de datos. A día de

hoy, por suerte, la mayoría de hospitales están bien equipados con dispositivos que ofrecen la recolección y el almacenamiento de los mismos de forma económica: Internet.

Aún así el futuro es híbrido y no solo podemos contar con una tecnología única de almacenamiento, si no que será una mezcla de varias. Sin embargo, como ya mencionábamos anteriormente, las extensas cantidades de datos dificultan mucho el poder llevar a cabo el tipo de análisis eficiente y exhaustivo que queremos llevar de la información, puesto que a pesar de que se abaraten al máximo los costes de almacenamiento de toda esta información, no siempre resulta rentable el almacenamiento de algunos datos. ¿Por qué? Porque los costes de su almacenamiento en comparación a su utilidad seguirán siendo muy elevados. De este modo, ser requiere no solo del desarrollo del almacenamiento de grandes cantidades de conocimiento y de datos sino que también, de herramientas y técnicas especializadas para acceder a los mismos y convertirlos en datos que ofrezcan una rentabilidad.

Vemos que, el análisis tradicional se ha quedado obsoleto y solo recurriendo al uso de la informática se pueden utilizar las tecnologías desarrolladas en este nuevo campo. No obstante, en medicina, Data Mining se utiliza para explorar datos de forma descriptiva y predictiva. Ejemplos de cómo es la puesta en práctica del Big Data para obtener beneficios en la gestión hospitalaria pueden ser:

En el Blue Cross Blue Shield de Massachusetts (BCBSMA) hubo una "necesidad de integrar el análisis en los procesos de negocios para ayudar a los tomadores de decisiones en toda la empresa a obtener información sobre los datos financieros y médicos y ser más proactivos" (Raghupathi & Raghupathi, 2014, p.8). El análisis permitió a los directores médicos identificar grupos de enfermedades de alto riesgo y actuar para minimizar el riesgo y mejorar los resultados de los pacientes.

Otros ejemplos serían, la introducción de nuevos protocolos de tratamiento preventivo entre los grupos de pacientes con colesterol alto, para evitar así los problemas

cardíacos o los informes electrónicos de salud complejos que se generaron un 300% más rápido que antes, ayudando a los clientes del servicio BCBSMA a ser más eficaces.

El Big Data otorga valor añadido a la gerencia hospitalaria y además añade mejoras en la atención al ciudadano mediante por ejemplo, la creación de mapas de salud por zona o por barrio permitiendo obtener información sobre las enfermedades, contagios y muchos otros tipos de ratios. “La explotación de los nuevos y espectaculares flujos de información hacen que se mejore radicalmente el rendimiento de su empresa” (McAfee y Brynjolfsson citado por Aguilar (2016, p.2). Se hace por tanto un paralelismo entre empresa y hospital, puesto que no dejan de ser ambos un ente con personalidad jurídica y sobre el cual sus gerentes buscan sacar el mayor rendimiento posible igual de igual forma que a una empresa pero salvando la diferencia de que el beneficio no es de uno si no de toda la sociedad. Esta no es solo la única opinión a favor del Big Data como una herramienta favorable en el uso para resolver los problemas de nuestro sistema sanitario. Diversas aplicaciones orientadas a la gestión que permiten a los gestores de operaciones el poder centrarse más en los objetivos y la reducción del gasto, o amalgamar datos financieros con información de otro tipo como la facturación o las reclamaciones.

4.7 Gestión hospitalaria.

En este apartado tratamos de ejemplificar casos reales de alternativas a la gestión hospitalaria tradicional, bien sea de una forma más concreta, como puede ser el caso de la cirugía de reemplazo articular o de una forma mas general, como pueden ser los modelos de reembolso basados en el desempeño y en los resultados.

La revista New Yorker por Atul Gawande, describe cómo los cirujanos ortopédicos en el Brigham and Women's Hospital en Boston se basaron en la experiencia personal y en la información extraída de una investigación de datos extraídos de una serie de factores críticos con el fin de obtener resultados de éxito en la cirugía de reemplazo articular. De esta forma, lo que se pretendía era estandarizar sistemáticamente la cirugía

de reemplazo articular de rodilla, consiguiendo obtener mejores resultados a menores costos. Por otro lado, el Sistema de Salud de la Universidad de Michigan estandarizó la administración de transfusiones de sangre utilizando para ello el análisis de Big Data de una manera similar. Combinaron la experiencia con las investigaciones llevadas a cabo y esto dio lugar a una reducción del 31% en las transfusiones y una reducción de \$ 200,000 en gastos por mes. (Raghupathi & Raghupathi, 2014).

Por otro lado, existen como decíamos, nuevos modelos de gestión más innovadores se basan en el desempeño y en los resultados. El Departamento de Asuntos de Veteranos de los Estados Unidos y agencias en el Reino Unido, Italia y Alemania, entre otros, están trabajando en programas que basan el pago en la eficacia y los resultados de los pacientes. Mejorar la calidad y disponibilidad de la información sobre comparaciones de tratamientos, medicamentos, médicos y hospitales ayudará a cambiar este modelo. Ya existen algunos esfuerzos para calificar a los hospitales y a los médicos y para crear transparencia sobre el costo de los diferentes servicios, y estas iniciativas están ganando terreno entre el público y los empleadores. Pero todos estos incentivos orientados a los resultados tendrán que ser incorporados y ampliamente aceptados en la atención de salud de los Estados Unidos. Además de los problemas estructurales, los ejecutivos de la salud tendrán que superar otros desafíos relacionados con la tecnología, el acceso a los datos, el talento, el cambio de mentalidad y los comportamientos para capturar el valor de los grandes datos, todo ello contribuye en su medida a una mejora en la gestión hospitalaria y los líderes que se encuentran al frente de los hospitales tendrán que estar preparados.

Como bien expone Molina (2017-2018) : “Está claro que el Big Data puede proporcionar un diseño de estrategias sanitarias a medio y largo plazo increíble”.

4.8 Medicina personalizada.

La salud y la atención médica conforman una de las partes más importantes del sistema sanitario de nuestro país. El sistema sanitario español, el cual es considerado uno de los mejores de todo el mundo a día de hoy almacena una gran cantidad de datos sobre

muchos aspectos (pacientes, enfermedades, tratamientos...). Reiteramos, las personas se han convertido en una fuente privilegiada de información debido a las distintas pruebas a las que nos sometemos: TACs, mamografías, o resonancias magnéticas son algunos de los ejemplos de todas las que existen. El análisis de toda esta información según los expertos, compondrá una de las partes de la medicina del futuro o también conocida como medicina “4P” (Hood y Galas, 2008 citado por Cañabete et al., 2016). Si bien, parece que cada vez es mas frecuente el uso del término “medicina personalizada” como forma de referirse a un modelo de atención sanitaria que se amolda cada vez más al individuo gracias a los avances tecnológicos. Como una forma de aproximarnos aún más al concepto de “medicina personalizada”. (Molina, 2017-2018, p.12) expone que ésta “toma en cuenta las características específicas del paciente, estudiando la asociación entre el genotipo (la información de los genes) y el fenotipo (sus características visibles) y los cambios producidos por las mutaciones presentes en cada genoma individual. Ello se manifiesta en la susceptibilidad del individuo a padecer una enfermedad concreta o una reacción adversa a un determinado fármaco, por ejemplo”. El poder adaptar la mejor intervención médica al individuo o paciente adecuado puede mejorar exponencialmente la salud de los ciudadanos.

El uso de la medicina personalizada para mejorar tanto la prevención como la cura de la enfermedad se puede lograr potencialmente a través de predecir tanto el riesgo de enfermedad entre individuos sanos en la población general, como la respuesta terapéutica entre los pacientes.

La primera estrategia para pasar de una sanidad genérica a una personalizada es “decodificar” según Merino (2016) las secuencias genéticas de los pacientes y poder así personalizar y conocer de primera mano el tratamiento que convendría y sería más eficaz en cada caso (Merino, 2016). Actualmente se posee de más de un millón de genomas, siendo un dato en continuo crecimiento.

Esta medicina, en el contexto de la prevención, consiste en identificar a individuos de alto riesgo que pueden desarrollar enfermedades comunes, como trastornos

cardiovasculares, diabetes o cáncer, y después seleccionar la intervención preventiva más adecuada para protegerlos de las mismas. Esta estrategia puede reducir sustancialmente la incidencia de la enfermedad en el paciente y es particularmente importante para los trastornos que resultan más difíciles de tratar, como por ejemplo, el cáncer. Uno de los objetivos alcanzados recientemente gracias a que tanto la tecnología como el Big Data continúan evolucionando ha sido, como anuncia Merino (2016), el poder abaratar los costes de la secuenciación del genoma y que a día de hoy, esté al alcance del bolsillo de la mayoría de los ciudadanos. El campo de la genómica está cobrando cada vez más relevancia dentro del campo de la medicina puesto que se están descubriendo nuevas oportunidades constantemente y es una de las ramas que más contribuye a alcanzar la medicina personalizada (Merino, 2016).

Un ejemplo que nos brindan Raghupathi & Raghupathi (2014) de lo que puede ser una aplicación práctica de la medicina personalizada es la práctica que lleva a cabo el North York General Hospital, un hospital de enseñanza comunitaria con 450 camas en Toronto, Canadá. Este informa que utiliza analíticas en tiempo real para mejorar los resultados de los pacientes y obtener una mejor visión de la prestación de asistencia médica. Se ha informado que North York ha implementado una aplicación de análisis escalable en tiempo real para proporcionar múltiples perspectivas, incluidas clínicas, administrativas y financieras.

A modo conclusión de todo ese apartado, parece interesante resaltar que las diversas problemáticas que se dan en nuestro país también se manifiestan en otros países. La aplicación del Big Data para dar solución a este tipo de problemas se debe entender de manera global. Un ejemplo es el del Reino Unido, el cual ya ha “reducido las emergencias en un 20% y acortado la estancia hospitalaria en un 10%, además de ahorrarle varios millones de euros a la sanidad británica. La acumulación de datos ha permitido clasificar a los escoceses en grupos de riesgo. Más del 70% tienen una probabilidad de menos del 10% de que sufran alguna afección que les obligue a ir al hospital y el sistema dispara la alerta solo cuando una persona supera el 50% de

probabilidades” (Esteban & Murcia, sin fecha, p.11). Por tanto, se entiende que es incentivo suficiente como para intentar llevar a cabo la aplicación en España.

5 Dificultades que se plantean como consecuencia del proceso de implantación del Big Data al sector.

Si bien los distintos gobiernos comparten unos objetivos generales comunes como por ejemplo: la provisión de un acceso fácil e igualitario, mejoras en los servicios de atención a los ciudadanos o la consecuente mejora de los servicios médicos relacionados, dentro de esos objetivos similares generales, cada uno tiene sus prioridades y preocupaciones basadas en las oportunidades y amenazas que el entorno de su país les proporciona (Lee & Yoon, 2017)

La seguridad respecto de los datos, la velocidad ,la interoperabilidad, el análisis o la falta de profesionales competentes, son ejemplos de estas amenazas. ¿Está la sociedad preparada para superar las dificultades que se plantean?. Y más importante aún, ¿Está el sector sanitario español preparado para abordar estos cambios? Según Esteban, J., & Murcia, S. (sin fecha) no lo están. El cambio viene potenciado por las nuevas tecnologías desde hace años y los sistemas tecnológicos actuales no están preparados para el mismo. Nos centraremos en las que consideramos, dos de las dificultades más grandes que se plantean en el sector: Los cambios tecnológicos y La ley de protección de Datos y la ciberseguridad.

5.1 Cambios tecnológicos.

Resulta imprescindible introducir cambios tecnológicos para abordar los objetivos que se pretenden conseguir.

“La salud digital: un proyecto colaborativo” es, como bien indica su nombre, un proyecto que se inicia en 2018 y que es llevado a cabo por “la Federación Española de Empresas de Tecnología Sanitaria (FENIN), la Asociación de Empresas de Electrónica, Tecnologías de la Información, Telecomunicaciones y Contenidos Digitales (AME- TIC) y la Sociedad Española de Informática de la Salud (SEIS)” (Guajardo, 2018).

El hecho de que todas estas instituciones se hayan puesto de acuerdo para llevar a cabo “10 medidas para el impulso de la transformación digital en el sector de la salud” pone claramente de manifiesto lo relevante y tedioso que es llevar a cabo la digitalización del sistema sanitario español. Sin duda, por separado ninguna sería capaz de lograrlo. De ahí que la salud digital es un “proyecto de todos” Guajardo (2018). Redrován et al. (sin fecha, p.3), apoyan esta idea cuando enuncian que “la sinergia del equipo de expertos, tanto en el área informática como en el área de la salud” son imprescindibles para completar la transformación digital con éxito. El proceso en el que se halla actualmente el sector avanza a un ritmo más lento que otros pero Guajardo (2018) afirma que contamos con unos profesionales que componen el sistema sanitario. Afirma que estos están acostumbrados a adaptarse a los cambios puesto que constantemente se han ido teniendo que introducir pequeñas variaciones unas debido a nuevas fuentes de conocimiento, otras debido a la evolución de la tecnología o a novedades en la industria farmacéutica (entre otros). En el informe se hace alusión a la necesidad de que participen dentro de este proyecto tanto las entidades sanitarias como los profesionales de la industria.

Para llevar a cabo este proceso de digitalización, existe una opinión común favorable hacia la necesidad y el potencial que tiene Internet de las Cosas (IoT) para instigar la innovación en los diferentes campos de la salud. Pero los retos de integración es una de las partes que más preocupa puesto que “su integración en los sistemas de información sanitaria es una tarea ardua no exenta de complicaciones pues implica la interoperabilidad de equipos y sistemas de información heterogéneos con varios formatos y diferentes arquitecturas”. Dentro de las IoT se apuesta en gran medida por los sensores para capturar los datos. Sin embargo, esta línea que estamos siguiendo de “medir todo lo medible” (Guajardo, 2018) supone también en cierto modo una complicación si nos referimos a las comunicaciones, incorporación y aprovechamiento de los datos con seguridad. Por consiguiente, se precisa de “mecanismos de integración” eficaces basados en fuentes de datos que abarquen todos los formatos para poder adaptarse así a la nueva realidad de la “red inteligente” (Guajardo, 2018).

5.2 Ley de protección de datos y la ciberseguridad.

El tema de la ciberseguridad y la protección de datos está a la orden del día puesto que además de tratar con datos sensibles (el nombre de los pacientes, su DNI o el ADN entre otros) lo cual supone tener un especial cuidado en el trato de los mismos, por otro lado, el Gobierno recientemente ha aprobado la nueva Ley de Protección de Datos (Ley Orgánica 3/2018, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales, de 5 de diciembre). Es cierto lo que expone (Merino, 2016): “no existe la seguridad perfecta, pues los métodos que usan se adaptan al sector en el que están, en las necesidades del momento” por lo que, a medida que avanzamos en el tiempo, es cierto que la tecnología avanza y nos vemos beneficiados por ello pero también implica la facilidad con la que se pueden llegar a crear algoritmos para violar la seguridad del sistema, haciendo que cada vez sea menor el tiempo que se necesita para descifrar las claves. Por ende “solo podemos diseñar métodos para que sea más complicado”. (Merino, 2016)

De conformidad con lo anterior, debe apostarse porque los Gobiernos y las empresas inviertan en unas sofisticadas medidas de ciberseguridad y verificar que se cumplen con los requisitos que la nueva ley de protección de datos ordena. El que los profesionales tengan en todo momento información acerca de cualquier alteración en la salud de sus pacientes brinda muchos beneficios, de eso no hay duda. Sin embargo el tratar con datos altamente sensibles que viajan de manera totalmente inalámbrica implica una especial atención en este punto.

Resalta por tanto, la importancia de una regulación, gestión y uso de los datos personales de los pacientes de una forma más calibrada y eficaz. Los desafíos legales que se plantean son realmente todo un reto puesto que son muy complejos en especial en relación con colaboraciones de investigación público-privadas, integridad de datos, privacidad, ética y comercialización. Uno de los conflictos que surgen es el de la intersección entre la explicativa del Big Data y los derechos de propiedad intelectual, puesto que mucha de la información podría estar protegida de distinta forma dependiendo

de la jurisdicción en la que nos encontremos. Superficialmente hay evidencia convincente de que el Régimen de Propiedad Intelectual actual necesita recalibrarse en ciertos aspectos para poder aprovecharse de todo el potencial del Big Data en los sectores de la salud y de la medicina puesto que, desafortunadamente no parece haber mucha claridad ni acuerdo acerca de los derechos y los efectos legales que se producen entre los múltiples interesados respecto del Big Data. (Minssen y Pierce, 2018).

La dificultad nace de que la aplicación del Big Data implica que tanto los hospitales como las empresas relacionadas con el sector pasan a conocer y poseer una cantidad mucho mayor de datos de los pacientes, lo cual se considera desde una perspectiva como una posible “invasión” a la privacidad. ¿Realmente, dónde se debería situar la línea que separa la invasión, como algunos lo denominan, del bienestar social?

Los datos personales son aquellos que identifican a una persona. Estos se denominan también “datos sensibles” porque no debemos olvidar que el derecho a la protección de datos personales de las personas físicas se configura y está regulado en nuestro ordenamiento jurídico como un derecho fundamental en la Constitución Española. Estos están altamente protegidos y suscitan tal controversia debido a su carácter personalísimo.

De los cambios y novedades introducidas por la ley, extraeremos solamente aquellos puntos más relevantes en cuanto a los conflictos y modificaciones que tengan mayor transcendencia en la gestión hospitalaria.

En primer lugar, destacar que es crucial, a la hora de recopilar los datos de los pacientes el informar claramente a estas personas justificando jurídicamente su tratamiento y especificando durante cuánto tiempo van a conservarse o quien más puede recibirlos. Estos, cuentan a mayores con un nuevo derecho que ha introducido la norma. El derecho a presentar una reclamación o a retirar su consentimiento en todo momento (Derecho al olvido, regulado en el art 4.5 LOPD). Esta información es válida facilitarla

por escrito o verbalmente. Este se convierte en un derecho e instrumento fundamental para garantizar el uso correcto uso de los datos. Es decir, los pacientes al entrar o ingresar en un centro se les explica del tratamiento que va a llevarse a cabo con sus datos pudiéndolos informar como enuncia (García & Faura 2017) sobre:

- Uso de sus datos en proyectos gubernamentales con base legal, como por ejemplo firma electrónica.
- Uso de los datos de forma anónima en proyectos gubernamentales también, como por ejemplo PADRIS.
- Tratamiento de sus datos para programas internos de investigación. En este caso usarían las patologías que sufren los pacientes de forma anónima también.

Informar a los pacientes sobre los aspectos que acabamos de citar resulta relevante para los hospitales para que dichas instituciones aseguren un mínimo de seguridad en la elaboración de proyectos de Big Data y cumplir así con la normativa. A esto se suma que deben implementar en sus equipos “sistemas de anonimización robustos” (García & Faura 2017, p.158) a parte de que convendría salvaguardar también derecho al asegurando que no se llevarán a cabo técnicas de re identificación. Como elemento esencial también se cita la importancia de que exista un Comité multidisciplinar que analice si el proyecto es conveniente o no, siendo muy importante que esté presente un experto en materia de Big Data. A mayores podría ser interesante la participación de un un “Comité de Ética o de otro, creado ad hoc”.

Como último punto a tratar y que consideramos que también está conectado con la protección de datos a través de Ley 14/2011, de 1 de junio, de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, puede ser interesante que el hospital se asegure de mantener la protección de los datos que aporta a los proyectos con terceras personas. Un ejemplo que establece (García & Faura 2017) sería la creación “Políticas de Propiedad intelectual y industrial que pueden implantar los centros y en las que se establezcan las bases y los circuitos a seguir en los proyectos colaborativos con otras instituciones”

Para concluir, un estudio que cita Molina en su trabajo, revela que las estrategias y los planes de inversión en Big Data por parte de los hospitales españoles está situado en una posición inferior al resto de hospitales de los distintos países de la Unión Europea (UE). Otro de los datos que se revelan en dicho estudio, es que el 40% de las empresas especializadas en el sector de la medicina no ha invertido y lo peor, no tiene pensado invertir próximamente en Big Data. Esto es realmente un problema y así lo expresa (Enríquez, citado por Molina, 2017-2018): "Es una cuestión de personas, necesitamos formación, personas formadas específicamente en Big Data y que, tras esa formación, sus proyectos sean apoyados y soportados por los organismos públicos fundamentalmente y con la ayuda y colaboración privada". Deberíamos apostar por la "gran oportunidad" que tiene nuestro país para emerger en este sector y situarnos en lo más alto.

Como ya exponíamos anteriormente, muchas son las opiniones favorables a la aplicación práctica y real del Big Data en el sector sanitario y éstas se ven apoyadas también por una gran parte de los profesionales que trabajan en el sistema público sanitario. Afirman y consideran que la inclusión del Big Data en el sistema puede abrir muchas puertas a la elaboración de modelos predictivos, patrones de comportamiento, descubrimiento de nuevas necesidades, reducción de riesgos o el estar capacitados para proveer servicios más personalizados.

6 Conclusiones.

En este trabajo se ha llevado a cabo un estudio sobre el actual panorama sanitario español intentando demostrar cómo la digitalización del sistema sanitario y la utilización y tratamiento de los datos a través del Big Data puede generar grandes oportunidades y avances para los ciudadanos, que son, en definitiva, los beneficiarios de todo el proceso.

Gracias a la utilización del Big Data como herramienta fundamental en el mismo, puede aglutinarse e integrarse información sanitaria de todos los pacientes desde los inicios de su vida, ya que esta puede encontrarse dispersa. Proporcionar una mayor agilidad y efectividad al sistema sanitario es el principal objetivo. Se trata, no de sustituir sino de establecer nuevas tendencias donde se creen sistemas que nos capaciten para dar

respuesta a todas las necesidades. Para ello la genética, la tecnología, la información, los pacientes y los profesionales deben volcarse y tratar de cooperar mano a mano (Guajardo, 2018).

La obsesión de la sociedad de personalizarlo todo ha incentivado la necesidad de aplicar el Big Data al sector. Lo que hace unos años nos parecía impensable, ahora estamos muy cerca de conseguirlo, en gran parte gracias a los avances y al desarrollo de la tecnología. Ya lo decía Medrano (2015), “La medicina es un sector muy tradicional que ha evolucionado en paralelo con la tecnología” . Por tanto, ésta es la va a permitir que podamos conseguir saciar los deseos de la sociedad, trabajando de la mano de la genética, la monitorización de pacientes o la predicción.

La genética es un negocio que está revolucionando la medicina. Nunca antes nos habíamos planteado tan seriamente el ser capaces de erradicar enfermedades o el poder llegar a conocer al ser humano por completo a través de sus genes. Y no solo eso, el hecho de poder hacerlo por unos cientos de dólares es aún más asombroso. Desde mi perspectiva, está claro que los datos, son información, pero a su vez son poder. Por consiguiente, este poder tiene que estar controlado y regulado por nuestras autoridades para garantizar que el fin con el que se utiliza no es otro, que el bienestar social. Si aceptamos que esto es así y conseguimos extraer toda la información útil que los datos nos proporcionan conseguiremos alcanzar una sanidad que hasta hace relativamente poco tiempo, era impensable.

Estrechamente relacionada, con la genética, se haya la predicción. Poder anticiparnos a las enfermedades que podemos padecer, tener el poder de tomar decisiones para evitarlas o que los médicos sean capaces de diseñar planes preventivos contra ellas, nos otorga una gran ventaja. Con el paso del tiempo vamos alcanzando un mayor control sobre nuestro cuerpo.

No obstante, debido a este poder que nos proporcionan los datos, la ciberseguridad se convierte en una de las protagonistas del proceso. De ahí que debemos de poder garantizar que no se va a producir un mal uso de la información. Tratamos con datos personales de los pacientes, que si no se protegen y se llega a desvelar cierta información como gustos, preferencias o enfermedades, a pesar de que pueda parecer que no tienen demasiada relevancia sin embargo no es así. Si esta información no se protege como es debido, la esfera de lo íntimo y personal, que pertenece a cada individuo nos haría más vulnerables, “quedando más expuestos a los ojos y decisiones de los demás” (Pérez, 2015).

Se han perfilado y planteado una gran variedad de nuevas posibilidades que podrían mejorar cualitativamente nuestra sanidad pero está en nuestras manos el tomarlas y llevarlas por el buen camino o de lo contrario, enfocarlas a sustraer de ellas la máxima rentabilidad a costa de los datos y de la buena voluntad de la sociedad. Dicho lo anterior, creo que debemos de cambiar un poco la mentalidad. Como afirma McKinsey Global Institute (2011): “lograr estos cambios será difícil, pero el premio potencial es tan grande que los líderes en salud y los encargados de formular políticas no deben ignorar estas oportunidades”. La información por sí sola no es capaz de hacer todo el trabajo.

Hemos conseguido lograr nuestro objetivo al conseguir identificar los resultados, las dificultades y las barreras que se han ido encontrando los hospitales pioneros en implantar el Big Data durante el proceso, sentando así, lo que se podría considerar como una base para futuras inserciones de estas aplicaciones en otros hospitales, con la convicción de que servirá de aliciente y herramienta para ellos.

Considero que todavía queda mucho por estudiar y desarrollar dentro de este campo puesto que el Big Data como herramienta, es muy versátil. Aún quedan por descubrir nuevas oportunidades que nos puede brindar su aplicación a la medicina. De hecho ya hay estudios que investigan la manera de darle un giro copernicano al sistema sanitario español tratando de crear un “ sistema a nivel Nacional que ponga en común a todos los hospitales públicos y privados del país mediante una base de datos accesible

para todos” (Machado, 2018). Este se plantea como uno de los principales retos de cara al futuro, poder conseguir interconectar la sanidad española para enriquecerla mediante un flujo constante de valiosa información.

7 Bibliografía:

Aguilar, L. J. (2016). *Big Data, Análisis de grandes volúmenes de datos en organizaciones*. Alfaomega Grupo Editor.

Alyass, A., Turcotte, M., & Meyre, D. (2015). From big data analysis to personalized medicine for all: challenges and opportunities. *BMC medical genomics*, 8(1), 33.

Arce Farfán, F. A. (2017). *Big data y salud, un paradigma aplicado* (Doctoral dissertation, Universidad Gabriela Mistral).

Cañabate, E. P., & Inaugural, L. (2014). Big data:¿ solución o problema. *Obtenido de <http://arantxa.ii.uam.es/~epulido/bigdata.pdf>*.

Esteban, J., & Murcia, S. EL BIG DATA EN LA ORGANIZACIÓN SANITARIA: NUEVOS TIEMPOS Y NUEVOS CAMBIOS. UN ESTUDIO PREVIO.

European Medicines Agency (2019) HMA-EMA Joint Big Data Taskforce (105321) Recuperado de: https://www.ema.europa.eu/en/documents/minutes/hma/ema-joint-task-force-big-data-summary-report_en.pdf.

García, M. M., & Faura, M. R. (2017). Aproximación práctica al uso de las tecnologías Big Data en el sector salud. *DS: Derecho y salud*, 27(1), 152-159.

Gérvas, J., Palomo, L., Pastor-Sánchez, R., Pérez-Fernández, M., & Rubio, C. (2001). Problemas acuciantes en atención primaria. *Aten Primaria*, 28(7), 472-7.

Guajardo, J. G. (2018). El hospital “en la mano”. *Salud Conectada*, 19.

Jacob, S., & Menon, V. (2019). MEDICO-A Simple IoT Integrated Medical Kiosk for the Rural People.

Katsios, C., & Roukos, D. H. (2010). Individual genomes and personalized medicine: life diversity and complexity. *Personalized Medicine*, 7(4), 347-350.

Lee, C. H., & Yoon, H. J. (2017). Medical big data: promise and challenges. *Kidney research and clinical practice*, 36(1), 3-11.

Lavrač N., Zupan B. (2009) Data Mining in Medicine. In: Maimon O., Rokach L. (eds) Data Mining and Knowledge Discovery Handbook. Springer, Boston, MA

Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

Maciá Soler, L., & Moncho, J. (2007). Sistema nacional de salud español. Características y análisis.

Machado Puig, C. (2018) El Big Data conquista la medicina: propuesta de negocio para el Ministerio de Sanidad.

Martínez Sesmero, J. M. (2015). " Big Data"; aplicación y utilidad para el sistema sanitario. *Farmacia Hospitalaria*, 39(2), 69-70.

McKinsey Global Institute, (2001). Big Data: The next frontier for innovation, competition and productivity.

Mena Díaz, N. (2018). Redes Sociales, Internet de las Cosas y competencias digitales de profesores e investigadores en Medicina. *Educación Médica Superior*, 32(2), 0-0.

Menasalvas, E., GONZALO, C., & RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, A. L. E. J. A. N. D. R. O. (2013). Big Data en Salud: Retos y oportunidades. *Revista Economía Industrial Universidad Politécnica de Madrid*, 405, 87-97.

Merino Cosgaya, H. (2016). Soluciones de privacidad y seguridad para diferentes escenarios de big data en medicina.

Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. Gasto Sanitario. Informe del Sistema Nacional de Salud, (2016).

Molina, Ó. A. LA MEDICINA PERSONALIZADA Y LA LEY DE PROTECCIÓN DE DATOS: BIG DATA EN EL ÁMBITO SANITARIO

Murdoch TB, Detsky AS: The inevitable application of big data to health care. *JAMA* 309:1351-1352, 2013

Parra Calderón, C. L. (2016). Big data en sanidad en España: la oportunidad de una estrategia nacional. *Gaceta Sanitaria*, 30(1), 63-65.

Pérez, M. M. S. (2015). Big data o la acumulación masiva de datos sanitarios: derechos en riesgo en el marco de la sociedad digital. *DS: Derecho y salud*, 25(1), 51-64.

Pulido Cañabate, E. (2016). Big data:¿ Solución o problema?. *Encuentros Multidisciplinares*.

Puyol Moreno, J. (2014). Una aproximación a Big Data= An approach to Big Data.

Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health information science and systems*, 2(1), 3.

Rodríguez., B. C. 2018. Desabastecimientos: Sanidad apunta a la industria y ésta le recuerda la OPR. *El Global*, 6-7.

Tapia Rivas, I., Ruiz Rivera, M., & Ruiz Lizama, E. (2007). Una metodología para sectorizar pacientes en el consumo de medicamentos aplicando datamart y datamining en un hospital. *Industrial Data*, 10(1)

Taylor, R. A., Pare, J. R., Venkatesh, A. K., Mowafi, H., Melnick, E. R., Fleischman, W., & Hall, M. K. (2016). Prediction of In-hospital Mortality in Emergency Department Patients With Sepsis: A Local Big Data–Driven, Machine Learning Approach. *Academic emergency medicine*, 23(3), 269-278.

Ortún Rubio, V., & Meneu de Guillerna, R. (2006). Impacto de la economía en la política y gestión sanitaria. *Revista española de salud pública*, 80(5), 491-504.