



APLICACIÓN DE MINERÍA DE DATOS E INTERNET DE LAS COSAS (IOT) PARA PRODUCTOS BIOMÉDICOS

Data Mining and Internet of Things (IoT) application for Biomedical products

EDWIN GERARDO ACUÑA ACUÑA

Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología, Costa Rica

KEYWORDS

*Innovation
Databases
Data mining
Internet of things (IoT)
Economy
Industrial engineering
Engineering in systems
Productivity
Biomedical
SEO*

ABSTRACT

The evolution of high technology in recent years has allowed the biomedical science sector to improve many of its processes, devices and treatments. With the emergence and reinforcement of artificial intelligence, virtual reality, Big Data and the Internet of Things (IoT), they become allies which are representing a great improvement for these industrial sectors. Process sources may include databases, data warehouses, and other information repositories in the biomedical sciences. Thus, in the current context, the technologies called IoT have become a provider of information and data on a large scale.

PALABRAS CLAVE

*Innovación
Bases de datos
Minería de datos
Internet de las Cosas (IoT)
Economía
Ingeniería industrial
Ingeniería en sistema
Productividad
Biomédicos
SEO*

RESUMEN

La evolución de la alta tecnología en los últimos años ha permitido que el sector de la ciencia biomédica pueda mejorar muchos de sus procesos, dispositivos y tratamientos. Con el surgimiento y el reforzamiento de la inteligencia artificial, la realidad virtual, el Big Data y el internet de las cosas (IoT), se constituyen en aliados los cuales están suponiendo una gran mejora para estos sectores industriales. Las fuentes de los procesos pueden incluir bases de datos, Data Warehouses y otros depósitos de información en las ciencias biomédicas. Así, en el contexto actual, las tecnologías denominadas IoT se han convertido en un proveedor de información y datos en gran escala.

Recibido: 08/ 08 / 2022

Aceptado: 01/ 09 / 2022

1. Introducción

El aumento continuo de la disponibilidad de información y datos dentro del gran área de la medicina; en general de toda la industria, en particular, las redes de comunicaciones y la aplicación de la computación de alto desempeño en las áreas de la minería de datos, han transformado la manera de hacer investigación y nuevos descubrimientos de las ciencias biomédicas de carácter mundial. Con proezas como la que descubrió (MEDTRONIC, 2022)

Micra™ es el marcapasos más pequeño del mundo. A diferencia de la mayoría de los marcapasos que se colocan en el pecho de un paciente con cables que llegan al corazón, Micra es un marcapasos sin cables porque se implanta directamente en el corazón. (p.1)

Es importante establecer que esta compañía Medtronic, después de muchos años de investigación, análisis de resultados y tratamientos experimentales, logró crear un marcapasos el cual es diez veces más pequeño que uno convencional. Gracias a su increíble tamaño, el marcapasos Micra se introduce al cuerpo sin requerir una cirugía ni sus complicaciones, todo se hace a través de arterias y microcirugías.

Todos estos adelantos convierten en imprescindible el empleo de técnicas y herramientas computacionales que le den sentido y utilidad a la información que generan múltiples de datos y técnicas en la medicina existente dentro de la Minería de datos y el Internet de las Cosas en todas las áreas industriales y administrativas.

Por ello, en los últimos años ha alcanzado un auge la Data Mining, soporte de filosofías como la gestión de las relaciones de una organización con los avances de la Biomecánica y otros.

Un ejemplo de la implementación de estas estrategias en el área de clasificación no supervisadas de imágenes médicas y de minería de datos, como lo hace notar (Sánchez Álvarez, 2021) sobre algoritmos S3 vs K medias que indica lo siguiente:

Al utilizar los algoritmos K-medias y S3 con una arquitectura SIMD, se pueden realizar procesos de clasificación no supervisada en imágenes médicas, en un tiempo relativamente corto.

El algoritmo S3 es una alternativa para tener en cuenta en los procesos de clasificación no supervisados, que no depende de la selección inicial de centroides, y solo realiza tres exploraciones de todo el conjunto de datos. (p. 4)

Lo anterior porque es uno de los más grandes desafíos de los ingenieros en sistemas, y es la alta dimensión de los datos que generan las imágenes médicas y más el proceso de reconocimiento de patrones, por lo cual la implementación de minería de datos es necesaria en sus procesos y con la incorporación del internet de las cosas, ayuda en la comprensión sobre la información.

La aparición de técnicas como la minería de datos que estén asociadas con la necesidad de procesar y analizar grandes volúmenes de información en el área de biomédica, ha sido el fin de obtener investigación mediante la consolidación de los datos y conocimientos. Todo es útil para la toma de decisiones y construir una experiencia a partir de los millones de transacciones que registra una corporación en sus sistemas informáticos.

El presente trabajo pretende sólo realizar una somera descripción sobre los componentes básicos de la minería de datos, el internet de las cosas y su aplicación en una emergente y trascendental actividad científica en la producción masiva de productos biomédicos en toda América Latina y el mundo. Se analizarán algunos impactos en la investigación de nuevos productos para el bienestar humano respecto de técnicas computacionales que se implementan en la mayoría de las compañías biomédicas. También se hará un pequeño análisis acerca de la preparación de los nuevos profesionales en estas ramas.

Para todo esto deberán conocerse cuáles son los principales términos de la investigación y sus alcances en los últimos años.

1.1 La minería de datos

Se debe tomar en cuenta que la tecnología informática constituye la infraestructura fundamental de las grandes organizaciones y permite hoy registrar múltiples detalles sobre la vida de las empresas biomédicas y de la salud. Las bases de datos posibilitan almacenar cada transacción, así como muchos

elementos que reflejan la interacción de la organización con otras, clientes, o internamente, entre sus divisiones y empleados.

Según (Riquelme Santos, 2006) expresa al respecto lo siguiente:

Con la disciplina denominada Minería de Datos se estudian métodos y algoritmos que permiten la extracción automática de información sintetizada que facilita caracterizar las relaciones escondidas en la gran cantidad de datos; también se pretende que la información obtenida posea capacidad predictiva, facilitando el análisis de los datos de forma eficiente. Bajo la denominación de «minería de datos» se han agrupado recientemente diversas técnicas estadísticas y del aprendizaje automático (Inteligencia Artificial). (p.5)

Es indispensable comprender la importancia de convertir los datos existentes en experiencia, conocimiento y sabiduría en todas las áreas médicas y la parte de ingeniería, formas que atesora la humanidad para que sea útil en la toma de decisiones, especialmente en las organizaciones de la salud y proyectos científicos. La búsqueda de información notable siempre es útil para la administración de servicios biomédicos. Todo esto en el control de la producción, el análisis de los mercados, el diseño en ingeniería médica y la exploración científica de componentes biomédicos, porque pueden ofrecer las respuestas más apropiadas a las necesidades de información. Varias preguntas se relacionan frecuentemente con la data, información clasificada y el conocimiento en general. Su respuesta en estos procesos científicos demanda la participación de varios especialistas en el área de las ciencias de biomédicas y de analistas de sistemas: ¿Cómo puede entenderse un fenómeno o error médico sobre la base de la interpretación de grandes volúmenes de datos, dentro de un estudio biomédico o en general? Para poder contestar este criterio se tomará lo expuesto por (Hasperué, 2021):

Los sistemas desarrollados se aplican particularmente al procesamiento de grandes volúmenes de información y al procesamiento de flujo de datos. Las investigaciones correspondientes al procesamiento de datos masivos están enfocadas en dos temas: el estudio y desarrollo de técnicas de reducción de características y el diseño de estrategias que faciliten el procesamiento masivo de datos a usuarios no informáticos. (p. 1)

¿De qué manera puede utilizarse la información suministrada en el área médica para la toma de decisiones?, son algunos ejemplos de interrogantes comunes, tales como los que establece (Díaz Duarte, 2005) y que dice lo que sigue:

Se define la toma de decisiones y cómo esta actividad se ha convertido en una función imprescindible para la vida de cualquier organización. Se precisa cómo interviene la racionalidad de quienes toman las decisiones, cuando la incertidumbre impera. Se analiza la triada: dato-información-conocimiento, y por último, se muestran algunos conceptos de análisis de información y su relación con el proceso de decisión. (p. 1)

La respuesta de cada una de estas interrogantes que se plantearon es el objetivo de la minería de datos dentro de los procesos biomédicos, lo cual expresa que es un conjunto de técnicas agrupadas con el fin de crear mecanismos adecuados de dirección industrial, y entre las aplicadas pueden citarse la estadística, el reconocimiento de patrones de información, la clasificación de la data y la predicción.

Para descubrir patrones de relaciones útiles en las ciencias biomédicas en un conjunto de datos se empezaron a utilizar métodos que fueron denominados de diferentes formas analíticas. Desde este ángulo en la biomédica, en la minería de datos se aplica una dinámica que se mueve en sentido contrario al método científico tradicional.

Con frecuencia, el investigador en ciencias de la salud formula una hipótesis; luego, diseña un experimento para captar los datos necesarios dentro del estudio y realizar los experimentos que confirmen o refuten la hipótesis planteada. Este es un asunto que realizado de forma rigurosa, debe generar nuevos conocimientos en el área de las ciencias exactas.

En la *data mining*, por el contrario a lo anterior, se captan y procesan los datos adquiridos con la esperanza de que de ellos surja una hipótesis apropiada. Se desea que los datos describan o indiquen por qué presentan determinada configuración y comportamiento, como afirma (Morales E. , 2022) en tal sentido:

La más inocente mirada a los datos puede inspirar una hipótesis. Recuérdese que los humanos tienen un gran poder para generalizar e identificar patrones. Luego entonces, validar una hipótesis inspirada por los datos en los datos mismos, será numéricamente significativa, pero experimentalmente inválida. (p. 2)

No es repetitivo insistir en que las técnicas de minería de datos no pueden utilizarse para confirmar o rechazar hipótesis de procesos biomédicos porque puede conducir a errores fatales dentro de los modelos. Su función es otra, como antes se expresó, se trata de explorar datos de una gran cantidad, darle sentido a cada uno, convertir un volumen de datos para su análisis, que poco o nada aportan a la descripción en información para interpretar un fenómeno, y para adoptar decisiones de acuerdo con las necesidades.

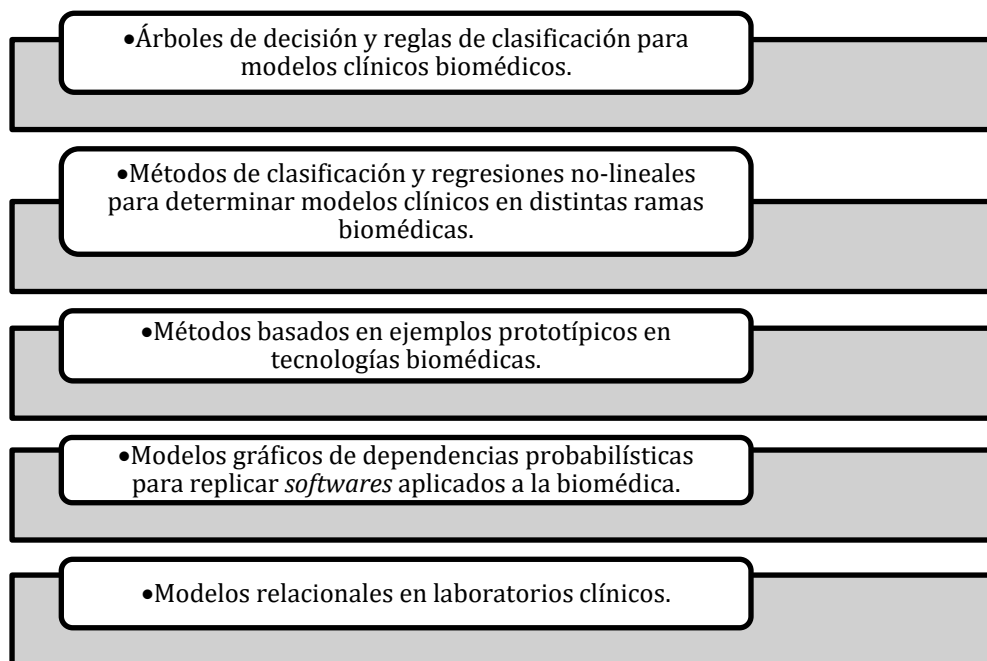
1.2. Componentes de la minería de datos en los estudios biomédicos

Los componentes básicos de los métodos biomédicos de la minería de datos son los siguientes:

- **Lenguaje de representación del modelo para laboratorios clínicos y tecnología biomédica:** comprende las suposiciones y restricciones utilizadas en la representación empleadas en cada uno de los modelos investigativos en estas áreas.
- **La evaluación del modelo en los software y tecnologías biomédicas:** en estas se incluye el uso de técnicas de validación cruzada para la productividad de cada laboratorio clínico. También en la aplicación de principios como el de máxima verosimilitud de las investigaciones biomédicas o el de descripción mínima para evaluar la calidad descriptiva del modelo de los laboratorios clínicos.
- **Método de búsqueda de la información de tecnologías biomédicas:** puede dividirse en localización de parámetros de búsquedas y del modelo de los laboratorios clínicos, los cuales determinan los criterios que se siguen para encontrar los modeladores.

Estas son las técnicas más comunes usadas en la Data Mining:

Figura 1. Técnicas usadas en la Data Mining en la Biomédica

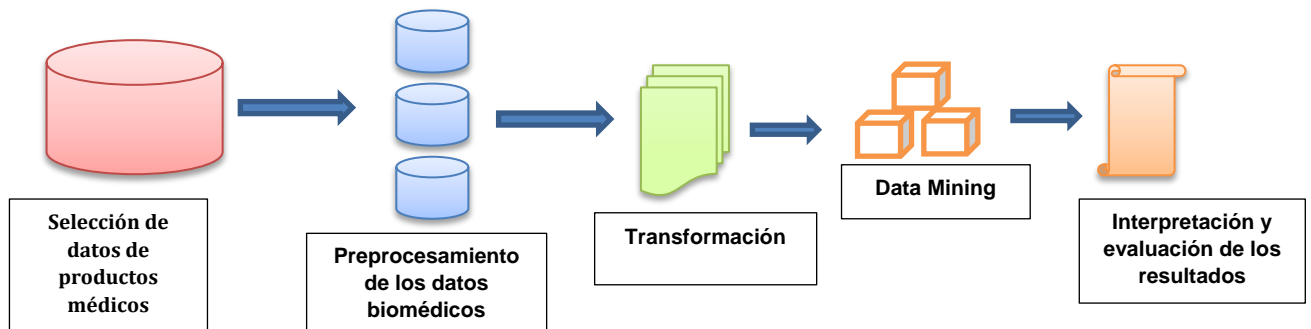


Fuente: elaboración propia tomada de Acuña, 2022

1.3. La minería de datos y el descubrimiento de conocimientos en bases de datos en productos biomédicos

Existe cierta tendencia a identificar la minería de datos y el descubrimiento de conocimientos en bases de datos, que de forma abreviada, se refiere con las siglas KDD (del inglés Knowledge Discovery in Data Bases), se incluyen la convergencia del aprendizaje automático en ciencias biomédicas, la estadística, el reconocimiento de patrones, la inteligencia artificial, las bases de datos, la visualización de identificaciones, los sistemas para el apoyo en la toma de decisiones, la recuperación de información y otros variados campos.

Figura 2. Procesos KDD en la Biomédica



Fuente: elaboración propia tomada de Acuña, 2022, p. 11

Como muestra la figura anterior, las etapas del proceso *Knowledge Discovery in Databases* en la biomédica y las ciencias de la salud se dividen en cinco procesos los cuales se detallan seguidamente:

1. **Selección de datos clínicos.** En esta fase los encargados del proceso de la minería de datos se determinan las fuentes de datos y el tipo de información por utilizar para cada uno de los modelos adaptados en la tecnología biomédica. En este juicio es donde los datos son relevantes para el análisis de investigaciones paralelas.
2. **Preprocesamiento de los datos biomédicos.** Esta etapa consiste en la preparación y limpieza de los datos extraídos desde las distintas fuentes de la investigación, como los resultados en los laboratorios clínicos, todos en antecedentes en una forma manejable, lo cual es necesario para los procesos posteriores. En ella se utilizan diversas tácticas para manejar Data Mining faltantes o que estén en blanco; también los datos inconsistentes o que están fuera de rango del análisis, lo cual se obtiene finalmente una estructura de datos adecuada para su transformación.
3. **Transformación.** Consiste en el tratamiento y procesos analíticos preliminares de la información adquirida, la transformación de esta y la generación de nuevas variables a partir de las ya existentes con una estructura de datos apropiada. Aquí se realiza en estas operaciones de agregación o normalización de los datos la información de una forma necesaria para la fase siguiente.
4. **Data Mining.** Es la fase de modelamiento propiamente tal de la información suministrada por la Data, en donde métodos inteligentes son aplicados con el objetivo de extraer patrones previamente desconocidos, válidos, nuevos, potencialmente útiles y comprensibles, que están contenidos u ocultos en los datos de biomédicas.
5. **Interpretación y evaluación.** Se identifican los patrones obtenidos basándose en algunas medidas, y se realiza una evaluación de los resultados obtenidos. En esta fase, se refleja en el estudio de Chavarría (2017) el cual lo expresa como sigue

Como resultado se obtuvo un proceso estandarizado para evaluar tecnologías biomédicas automatizadas en laboratorios clínicos, realizando inicialmente un análisis de la necesidad real de tecnología que se tiene en la institución y posteriormente realizando los análisis técnico, clínico, económico y de proveedor. A cada uno de los posibles equipos médicos automatizados

que se pueden incorporar en las actividades del laboratorio y pueden solventar la necesidad de tecnología ya detectada. (p.11)

Debe recordarse que el KDD es el proceso completo de extracción de conocimientos, no trivial, previamente desconocidos y potencialmente útiles a partir de un conjunto de datos, por lo cual la extracción de análisis y conocimientos, y que está principalmente relacionada con el despliegue de descubrimiento conocido como *Knowledge Discovery in Databases* (KDD), que se refiere al proceso no-trivial de descubrir conocimiento e información potencialmente útil dentro de los antecedentes contenidos en algún repositorio de información en la parte biomédicas. Un ejemplo de la implementación del KDD es en la Ontología como lo indica (Chaglla Rodríguez, 2015) el cual escribe al respecto lo siguiente:

Desde las Ontologías a la Minería de Datos, se junta el conocimiento al proceso por el uso de ontologías, es decir, cómo los especialistas entienden y ejecutan las tareas de análisis. Como ejemplo de uso están en servicios inteligentes para el proceso de descubrimiento, la interpretación y la validación del conocimiento extraído, Ontologías para recursos y descripción de servicios y Knowledge Grids. (p. 27)

Esto no es un proceso automático, es un proceso iterativo que exhaustivamente explora volúmenes muy grandes de datos para determinar relaciones. Es un juicio que extrae información de calidad en áreas biomédicas que puede usarse para dibujar conclusiones basadas en relaciones o modelos dentro de los datos; mientras que la definición de (Febles Rodríguez J. P., 2022) indica que:

La minería de datos es una compilación de técnicas reunidas para crear mecanismos adecuados para la toma de decisiones. Entre estas técnicas se pueden citar la estadística, el reconocimiento de patrones, la clasificación y la predicción, la excavación de información relevante de la administración empresarial, el control de la producción, el análisis de los mercados, el diseño en ingeniería y la exploración científica. (p. 9)

En otras palabras, el concepto minería de datos se asocia al proceso de construcción de reglas a partir de colecciones de datos, dentro de los procesos biomédicos y de la salud humana, con una finalidad previamente determinada y para su uso en la toma de decisiones respecto de dicho objetivo. Esta diferencia, muchas veces inadvertida, puede ser la causa de que ambos conceptos se utilicen indistintamente en gran parte de la literatura científica en las ingenierías.

Recientemente en artículos como el estudio de Brizuela (2021) el cual indica acerca de estos estudios:

Ha alcanzado gran popularidad la construcción de almacenes de datos (Data Warehouse, en inglés) que también puede verse traducido de otras formas, bodegón de datos, por ejemplo. Aunque un almacén es una base de datos en sí, se diferencia de esta en que contiene resúmenes, consolidaciones y análisis de la interrelación de los datos a través del tiempo. (pp. 11-12)

Por sus características, según lo anterior, es un almacén de datos al que se accede con menos frecuencia que a las bases de datos temporales en la minería de datos, y es la forma más simple de permitir la entrada a estos datos y de lo cual va a depender la toma de decisiones sobre la base de los procesos en el área de Biomédicas.

Un *data warehouse* en las ciencias médicas se conforma con datos operacionales y se diseña con el propósito de facilitar la toma de decisiones dentro de la producción. La información que se almacena en él nunca se actualiza en ninguna base y sólo se habilita para consultas del sistema o del analista. Del otro lado, integra y hace consistentes a los datos extraídos de las bases de datos operacionales en los procesos de búsqueda y de limpieza.

Puede resultar provechoso construir data warehouse localizados y específicos para un objetivo determinado en el área biomédica. Estos depósitos de información digital reciben el nombre de *datamarts*. Un enfoque que lo indica muy bien (Febles Rodríguez, 2002) el cual establece que estos estudios se caracterizan por lo siguiente:

han cobrado actualmente fuerza, es el análisis en línea (en inglés, denominado *On-Line Analytical Processing* u OLAP). Se trata de una tecnología orientada al acceso y el análisis de datos en línea.

Su nombre se deriva del contraste con el procesamiento de transacciones en línea (*On-Line Transaction Processing*, OLTP). Mientras que el OLTP depende de bases de datos relacionales, el OLAP ha desarrollado una tecnología de bases de datos multidimensionales. Estas bases de datos fundan los cimientos para el desarrollo de los cálculos y análisis multidimensionales que requiere la inteligencia empresarial. (p. 70)

1.4 Internet de las Cosas (IoT)

Una de las nuevas estructuras dentro de la tecnología es el Internet de las cosas (IoT), algunas veces denominado «Internet de los objetos», es una gran herramienta para analizar las situaciones reales de los trabajos lo cual cambiará todo paradigma de procesos, incluso a nosotros mismos. Si bien todo este proceso se puede parecer una declaración muy arriesgada de analizarla, hay que tomar en cuenta y recordar el impacto que Internet ha tenido sobre la educación en general, la comunicación colectiva de los negocios, las empresas, la ciencia, el gobierno y la humanidad.

Claramente, como lo define (Salazar, 2016) en tu artículo «El internet de las cosas»:

Hoy en día, la arquitectura de la información basada en Internet permite el intercambio de bienes y servicios entre todos los elementos, equipos y objetos conectados a la red. La IoT se refiere a la interconexión en red de todos los objetos cotidianos que a menudo están equipados con algún tipo de inteligencia. En este contexto, Internet puede ser también una plataforma para dispositivos que se comunican electrónicamente y comparten información y datos específicos con el mundo que les rodea. (p.7)

Ya se sabe que el Internet es una de las creaciones más importantes y poderosas de la humanidad que se ha desarrollado. De todo esto se debe tener en cuenta que el Internet de las Cosas representa una próxima evolución de la tecnología de búsqueda y análisis de las redes de internet.

Lo mencionado anteriormente será un enorme salto en su capacidad para reunir y analizar cada uno de estos datos y distribuir los antecedentes que pueden convertirse en información, conocimiento y en última instancia, sabiduría.

En este contexto, IoT se vuelve importante en cada una de estas etapas del conocimiento.

En la planificación de los proyectos que se van a trabajar es importante tener clara la realidad de los procesos y de la industria biomédica que está dándose en el orden mundial lo cual se debe tener en cuenta, más la implementación de redes informáticas y la parte metodológica de la enseñanza del internet de las cosas a los colaboradores de las empresas para que tengan una noción más amplia sobre el conocimiento. Esto lo expresa muy bien (Torres, 2019), el cual indica lo que sigue:

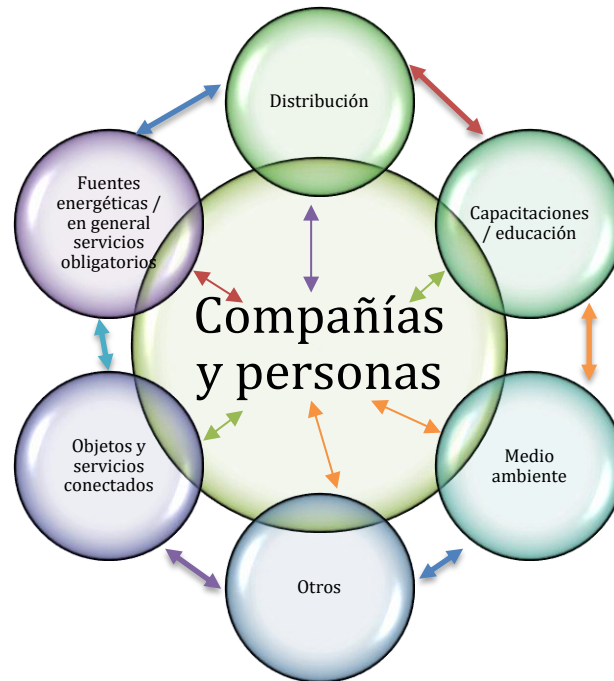
A través de ejercicios didácticos que se fundamentan en tres componentes principales; el primer componente es la implementación del marco educativo CDIO en cada uno de los proyectos vinculándolo directamente con el contenido de la asignatura. (p.21)

Ya están en marcha proyectos de IoT que prometen cerrar la brecha entre ricos y pobres en aspectos de conectividad y rapidez de conexión. Eso ha sido uno de los más grandes problemas de estos últimos años.

También va a mejorar la distribución de los recursos del mundo para quienes más los necesitan y ayudar a mejorar los problemas sobre la salud pública para que se pueda ser más proactivos y menos reactivos.

Aun así, son varias las barreras que amenazan con retrasar el desarrollo del Internet de las Cosas en las áreas biomédicas y áreas médicas de nivel mundial, como es el caso respecto de la transición a IPv6, lo cual es el establecimiento de un conjunto de normas en común y el desarrollo de fuentes de energía para millones de sensores diminutos. Sin embargo, mientras que las empresas de sistemas biomédicos, los gobiernos con sus políticas, los organismos normativos-legales y las áreas académicas trabajan conjuntamente para resolver estas dificultades, se logrará que el Internet de las Cosas prosiga su camino.

Figura 3. Internet de las Cosas



Fuente: elaboración propia tomada de Acuña, 2022, p. 18

Este diagrama refleja el Internet de las Cosas IoT, el cual permite que cualquier objeto pueda comunicarse con otro de su alrededor dónde llevar a cabo una determinada tarea o función dentro de la industria de la biomédicas y todas las ciencias médicas.

1.5. Los estudios Biomédicos

Las nuevas tecnologías dentro de la informática y en todas las áreas de las ciencias de la salud ganan importancia en el descubrimiento de fármacos, productos biomédicos y sistemas de minería de datos, especialmente en este momento, en el que los costos de la investigación biomédica y el desarrollo de compuestos farmacéuticos válidos; se encuentran en aumento.

Estas nuevas herramientas, fruto de la combinación de las nanotecnologías con las ciencias de la vida, son las que permiten avanzar en el desarrollo de nuevos fármacos, así como en el modelaje de enfermedades. También en todo lo que se refiere a la investigación biomédica necesita estas nuevas herramientas para avanzar a un ritmo que justifique sus altos costos y de explotaciones.

Uno de los puntos más relevantes que se tienen que tomar en cuenta es que la investigación biomédica en todas sus ramas, tanto la parte industrial como en la investigación en seres humanos, plantean múltiples problemas que pueden llegar al límite de lo ético y moral de estas investigaciones, esto en lo que son implementaciones de algunas estrategias planteadas. Debe considerarse que en todas las investigaciones científicas debe ir de la mano de una serie de requisitos para que sea una investigación ética y moral.

La trayectoria de la investigación en el mundo no ha estado libre de abusos. Las normas éticas internacionales han aparecido después de las múltiples transgresiones que han ocurrido en la historia. Como lo plantea Gaudlitz (2008): «Las normas éticas internacionales que regulan la investigación en seres humanos se caracterizan por la convocación a los organismos deliberantes ante la denuncia de prácticas inmorales de investigación; primero aparece la transgresión y enseguida la sugerencia de cómo evitarla» (p. 3).

Dentro de estas nuevas investigaciones en el área de las ciencias médicas y científicas, la implementación del Internet de las Cosas, la minería de datos y la inteligencia artificial son de gran importancia. Esto está reflejado en el trabajo y el párrafo donde lo expresa Sarmiento-Ramos (2020):

Hoy en día, las redes neuronales artificiales y el deep learning, son dos de las herramientas más poderosas del aprendizaje de máquina, que tienen por objetivo desarrollar sistemas que aprenden automáticamente, reconocen patrones, predicen comportamientos y generalizan

información a partir de conjuntos de datos. Estas dos herramientas se han convertido en un potencial campo de investigación con aplicaciones a la ingeniería, no siendo la ingeniería biomédica la excepción. (p.17)

La gestión de datos clínicos es una fase crítica dentro de la investigación biomédica, este proceso es llevado a cabo por el Clínica Data Manager (CDM), persona que desempeña una función clave en el proceso.

Puede tomarse en cuenta lo que expresa Sarmiento-Ramos (2020), el cual refleja que las nuevas tecnologías establecen lo siguiente:

Las interfaces cerebro-máquina y hombre-máquina son una combinación de hardware y software que, a través de las señales eléctricas de la actividad cerebral y muscular, permiten controlar dispositivos externos o diagnosticar enfermedades. Estas interfaces se componen de un sensor, normalmente un electrodo encargado de adquirir las señales de la actividad cerebral o muscular, una etapa de amplificación y filtrado, y un sistema de control. (p.10)

Por esta razón fue pertinente identificar los aportes que la bioética como disciplina transversal y pluralista puede dar a la gestión de datos clínicos y todo sobre ingeniería biomédica. Para desarrollar este trabajo se realizó un recorrido por diferentes propuestas en el área de las ciencias biomédicas, así desde estos puntos y la narrativa de las experiencias profesionales de científicos del área de las ciencias de la salud. Se desarrolló una apuesta de los aportes que desde la bioética que se pueden hacer a la gestión de datos clínicos en investigación de la ingeniería biomédica. Concluyendo en esta parte del manejo de los datos de los pacientes y la bioética tiene mucho que aportar a este punto, desde su perspectiva multidisciplinar, aportando un acercamiento holístico del manejo de la información, partiendo de principios como la privacidad y la confidencialidad de los pacientes, la responsabilidad e igualdad sociales y la equidad entre otros temas de gran relevancia.

2. Evaluaciones

Las evaluaciones que pretenden generar este artículo en los lectores de estas carreras afines a la biomédica, minería de datos y el internet de las cosas, y todos los profesionales de estas ciencias. Es estructurar el nuevo esquema de pensamiento, y que el resto ofrezca su experiencia luego de alcanzarlo. En el caso del lector, que asuma un proceso autodidacta pues siempre será recomendable transmitir las ideas a otras personas cercanas para confirmar la asimilación del conocimiento adquirido.

En un proceso de enseñanza-investigativa cumplen una función determinante las tecnologías de la información biomédica y comunicación, como apoyo en la interacción con actividades didácticas que integran lo visual, novedoso e interactivo. También incentiva el uso de aplicaciones tecnológicas desde la teoría, plataformas y redes sociales. Promueve nuevas formas de enseñanza, facilita la búsqueda de información y comunicación y el desarrollo de actividades prácticas del quehacer profesional en minería de datos.

Como se expresa en el texto de Acuña Acuña (2022): «Los lectores deberán, entonces, transitar en un entorno de basta información, donde deberán ser capaces de analizar, tomar decisiones y dominar nuevos ámbitos del conocimiento en una sociedad cada vez más tecnológica» (p. 16). En este contexto, el aprendizaje es permanente, en colaboración con otros individuos utilizando las diferentes tecnologías de la comunicación e información. Esto para que los lectores puedan adquirir conocimientos y habilidades esenciales para su desarrollo, que los haga competentes, y así deberá pasarse de una enseñanza centrada en el profesor, a una centrada en el estudiante.

2.1. Ilustraciones

El recurso ilustrativo tiene un fin didáctico; por lo tanto, es significativo que en la lectura de la propuesta el lector establezca asociaciones con las imágenes incluidas para enriquecer el análisis conceptual y el ejercicio práctico. Si se promueve en el texto el uso de problemas en contextos reales que se enfrentan día a día cada persona, los abstractos se consideran muy importantes dentro del proceso de aprendizaje de una sociedad moderna; y más cuando lo que se pretende es la construcción

de capacidades en cada persona para la manipulación de los objetos matemáticos y físicos cuya naturaleza es abstracta y lo improbable.

2.2. Redacción

Este escrito no pretende ser exhaustivo en su contenido; sino que resulte una invitación para el trabajo integrado de la clase (o la vida cotidiana de cualquier clase universitaria) respecto del entorno y los posibles recursos (metaversos, *softwares*, minería de datos, inteligencia artificial y otros) que se pueden emplear para construir conocimiento.

Las TIC en la implementación y análisis de la minería de datos y el Internet de las Cosas son estrategias que pueden ayudar a los investigadores de estas ramas tanto en lo general como en la industria médica en el nivel superior universitario. Ello para construir una sociedad del conocimiento global porque permiten desarrollar capacidades de innovación que pueden ser determinantes en el desarrollo de la sociedad y que inciden sobre el desarrollo sostenible de carácter global. Según Ríos Medina (2021), indica que «No podemos dejar pasar inadvertido que la educación del futuro implicará un proceso de enseñanza-aprendizaje con ciertas particularidades» (p.12).

3. Objetivo general

- Desarrollar la teoría y prácticas de Minería de Datos en el campo Biomédico con la implementación de nuevas tecnologías, enfocado en la solución de problemas dirigidos hacia la investigación de modelos relevantes en el área médica.

3.1. Objetivos específicos

- Identificar las fases implicadas en un proyecto de minería de datos dentro de una organización y la industria biomédica.
- Describir de un conjunto de datos seleccionando y generando sus características más relevantes en el Internet de las Cosas dentro de la industria de la biomédica y todas sus ramas.
- Aplicar las distintas técnicas de la minería de datos en antecedentes de clasificación supervisada y no supervisada en las ciencias biomédicas.
- Emplear técnicas de clasificación más adecuadas para resolver un problema concreto dentro de la minería de datos y el Internet de las Cosas en las ciencias biomédicas.
- Diferenciar los resultados obtenidos en la resolución del problema de análisis y de procesos de los modelos.
- Analizar técnicas de minería de datos en las ciencias biomédicas y el campo del Internet de las Cosas, entre minería de datos, inteligencias artificiales y los análisis estadísticos.

4. Justificación

En esta parte de la investigación se estudiará y analizará uno de los campos que más se están experimentando en estos tiempos en las organizaciones y posicionamiento de marca en el mercado, todo lo que se refiere a los productos y trabajos biomédicos.

La extracción de conocimiento a partir de fuentes masivas de datos y lo más importante, el análisis de estos para la toma de decisiones respecto de estos modelos. Para tales procesos, información y aplicaciones se emplean las diferentes técnicas de minería de datos de Business Analytics de los productos biomédicos.

En ello se implementan algoritmos capaces de obtener relaciones entre distintos atributos de investigación o conceptos que se tienen para ayudar en su análisis del mercado, para después ser tomados en cuenta para la toma de decisiones de nivel operativo industrial y gerencial en el área biomédica.

Asimismo, se estudiará cada una de las técnicas estadísticas, probabilísticas y de procesos que se asimilan en las metodologías en la Data Mining, basadas en el aprendizaje automático y que se implementa en una herramienta de minería de datos, y pueden tenerse en la web de manera gratuita; como la aplicación gratuita del programa de análisis WEKA, en la cual herramienta se permite, a partir de ficheros de texto de una base de referencias de la organización o trabajo en un formato determinado, utilizar distintos tipos de técnicas para extraer información.

Puede tomarse como referencia en este punto lo que establece Droz (2019) según el párrafo siguiente:

Los conceptos fundamentales empleados en las estructuras de la formación de prototipos de componentes biomédicos, como los casos del análisis de resultados positivos en el ser humano; tales como el Knowledge Discovery Databases (KDD) a nivel de Business Analytics en productos biomédicos, sobre todo, en la minería de datos, así como sus principales características en los análisis de la información destacada y el comportamiento de esta tanto en la empresa como en la industria. (p.23)

En este capítulo se describen, se interpreta y se analizan las etapas del proceso Knowledge Discovery Databases (KDD), sus definiciones y se hace énfasis en la etapa de Data Mining; también en las técnicas más comúnmente utilizadas en el análisis de la información de productos biomédicos y el uso del Internet de las Cosas, como son la clasificación, la asociación, el agrupamiento y los patrones secuenciales de los datos suministrados por las redes y la industria. También durante este proceso se detalla una de las técnicas de referencia más utilizada en el desarrollo de proyectos de minería de datos en Business Analytics en los ambientes industriales, tal es el caso del proceso *crispad* que está compuesto por seis etapas: la primera es la observación del problema que se tiene, el análisis de los datos que se poseen en términos biomédicos, la elaboración de estos datos, el modelado de los datos de manera rápida para sus procesos, la evaluación de cada una de la información y finalmente, la explotación de los datos para su interpretación.

5. Alcances

El trabajo realizado se tomará como un punto de referencia para próximas investigaciones o trabajos en el nivel de la aplicabilidad de la Minería de Datos y la implementación del Internet de las Cosas en América Latina y el mundo. Además, para aquellos con contenidos similares a los planteados, como una guía de investigación en el campo de la educación de América Latina.

Las razones que señalan Bachelet (2012) y el ICMJE (*International Committee of Medical Journal Editors*) que para desaconsejar la publicación redundante son lo siguiente:

Existencia de leyes internacionales de derechos de autor, el actuar ético y el uso costo-efectivo de recursos. Estos argumentos son aplicados a cualquier tipo de artículo, pero el ICMJE señala que es particularmente «problemática» la publicación duplicada o redundante de artículos de investigación primaria ya que se podría generar una doble contabilidad de los resultados de la investigación, atendiendo a que en la actualidad se están conduciendo muchas revisiones sistemáticas o esfuerzos de *data mining* (es decir, de minado de datos, o extrapolación de datos de estudios primarios) con el propósito de responder preguntas específicas sobre cuestiones clínicas o de políticas de salud, para fundamentar en la evidencia aquellas decisiones que se tomen. (p. 11)

Cabe señalar que las entidades públicas y privadas que comisionan este tipo de estudios investigativos están recientemente interesadas en identificar resultados comunicados en la minería de datos y la información. Todo esto genera de una manera eficiente lo que incluye la búsqueda sistemática de información que también propicia el Internet de las Cosas, ya que con ellos hay mucha información que puede tomarse como referencias en estos proyectos. Tomar en cuenta que, en las actas de los congresos científicos, como resúmenes de ellos, sus comunicaciones orales o posters aportan grandemente en los procesos de nuevos proyectos y modelos.

Sus resultados permitirán ver la reacción de estas medidas virtuales educativas en los estudiantes que reciben lecciones de todo tipo de materias. El proceso que se implementa en la investigación es descriptivo, y según Hernández, propuesto por Morales (2011), hace referencia a «como aquellos estudios que buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis» (p.11).

Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables del área de las ciencias biomédicas a las que se refieren.

6. Líneas de investigación

El presente trabajo se enmarca en el análisis y aplicación de técnicas de Minería de Datos con fines científicos dentro de las ciencias biomédicas. Asimismo, cuenta con un enfoque transversal, ya que explorará la relación entre estas técnicas del Internet de las Cosas (IoT), con el propósito de diseñar un análisis de los modelos empleados en las ciencias biomédicas.

Se tomarán las relaciones del Internet de las Cosas para el diseño de cadenas de valor, productividad y encadenamientos productivos, tanto en su aplicación industrial como en su aplicación de orden comercial.

Esto tiene el potencial de impactar la productividad y los encadenamientos productivos, gracias a la capacidad de interconectar sistemas y generar datos, adquisición, procesamiento, almacenamiento, análisis y presentación de datos, además de redes, seguridad y conectividad, para responder a la pregunta de investigación, y ¿cómo estos sistemas pueden implementarse para apoyar la toma de decisiones y la mejora de productividad en el área de las ciencias biomédica? Esto puede ser contestado según Salazar-Flórez (2016) al indicar lo siguiente:

La importancia de la gestión tecnológica biomédica ha sido reconocida en diferentes escenarios de nivel mundial, ya que busca garantizar la eficacia, efectividad, eficiencia y seguridad de las nuevas tecnologías sanitarias, mediante lo cual poder establecer estándares y protocolos en el entorno clínico o biomédico, dando pautas para la operación segura de las tecnologías, mejoramiento de los procesos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo; planeación e identificación de necesidades médicas. (p. 98)

Es bien conocido que las tecnologías, en la mayoría de las ocasiones, reportan una serie de beneficios a los estudiantes por la novedad que supone introducirlas en el aula. Estos beneficios no son solo en el nivel de desarrollo y facilitación de los procesos de los aprendizajes.

7. Limitaciones

Los volúmenes de información en el área de la biomédica, los cuales se generan en forma permanente en muchos de los casos, es un impedimento en el análisis de los resultados (por ejemplo, en el ámbito hospitalario, los laboratorios clínicos, experimentos genómicos, epidemiológicos y todos los que involucren políticas internas de cada país que los regulan), ya que están creciendo considerablemente. El análisis y procesos diagnósticos exitosos implican la utilización de un número cada vez mayor de variables para asociar, por lo cual los procesos y los *softwares* cada vez necesitan de mayor poder y los costos aumentan. Por otra parte, el formato digital está sustituyendo cada vez más el papel en todos los ambientes biomédicos, desde el empresarial hasta el de salud, pasando indudablemente por el de los experimentos científicos, particularmente los experimentos genéticos, pero esto en vez de ser una limitación es una ventaja, ya que en muchos entes públicos se tienen procesos manuales.

Hasta hace relativamente poco las técnicas de minería de datos se utilizaban fundamentalmente en el tratamiento offline de grandes volúmenes de datos de productos y servicios biomédicos, bien para obtener información de valor a partir de los datos en bruto o para guiar algún proceso de soporte de decisiones.

Estos procesos de recolección o generación de información dentro de las ciencias biomédicas producen volúmenes de información tales que superan las capacidades humanas para analizarlos. Esta limitación se debe a varios factores, entre los que pueden mencionarse la disponibilidad de tiempo en las empresas de salud y la incapacidad de relacionar grandes volúmenes de información de estos eventos y una gran cantidad de variables. Entonces ¿Qué hacer con toda la información disponible?

Para responder esta pregunta lo define muy bien Burgos (2016) de la siguiente manera:

El incremento de la disponibilidad de los datos, y sobre todo de la mejora de las redes de telecomunicaciones. Ha sido posible la interconexión por primera vez de enormes bases de datos de contenido y naturaleza heterogénea, lo que ha abierto nuevas perspectivas a la minería de datos que ahora es capaz de dar respuesta a sistemas de análisis de datos en tiempo real. La aparición de estándares y protocolos de interconexión de datos (XML, XSLT, JSON, HL7, DICOM), conjuntamente a la elaboración de estándares industriales (como PMML o CRISP-DM vistos más arriba), unido al desarrollo de la información tajeada y del contenido semántico (Ontologías,

RDF, Web Semántica); también a los modelos de programación orientado a servicios (SOAP, REST, JAXRPC, WSDL y otros), prometen abrir amplitud a la minería de datos. (p.13)

8. Marco metodológico

Según Riquelme (2006) asegura que:

Las principales metodologías para la escalabilidad en algoritmos de Minería de Datos incluyen diseñar algoritmos rápidos y segmentar los datos. La primera se refiere a la mejora (reducción) de la complejidad computacional, tratando de optimizar la búsqueda o encontrar soluciones próximas a problemas computacionales complejos. Segmentar los datos consiste en dividir o agrupar los datos en subconjuntos (según sus instancias o características), aprender de uno o más de los subconjuntos seleccionados, y posiblemente combinar los resultados. (pp.11-12)

Las ciencias biomédicas son una disciplina científica que aporta la plataforma tecnológica necesaria para posibilitar estos avances, integrando la información genética con la información clínica, dando respuesta a la necesidad de encargarse de elevados volúmenes de información genética en el área biomédica y proporcionando sistemas deductivos que extraen conocimiento de utilidad a partir de las bases de datos de investigación y variaciones genéticas individuales.

De acuerdo con Hernández (2008) se indica lo que sigue:

La Bioinformática, se encuentra en la intersección entre las Ciencias de la Vida y de la Información, proporcionando las herramientas y recursos necesarios para favorecer la Investigación Biomédica. Este campo interdisciplinar comprende la investigación y desarrollo de sistemas útiles para llegar a entender el flujo de información desde los genes a las estructuras moleculares, a su función bioquímica. (p.133)

Esta definición da un parámetro de procesos teóricos de esta rama y un análisis de sus funcionalidades.

Como lo establece Molina (2012), menciona al respecto lo siguiente:

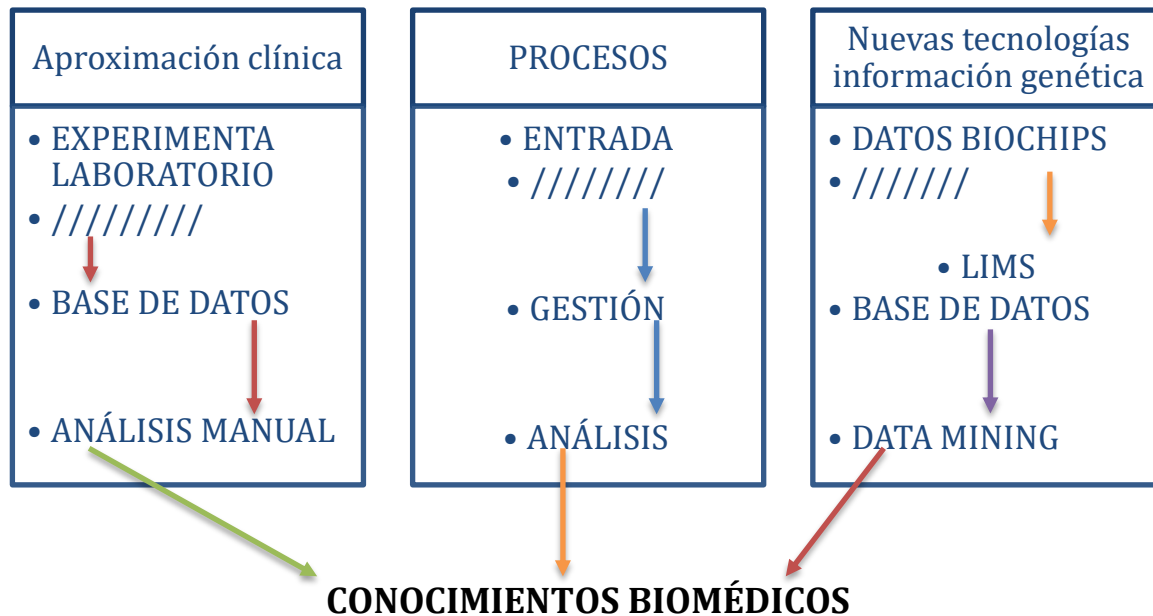
En los llamados algoritmos inteligentes (algoritmos de aprendizaje), básicamente la principal razón para usar escalabilidad es que a medida que se incrementa el tamaño del conjunto de datos para el entrenamiento se incrementa a su vez la precisión de la clasificación aprendida de modelos. En la mayoría de los casos la pobre precisión cuando se usan algoritmos de aprendizaje es debido a muestras insuficientes (o que no contienen información relevante), presencia de ruido en los datos o la existencia de un gran número de diferentes características. (p.123)

8.1. Impacto de la investigación biomédica usando Minería de Datos e Internet de las Cosas

La aplicación de las nuevas tecnologías de la información genética en el entorno de estudios biomédicos ha dado lugar a la aparición de un nuevo vocablo en este mundo de investigación; y uno de los temas más destacados es el que define Wingender (2001), donde señala lo siguiente: «Biología in silico, obtención de conocimiento mediante consideraciones teóricas, simulaciones y experimentos llevados a cabo sobre la tecnología basada en silicio de un ordenador» (p.12).

En la figura número 3 se aprecia cómo las nuevas técnicas permiten que todo el flujo de trabajo de la experimentación biológica sea llevado a cabo de un modo asistido por un ordenador.

Figura 3. El tratamiento de la información genética. Enfoque clásico y basado en nuevas tecnologías



Fuente: elaboración propia tomada de Acuña, 2022

Todo esto refleja que las nuevas tecnologías en la información de la Data Mining y aspectos biomédicos, ayudan a comprender la función de los genes en las enfermedades y males que están revolucionando los procesos de descubrimiento y desarrollo de nuevos medicamentos, ofreciendo considerables oportunidades a la industria para reducir tiempos, los costos y riesgos.

Todos estos pasos están abriendo las posibilidades en los «medicamentos personalizados» o particularizados para distintos estratos de pacientes clasificados según sus características genéticas. También en el descubrimiento de las variantes genéticas de los individuos que influyen en el efecto de los fármacos existentes, además permitirá el desarrollo de nuevos procedimientos diagnósticos y productos terapéuticos que se prescribirán en forma selectiva a los pacientes, con garantía de seguridad y efectividad de sus procesos.

8.2. Impacto en la práctica clínica

En todo esto hay que anticipar cuáles van a ser los principales impactos de la introducción rutinaria de la genética en la práctica de la biomédica y la minería de datos, tal y como hoy es entendido. De estos temas pueden definirse los siguientes:

8.2.1. Medicina molecular con la implementación del análisis de datos

Este tema puede definirse como el esfuerzo por explicar la vida y la enfermedad en términos moleculares, en la adaptación de los procesos de la presencia o las regulaciones de entidades moleculares.

La práctica médica se verá radicalmente alterada cuando se combine la información genética con las nuevas tecnologías clínicas basadas en el diagnóstico de ADN, utilizando el Internet de las Cosas y Data Mining, tal como lo indica Zanolungo (1999), de la siguiente forma:

Se vislumbra el nacimiento de la «Medicina Molecular», que se caracterizará, no por el tratamiento de los síntomas de las enfermedades, sino por la búsqueda de las causas últimas de estas. Se desarrollarán nuevas técnicas diagnósticas, más rápidas y fiables que facilitarán la prevención de las enfermedades. Se desarrollarán nuevos fármacos que actuarán a escala molecular y personalizada e incluso se practicará la terapia génica, reparando errores genéticos. (p. 98)

Los investigadores en el área de minería de datos ya han identificado genes individuales asociados a varias enfermedades, como la fibrosis cística, la distrofia muscular, la neurofibromatosis y la retinoblastoma. A medida que progrese la exploración genética se descubrirán los mecanismos que

producen enfermedades afectadas por varios genes o por factores ambientales. Según Navarro Partida (2008): «La predisposición genética está implicada en el desarrollo de enfermedades cardíacas, diabetes y varios tipos de cáncer. La identificación de estos genes y sus proteínas darán lugar a terapias más eficientes y medidas de prevención» (p. 164).

La implementación de herramientas de minería de datos y el Internet de las Cosas en la medicina molecular permitirá redefinir las enfermedades, ya que con el análisis de múltiples datos, en lugar de por fenotipo (es decir los síntomas), por genotipo y mecanismo causante (ejemplo: distintos tipos de asma), descubrir un origen similar en varias enfermedades (ejemplo de este punto es el gen apoE que interviene en el origen de enfermedades cardiovasculares y Alzheimer).

También como lo establece Hernández (2018) que «el diseño de nuevos fármacos personalizados y mejorar el seguimiento de terapia, permitiendo la valoración de rasgos genéticos que puedan tener incidencia en la respuesta a la misma» (p.311) todo esto invita a cambiarla o analizarla para suprimirla en determinados casos.

8.2.2. Medicina preventiva

El conocimiento de los rasgos genéticos dentro de la biomédica de las poblaciones permitiría conocer la tendencia a sufrir algunas enfermedades, antes de que aparezcan síntomas, admitiendo así la realización de una mejor y auténtica medicina preventiva.

Un ejemplo de la implementación del Internet de las Cosas en la medicina preventiva es lo que indica Cipriano (2022) formulando este ejemplo:

Todas las aplicaciones en medicina: marcapasos inteligentes o bombas de insulina, por ejemplo. Sin embargo, IoT no fue diseñada para ofrecer seguridad. Es decir, procurar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Tales controles pueden ser técnicos, administrativos, organizacionales y metodológicos, entre otros. Algunos de ellos están basados en aspectos informáticos, electrónicos y hasta incluso matemáticos. Estos últimos son ofrecidos por la Criptografía: algoritmos de cifrado, funciones resumen, firma digital, entre otros. (p. 4)

Lo anterior es relevante en cada uno de estos procesos, y como lo indica Kayser (2007), en donde establece lo siguiente: «En este entorno la prevención se entiende como la realización de acciones médicas sobre el medio ambiente o sobre los hábitos de vida, encaminadas a reducir el riesgo de padecer enfermedades por parte de individuos susceptibles por razones genéticas» (p. 28).

8.2.3. Análisis genético

Se define como el análisis de material genético todo lo que implementa el ADN, ARN, proteínas y otros elementos de las biociencias. También lo que diferentes productos metabólicos generan orientado hacia la detección de rasgos genéticos de las personas y mutaciones heredables de las mismas. También en el campo del fenotipos o cariotipos. Esto lo refleja el ejemplo de procesos según Kayser (2007): «A finales de 1997 ya se disponía de unos 450 análisis para enfermedades genéticas. De ellos, unos 200 se aplican en el estudio genético prenatal» (p. 12). También otro ejemplo que puede relacionarse es el que formula Blanco Lago (2016), al indicar lo que sigue:

Los análisis genéticos se emplean para encontrar la posible predisposición de una persona hacia una enfermedad, así como para confirmar la sospecha de una mutación en un individuo o en una familia. Sin embargo, la creciente atención que esta área despierta se centra en los análisis predictivos, que identifican a las personas con alto riesgo de contraer una enfermedad, antes de que los síntomas asociados aparezcan. (p. 32)

8.2.4. Diagnóstico en microbiología implementando la minería de datos

El diagnóstico basado en la detección de microorganismos usando las herramientas de minería de datos y el Internet de las Cosas permite la identificación rápida empleando unos marcadores genéticos de los patógenos, así como de los posibles módulos asociados a la patogenicidad dentro de las ciencias biomédicas. Según Marcano Aular (2022), este indica que:

Su finalidad es la de permitir la comprensión de la biología de los microorganismos, estudiar los mecanismos de resistencia frente a antibióticos, identificación de las cepas, identificar nuevas dianas génicas con valor terapéutico y el desarrollo de medidas preventivas frente a las enfermedades infecciosas. (p. 119)

8.4. Aspectos éticos, legales y sociales del uso de la información en el caso biomédico con la implementación de la minería de datos

Existen muchos beneficios y riesgos potenciales en la aplicación de estas tecnologías en la realidad sanitaria. Entre los impactos de las tecnologías de adquisición y gestión de la información genética, aplicadas en la investigación y práctica biomédica, puede citarse, según Sánchez (1999), lo siguiente:

El desarrollo de la medicina preventiva (determinar la susceptibilidad de padecer una enfermedad antes de que aparezcan los primeros síntomas y actuar en consecuencia) producción y aprobación administrativa de medicamentos personalizados por genotipo (que funcionen con garantía de seguridad y efectividad en un estrato de la población homogénea en cuanto a determinada característica genética). (p. 4)

Los nuevos acercamientos para la investigación de la biomédica, basados en el procesamiento masivo de información, sistemas en paralelo, de información genética, no es solo la individual, sino desde enfoques celulares integrados (genómica funcional, proteómica y expresión mutagénica).

Como lo reseña en este ejemplo Sánchez (1999):

la información generada por el «Proyecto Genoma es sólo la punta del iceberg. Vamos a asistir a una explosión de datos a medida que se extiendan las tecnologías de la información genética (biochips, obtención de genomas individuales, proteómica y datos de expresión génica)». (p. 125)

También como lo expresa muy claro Núñez (2008): «Se necesitan herramientas que asistan al investigador y al clínico en el acceso eficiente a las fuentes de datos, en su interpretación y a la hora de aplicarlas en el entorno sanitario» (p.139).

Las tecnologías basadas en biochips pueden hacer por la genética lo que los microprocesadores hicieron por la informática, y al respecto, así lo indica Juan (2011):

La miniaturización alcanzada permitirá que el diagnóstico salga de los laboratorios centrales y llegue hasta la consulta del médico, del mismo modo que los ordenadores pasaron de estar sólo en los centros de cálculo a la ubicuidad actual de los ordenadores personales. (p.17)

Un posible análisis de este tema sobre la biomédica está en que se apunta desde aquí la necesidad de debates sociales informados acerca de estos impactos de la moderna ciencia de la medicina individualizada, y es la nueva tendencia, que forzosamente tendrán que reparar en aspectos relacionados con la exactitud de estas técnicas establecidas, con la seguridad de que se plantean, y privacidad de la información generada. Todo esto con la obligación de incrementar el conocimiento genético de los pacientes para que puedan entender el uso que se hace de sus datos y de los profesionales de la salud biomédica. Es importante para que presten adecuado consejo genético en sus procesos e interpreten correctamente las pruebas.

Lo anterior mediante los esfuerzos legislativos en cada nación del mundo, encaminados a impedir la segregación de origen genético y el mal uso de la información por parte de la sociedad en cada uno de estos puntos.

Como lo concluye Santosa (2008) quien indica muy claro al respecto:

La individualización del tratamiento es necesaria para mejorar la eficacia y la seguridad de los fármacos, y será uno de los principales cambios en la práctica de la Medicina en los próximos 10-20 años. La farmacogenética es el camino hacia la Medicina individualizada, y ya está llegando lentamente a la clínica para ayudar a seleccionar el fármaco más adecuado, a la dosis más adecuada para cada paciente concreto. (p. 12)

Por lo referido antes, la implementación de herramientas de minería de datos simplificará cada una de esta búsqueda, comparará cada uno de los resultados y generará patrones necesarios para la toma de decisiones.

8.4.1. Algunas definiciones de la rama de Biomédica en la minería de datos

Existen procesos y elementos los cuales hacen que la información biomédica determinada sea diferente de otros tipos de información en las áreas médicas conocidas. Se trata de información de la salud de personas, por lo que las medidas de privacidad de los pacientes y seguridad deben ser máximas en cada uno de los datos, y aún más, las consecuencias de que un sistema falle son enormes. Puede definir e indicar que hay otras disciplinas las cuales usan información que requieren de medidas de seguridad mayores o más complejas, pero es la coexistencia de este conjunto de elementos la que hace de la información en la ciencia biomédica que sea único.

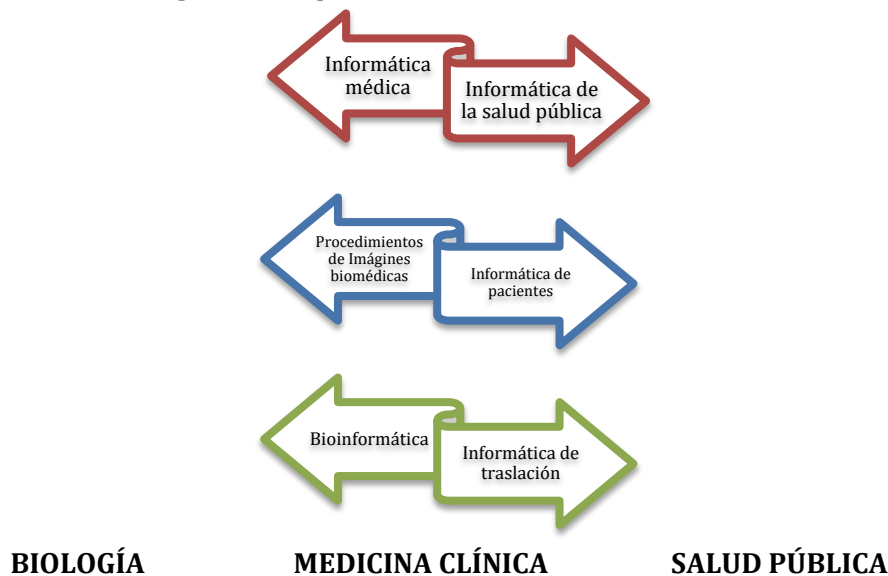
Esta disciplina abarca desde las ciencias biológicas hasta la salud pública, e incluye los siguientes subdominios:

1. **Bioinformática:** estudia la información biológica, especialmente celular y molecular. Un ejemplo que propone Capurro *et al.* (2011) quien indica: «Análisis de secuencias genéticas, representación de información relativa a vías metabólicas y de señalización intracelular y simulación de procesos fisiológicos, entre otras» (p.139).
2. **Informática traslacional:** busca integrar las áreas ya descritas a través de la integración de la información biomédica. Por ejemplo, el uso de registros y bases de datos clínicos electrónicos como fuente de los fenotipos para investigación genética en las ciencias biomédicas, el uso de información genética de los pacientes para toma de decisiones en salud pública y la utilización de información clínica para gestión, entre otros.
3. **Procesamiento de imágenes:** estudia el almacenaje y procesamiento de imágenes biomédicas. Por ejemplo, el procesamiento, limpieza de los datos y análisis de imágenes radiológicas, de anatomía patológica o de microscopía.

Todos estos puntos indican que es una disciplina transversal, la informática de las ciencias biomédica se relaciona y se sostiene de múltiples áreas del conocimiento. De las ciencias se toma el diseño de algoritmos para el procesamiento de datos, conceptos de bases de datos e inteligencia artificial, la minería de datos y el internet de las cosas.

Incorpora también elementos de las ciencias cognitivas, como la interacción persona-computador y el diseño centrado en el paciente-máquina. También que las ciencias sociales que estén centradas en el estudio de factores organizacionales presentes en la incorporación y utilización de este tipo de tecnologías en entornos sanitarios.

Figura 4. Componentes de la Informática Biomédica



Fuente: tomado como referencia de Capurro *et al.* (2011) pero fue modificado por Acuña, E.

En toda la información que se suministra en las ciencias biomédicas puede subdividirse en distintos componentes, dependiendo de si el foco de atención está en la ciencia correspondiente, la medicina clínica o salud pública dentro de cada nación; sin embargo, existe una notable superposición entre dichos componentes.

8.5 Antecedentes

El vertiginoso desarrollo de nuevas tecnologías en el terreno de la informática produce grandes volúmenes de datos en cualquier tema y con relativa facilidad. Este hecho hace que exista la errónea percepción de que, al disponerse de mayor cantidad de datos, automáticamente se cuenta con más información útil. Esto es relativo, ya que los datos por sí mismos no aportan conocimiento que es justamente lo que se desea extraer de ellos.

Durante las últimas dos décadas, el campo del descubrimiento del conocimiento en bases de datos ha conseguido atraer un considerable interés por la capacidad de extraer conocimiento de bases de datos biomédicos, y según Boden (2017), establece que la mayoría de los «sistemas médicos de Minería de Datos todavía no son utilizados rutinariamente en la práctica médica, con pocas excepciones. De hecho, se puede establecer una sorprendente similitud entre sistemas expertos enfocados al sector salud y Minería de Datos» (p. 138).

Es posible preguntarse si la Minería de Datos y el Internet de las Cosas (IoT) están proporcionando el tipo de información y conocimientos que los médicos esperan, ya sea para progresar en la ciencia biomédica o en sus consultas médicas. Los médicos basan generalmente sus argumentos en mucho más que tan solo una base de datos o un conjunto de signos externos y síntomas. La evaluación exhaustiva de las características del paciente, sus situaciones personales o los informes de su salud y rasgos psicológicos, son raramente incluidos como información adicional en bases de datos o informes médicos de los pacientes, cuando en ocasiones, son fundamentales para el diagnóstico biomédico y la gestión integral del paciente. Según Guerrero Pupo *et al.* (2004) define a la Bioinformática como lo siguiente:

Disciplina científica emergente que utiliza tecnología de la información para organizar y distribuir información biológica con la finalidad de responder preguntas complejas en biomedicina.

Históricamente, el uso de las computadoras para resolver cuestiones biológicas comenzó con el desarrollo de algoritmos y su aplicación en el entendimiento de las interacciones de los procesos biológicos y las relaciones filogenéticas entre diversos organismos. (p. 1)

Las dificultades de las técnicas del Internet de las Cosas que emplean los sistemas para la adquisición y análisis de datos, han servido para la expansión de la bioinformática y sus ramas.

Una de las reseñas históricas más relevantes de este tema lo indica Sánchez (1999), en su texto que lo señala así:

A finales de los años 80, la tecnología que desembocaría en la plataforma GeneChip fue desarrollada por cuatro científicos, en Affymax: Stephen Fodor, Michael Pirrung, Leighton Read y Lubert Stryer. El proyecto original estaba destinado a la construcción de péptidos sobre chips, pero desembocó en la capacidad para construir secuencias de DNA sobre chips. La aplicación práctica de esta idea se llevó a cabo por la empresa Affymetrix, que comenzó a actuar como una compañía independiente en el año 1993. (p. 17)

Esto refleja la importancia sobre la innovación y la investigación continuas de nuevos elementos en las áreas tecnológicas, con lo cual la experiencia en los microchips empleados en los ordenadores se consigue una integración de circuitos electrónicos en diferentes componentes, y en los biochips se logra una alta densidad de integración de material. Según Sánchez (1999):

Solo aquellos fragmentos de DNA que hibriden permanecerán unidos tras los lavados y dado que se conocen las secuencias y posiciones de los oligonucleótidos empleados, tras los lavados se produce el revelado que consiste en introducir el chip en un escáner óptico que va a ser capaz de localizar, mediante un proceso similar a la microscopía con focal, las cadenas marcadas con el fluorocromo. (p. 23)

Otro tipo de diseño de estos circuitos y estudios permite la cuantificación y análisis de la expresión de múltiples genes simultáneamente en cada uno de los estudios.

Las características, el desempeño y la potencia de estos sistemas informáticos traen consigo la obtención, en tiempos muy breves de los datos, de grandes volúmenes de información (secuencias de la información, mutaciones de órganos, datos de expresión génica de los seres humanos, determinaciones analíticas de interés clínico en la biomédica, screening con fármacos) que necesitan ser tratados con técnicas bioinformáticas para extraer y analizar conocimiento de utilidades en la investigación biomédica y todo relacionado con la salud pública. Según Fernández (2021), indica lo siguiente al respecto:

Parece que el futuro pasa por la integración de estas nuevas técnicas en el entorno clínico haciendo posible el concepto de análisis y diagnóstico en el «point-of-care». La revista Science destaca esta tecnología como uno de los 10 avances científicos más significativos del año 1998. (p. 11)

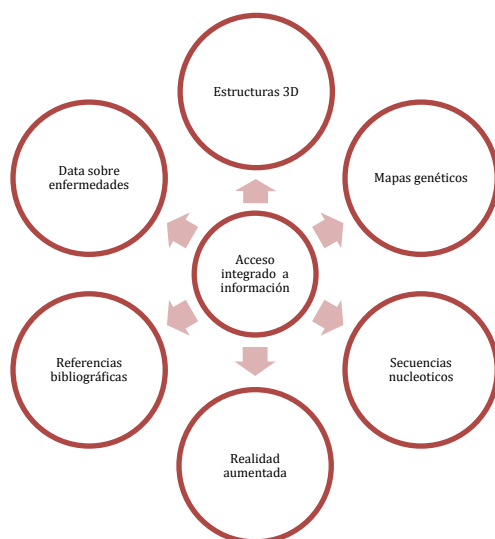
La nomenclatura empleada de nivel técnico en la minería de datos y la informática, para referirse a estas nuevas tecnologías es diversa y comienza por el término más general como es el de «*Biochip*» y hace referencia al empleo de materiales biológicos sobre un chip incorporado a una persona. Otros términos más específicos son: «*DNA chip*», «*RNA chip*» (según el material empleado en su construcción y diseño cambia de nombre) y «*Oligonucleotide chip*» o «*DNA microarray*», que hacen referencia al material de investigación en lo biomédico y a la forma en la que se construyen los componentes para esta ciencia. Todo esto es para tener una idea tecnológica y vocabulario técnico empleado en esta ciencia.

8.5.1. La nueva Generación de Bioinformática

Se introduce el concepto de Bioinformática de Segunda Generación, y lo define y caracteriza Sánchez (1999) en su documento de Bioinformática como lo siguiente:

En los últimos años, la bioinformática ha trabajado con muchas bases de datos que almacenaban información biológica a medida que iba apareciendo. Esto no sólo ha tenido efectos positivos: muchos científicos se quejan de la creciente complejidad que representa encontrar información útil en este «laberinto de datos». (p. 8)

Figura 5. Acceso Integrado a información Biomédica.



Fuente: tomado como referencia de Miguel (2013) pero fue modificado por Acuña, E.

Se necesitan herramientas para gestionar información genética en paralelo, por lo cual utilizar sistema de minería de datos y el Internet de las Cosas, van a simplificar cada uno de estos puntos de esta figura. Para todos los procesos biomédicos se emplean nuevas tecnologías en Data Mining y el Internet de las Cosas para extracción de conocimiento, información relevante y visualización. Se aplican técnicas de Data Mining en el descubrimiento de conocimiento a problemas biológicos y biomecánicos como análisis de datos del Genoma y Proteoma en los seres humanos. La bioinformática y la biomédica, en este sentido, ofrecen la capacidad de comparar y relacionar la información genética en todos sus pasos con una finalidad deductiva, y es capaz de ofrecer unas respuestas que no parecen obvias a la vista de los resultados de los experimentos planteados.

8.6. Estructura metodológica del trabajo

La metodología implementada en este trabajo es la revisión bibliográfica, la cual fue aplicada a temas de investigación en el área de ingeniería Biomédica, implementación de herramientas de minería de datos y las investigaciones de IoT. Todo para determinar la relevancia e importancia de este y asegurar la originalidad de una investigación planteada. Además, permite que otros investigadores del área de biomédica y lo referente a nuevas técnicas en esta ciencia, consulten las fuentes bibliográficas citadas, más el análisis planteado en este trabajo, pudiendo entender y quizás continuar el proyecto realizado para mejorarlo.

Como le define Gómez-Luna (2014): «El trabajo de revisión bibliográfica constituye una etapa fundamental de todo proyecto de investigación y debe garantizar la obtención de la información más relevante en el campo de estudio de un universo de documentos que puede ser muy extenso» (p. 158).

Es importante tener en cuenta que las estrategias de búsqueda, organización y análisis de la información, dentro de cada uno de los artículos, tesis, revistas y otros; permiten tanto la obtención de los documentos de referencia como de un tema de investigación; así como su sistematización y estructuración con el objeto planteado de analizar las principales características del conjunto de documentos bajo el estudio determinado.

Para el proceso de descubrimiento del conocimiento por medio de Minería de Datos, se llevan a cabo los pasos propuestos por Fayyad (1996), quien lo divide en cinco aspectos que son los siguientes: «Definición del almacén de datos, Selección de variables, Preprocesado de datos, Transformación de datos, Minería de Datos y Conocimiento encontrado» (p. 35).

En lo que corresponde al método, este se puede definir, según Brizuela (2021): «Como la forma característica de investigar y determinada por la intención sustantiva y el enfoque que la orienta»

(p.28), es decir, el método marca la forma en cómo se desarrolla cada aspecto de la investigación en función de lo que se quería obtener y del enfoque desde el que se desea investigar.

Se debe tener en cuenta que la información se presenta en multitud de formatos de textos, unos más accesibles al investigador, otros más reconocidos y mejor valorados académicamente que otros, ejemplo de estos escritos son libros, revistas, actas de congresos de esta ciencia, reportes técnicos biomédicos, normas, tesis e Internet.

La propuesta de metodología se compone de tres fases:

8.6.1. Definición del problema

Esta debe ser lo suficientemente claro para el investigador para realizar una búsqueda bibliográfica que responda a las necesidades del trabajo en particular en el área biomédica, y que además aporte al estado de la técnica de implementación del Internet de las Cosas y Data Mining, de manera que conduzca a un escenario bastante amplio y permita la retroalimentación de la propuesta.

8.6.2. Búsqueda de la información

En estos procesos de la investigación bibliográfica se debe contar con material como libros informativos, revistas de divulgación o de investigación científica en toda el área de la biomédica, sitios Web y demás información necesaria para iniciar la búsqueda técnica y profesional.

Lo anterior recordando que una búsqueda bibliográfica debe hacerse desde una perspectiva estructurada y profesional. Cada uno de estos documentos debe tener respaldo científico y estar publicados en revistas indexadas con peso científico y otros.

8.6.3 Organización de la información

Una de las fases de mayor trabajo, ya que es de gran importancia en todo proyecto de investigación, consiste en organizar de manera sistemática la documentación encontrada. Se puede realizar tanto de manera básica como detallada, para que al final puedan analizarse y tomar lo más importante y que tenga coherencia en el trabajo.

8.6.4 Análisis de la información

Una de las últimas fases del proceso es analizar la información ya organizada, indagando sobre las características y que son los documentos más útiles para la temática, tanto en biomédica como en la Data Mining, inteligencia artificial y el Internet de las Cosas.

El análisis de la información es la tarea que toma más tiempo en la investigación bibliográfica, ya que con ella se espera identificar el aporte por realizar en cada uno de los puntos y ver si se alcanzan los objetivos planteados. En esta fase se debe tener un pensamiento crítico y debe ser realizado en paralelo con la primera, dado que es un procedimiento constante en cada uno de los despliegues de la investigación.

Lo expresa muy bien Gómez-Luna (2014) al indicar claramente lo que sigue:

La revisión bibliográfica sobre cualquier tema de investigación, mediante una búsqueda de macros que permita la identificación de los documentos de referencia con el tema de investigación.

Las estrategias de búsqueda, organización y análisis de la información, que permiten tanto la obtención de los documentos de referencia como un tema de investigación, así como su sistematización y estructuración con el objeto de analizar las principales características del conjunto de documentos bajo estudio. (p. 160)

9. Procedimiento de validez del proyecto

Es establecer la estimación de la precisión de un clasificador inducido por algoritmos de aprendizaje supervisado, y es importante tanto para evaluar su futura precisión de clasificación como para elegir un clasificador óptimo de un conjunto dado. Para realizar la validación de este proyecto se buscó un análisis bibliográfico de estructuras similares empleadas en las ciencias biomédicas y la

implementación de la minería de datos. Se estableció un análisis sistemático sobre las propuestas trabajadas en empresas biomédicas en América Latina, como Icumédical, ROCHE, Boston SScientific, PHILIPS y otras de las cuales sus investigaciones son en el área de Impresión 3D, UX/UI, IoT y otros.

Se pueden establecer dos tipos fundamentales de métodos de validación

9.1 Validación simple

Utiliza un conjunto de muestras para construir el modelo del clasificador, y otro diferente para estimar el error, con el fin de eliminar el efecto de la sobreestimación de la investigación.

Un ejemplo, según Ruiz Sánchez (2006) indica lo siguiente:

Entre la variedad de porcentajes utilizados, uno de los más frecuentes es tomar 2/3 de las muestras para el proceso de aprendizaje y el 1/3 restante para comprobar el error del clasificador. El hecho de que solo se utiliza una parte de las muestras disponibles para llevar a cabo el aprendizaje es el inconveniente principal de esta técnica, al considerar que se pierde información útil en el proceso de inducción del clasificador. (p. 23)

9.2 Validación cruzada (Cross-validation)

También conocida como validación cruzada de n particiones. Se plantea para evitar la ocultación o la pérdida de parte de las muestras al algoritmo indispensables de inducción y la consiguiente pérdida de información médica. En ella se dividen los datos disponibles en tantas particiones como indique el parámetro n y se entrena n veces promediando el error de cada prueba e hipótesis de la investigación bibliográfica detallada.

Según Rodríguez Cruz (2016), indica lo siguiente en tal sentido: «El esquema del proceso seguido para una validación 10fold. En general, este es el número de particiones más utilizado» (p. 12), por lo cual es una posible mejora en la utilización de la validación cruzada y es la estratificación que consiste en mantener en cada una de las particiones una distribución de las etiquetas y archivos similar a la existente, en el conjunto de aprendizaje, para evitar una alta varianza en la estimación de cada uno de los artículos.

Rodríguez Cruz (2016) indica que: «Además, es una práctica común repetir la validación cruzada con k particiones un número determinado de veces para hacer más estable la estimación de la precisión» (p. 17).

10. Discusiones y conclusiones

Como punto final en el proyecto se vio demostrado que la Data Minign y la implementación del Internet de las Cosas IoT provee los mecanismos y herramientas como respuesta a la dificultad de resolver problemas en las ciencias de la salud. Con la reevaluación de la información en estas áreas, como la biomecánica, nuevas herramientas y estrategias de productos en la biomédica, la epidemiología de experimentos en las empresas, en productos del desarrollo y la aplicación de las nuevas tecnologías refleja que la minería de datos y el IoT se convierten en una herramienta con muchas potencialidades para sus estudios y proporciona la base teórica y metodológica para la búsqueda de patrones de nuevas tecnologías biomédicas. Potencialmente son útiles porque faciliten diseños de estrategias específicas para cada área de las ciencias biomédicas.

El descubrimiento de patrones mediante las técnicas de minería de datos relacionados con desigualdades socioeconómicas, eventos epidemiológicos, focos de contaminación ambiental y factores de riesgos, permite identificar las regiones donde hay que prestar especial atención en cada uno de los datos.

Para cumplir con los objetivos de la investigación se plantearon algunos argumentos, se presentaron y clasificaron las principales técnicas de la minería de datos y el Internet de las Cosas. A su vez, se describieron y analizaron las características relevantes del IoT. Todo con argumentos científicos de investigaciones anteriores que respaldan cada punto planteado. Luego de ello se profundizaron en la aplicación de estas técnicas a partir de datos obtenidos por dispositivos con tecnología IoT.

Este concepto introduce una nueva manera en la cual los profesionales de la salud, quienes piensan en las enfermedades, con lo cual desarrollan mejor sus funciones, ya que en vez de pensar el mal en

términos de sus síntomas, la medicina personalizada considera sobre la base de las características moleculares que dirigen el padecimiento.

El uso cada vez más frecuente de técnicas de Minería de Datos sobre miles y miles de informaciones relevantes permitirá mejorar la comprensión sobre esos mecanismos moleculares.

En los últimos años, la minería de datos ha experimentado un enorme crecimiento como resultado de los volúmenes de datos que procesan, los sistemas de información biomédica y todo en la parte referida a la salud.

Los éxitos obtenidos en estos tiempos en las ciencias biomédicas han demostrado la necesidad e importancia de este joven y prominente campo de investigación; sin embargo, se requiere mayor estudio a fin de optimizar los métodos empleados en este momento. Por ejemplo, la implementación de minería de datos y el Internet de las Cosas, todo esto en bases de datos orientadas a objetos biométricos y espacios temporales en las ciencias de trasplantes. En sus principios de existencia la minería se enfocaba en la generación de conocimiento a partir de datos temáticos de un área. El estudio de datos especiales en medicina se debería realizarse casi de manera manual en muchos de los procesos de información. En muchos casos este consistía en la observación de mapas, fotografías e imágenes de resonancias.

Las nuevas técnicas permiten aplicar algoritmos diseñados específicamente para datos especializados en cada área de la biomedicina.

Una tecnología emergente como la Data Mining se presenta como una herramienta de mucha aplicabilidad para la exploración y explotación de información de la salud en grandes almacenes de antecedentes, almacenes que se tornan difíciles de explorar con herramientas clásicas de administración de bases de datos. La Data Mining utiliza modelos predictivos en la salud, modelos de segmentación, modelos de agrupamiento y de afinidad sobre el conjunto de datos existentes, lo que permite el manejo y conformación eficiente de la información para presentar datos visuales de gran utilidad en la toma de decisiones, generación de datos estadísticos y otras aplicaciones útiles en la medicina, la biomedicina y empresas especializadas en esta rama.

Referencias

- Acuña Acuña, E. (2022). Análisis del Impacto de las TIC en la Educación Superior en América Latina. *EDUTECH REVIEW. International Education Technologies Review / Revista Internacional De Tecnologías Educativas*, 9(1), 15–29. <https://doi.org/10.37467/gkarevedutech.v9.3277>
- Acuña, A. E. (2022). *Data Mining and Analysis. Guías de modelos y algoritmos de Minería de Datos*. RC.
- Bachelet, V. C. (2012). Publicaciones redundantes en la comunicación biomédica: siguiendo las recomendaciones del ICMJE junto con atender la realidad de nuestra región. *Medwave*, 12(10).
- Blanco Lago, R. (2016). Estudio en la cohorte española de pacientes con síndrome de Wolf Hirschhorn: análisis de la epilepsia en el síndrome y correlación genotipo-fenotipo. *Repositorio Institucional de la Universidad de Oviedo*, 32.
- Boden, M. A. (2017). *Inteligencia artificial*. Turner.
- Brizuela, E. I. (2021). Metodologías para desarrollar Almacén de Datos. *Revista de arquitectura e Ingeniería*, 1-12.
- Burgos, V. (2016). Minería de Datos y Genómica. *Rev. Hosp. Ital.B. Aires*, 36(4), 160-164.
- Guerrero Pupo, J. C., Amell Muñoz, I., & Cañedo Andalia, R. (2004). Tecnología, tecnología médica y tecnología de la salud: algunas consideraciones básicas. *Acimed*, 12(4), 1-1.
- Capurro, D., Soto, M., Vivent, M., Lopetegui, M., & Herskovic, J. R. (2011). Informática biomédica. *Revista médica de Chile*, 139(12), 1611-1616.
- Chaglla Rodríguez, L. E. (2015). *Arquitectura de ejecución de experimentos de minería de datos representado mediante una ontología*. Universidad de Castilla La Mancha.
- Chavarría, T. C. (2017). Herramienta de evaluación de equipos biomédicos automatizados para laboratorios clínicos. *Revista Ingeniería Biomédica*, 7-8.
- Cipriano, M. E. (2022). Criptología liviana en Internet de las Cosas. *Anuario de Investigación USAL*, 8, 4.
- Díaz Duarte, D. (2005). Toma de decisiones: el imperativo diario de la vida en la organización moderna. *Acimed*, 1-1.
- Droz, M. A. (2019). Aplicación de minería de datos e Internet de las Cosas (IoT) para investigaciones agropecuarias sobre artrópodos. In *XXI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2019, Universidad Nacional de San Juan)*, 23.
- Fayyad, U. P.-S. (1996). De la minería de datos al descubrimiento de conocimiento en bases de datos. *Revista AI*, 17(3), 37.
- Febles Rodríguez, J. P. (2002). Aplicación de la minería de datos en la bioinformática. *Acimed*, 69-79.
- Febles Rodríguez, J. P. (2022). Aplicación de la minería de datos en la bioinformática. *ACIMED*, 13-14.
- Fernández, G. P. (2021). Experiencias en gestión de la innovación en salud. *ARANZADI/CIVITAS*, 13-14.
- Gaudlitz, M. (2008). Reflexiones sobre los principios éticos en investigación biomédica en seres humanos. *Revista chilena de enfermedades respiratorias*, 138-139.
- Hernández, S. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana. 13-14.
- Hasperu, W. E. (2021). Procesamiento inteligente de grandes volúmenes de información y de flujos de datos. In *XXIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 1.
- Hernández, E. B. (2008). Bioinformática: una oportunidad y un desafío. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 10(1), 132-138.
- Juan, R. Q. (2011). Redes neuronales artificiales para el procesamiento de imágenes, una revisión de la última década. RIEE&C. *Revista de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Computación*, 7-16.
- Kayser, B. (2007). Higiene y seguridad industrial. . *Atlantic Internacional University*, 23-28.
- Marcano Aular, Y. J. (2022). Minería de Datos como soporte a la toma de decisiones empresariales. *Opcion*, 23(52), 104-118. <https://bit.ly/3GpGxmQ>
- MEDTRONIC. E. (05 de octubre de 2022). *Marcapasos MICRA*. Obtenido de medtronic.com: <https://www.medtronic.com/us-en/patients/treatments-therapies/pacemakers/our/micra.html>
- Miguel, A. M. (2013). Gestión de Seguridad en Entornos de Aplicaciones Biomédicas. *Sociedad Española para el Procesamiento del Lenguaje Natural*, 18-19.
- Molina, G. &. (2012). Técnicas de análisis de datos. Aplicaciones prácticas utilizando Microsoft Excel y Weka. *Universidad Carlos III, Madrid*, 123.
- Morales, F. (2011). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. *Revista Electrónica Educare*, 8-9.

- Morales, E. (2022). Técnicas de análisis de datos. Aplicaciones. *Revista Electrónica Educare*, 38-39.
- Navarro Partida, J. S. (2008). Biología molecular en medicina. *Mensaje bioquímico*, 32, 163-173.
- Núñez, M. (2008). Procesamiento de imágenes en Medicina Nuclear. *Escuela Universitaria de Tecnología Médica. Comité de Tecnólogos de ALASBIMN*, 135-138.
- Ríos Medina, Á. M. (2021). El papel de las Tecnologías móviles de la Información y Comunicación (TIC), en la educación médica. *Re-Pilo Universidad Piloto de Colombia*, 1-2.
- Riquelme José C., R. R. (2006). Minería de Datos: conceptos y tendencias. *Revista Iberoamericana de Inteligencia Artificial*, 11-18. .
- Riquelme Santos, J. C. (2006). *Minería de datos: Conceptos y tendencias*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Rodríguez Cruz, Y. C. (2016). Gestión documental, de información, del conocimiento e inteligencia organizacional: particularidades y convergencia para la toma de decisiones estratégicas. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, 27(2), 206-224.
- Ruiz Sánchez, R. (2006). *Heurísticas de selección de atributos para datos de gran dimensionalidad*. Universidad de Sevilla. Departamento de Lenguajes y Sistemas Informáticos.
- Salazar, J. &. (2016). Internet de las cosas. *Techpedia. České vysoké učení technické v Praze Fakulta elektrotechnická*, 7-9.
- Salazar-Flórez, K. J.-B.-H. (2016). Adquisición de tecnología biomédica en IPS colombianas: comparación y mejores prácticas. *Revista Gerencia y Políticas de Salud*, 88-118.
- Sánchez Álvarez, R. (2021). Clasificación no supervisada de imágenes médicas y minería de datos. Algoritmo S3 vs K-medias. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 4.
- Sánchez, F. M. (1999). BIOINFORMÁTICA Y SALUD. *Unidad de Bioinformática - BIOTIC*, 5-6.
- Santosa, F. &. (2008). Impacto estratégico de la Medicina individualizada. *Instituto Teófilo Hernando. Universidad Autónoma de Madrid*, 12.
- Sarmiento-Ramos, J. L. (2020). Aplicaciones de las redes neuronales y el deep learning a la ingeniería biomédica. *UIS Ingenierías*, 19(4), 1-18.
- Sixto Costoya, A. (2021). La investigación española en Ciencias de la Salud frente al uso compartido de datos: una aproximación cualitativa. *Universitat de València, Servei de Biblioteques*, 27.
- Torres, D. A. (2019). Implementado el marco educativo CDIO utilizando la metodología EBPR, en la asignatura "Internet de las cosas: Aplicaciones en salud". *Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería*, 21.
- Wingender, E. X. (2001). El sistema TRANSFAC sobre la regulación de la expresión génica. *Nucleic Acids Research*, 29(1), 281-283.
- Zanlungo M, S. A. (1999). Molecular medicine: Present and future. *Revista médica de Chile*, 127(8), 982-988. <https://dx.doi.org/10.4067/S0034-98871999000800014>