

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN



APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN DIAGNÓSTICOS DE ENFERMEDADES

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN

AUTOR

JHEINER REAÑO COVEÑAS

ASESOR

JURY YESENIA AQUINO TRUJILLO

<https://orcid.org/0000-0003-1662-6406>

Chiclayo, 2020

Índice

1.	Introducción	3
2.	Metodología	4
2.1.	Preguntas de investigación.....	4
2.2.	Diseño de la estrategia de búsqueda	4
2.2.1.	Términos de búsqueda	4
2.2.2.	Recursos de literatura.....	4
2.2.3.	Proceso de búsqueda	4
2.3.	Selección de trabajos.....	4
2.3.1.	Criterios de inclusión y exclusión.....	5
2.3.2.	Evaluación de la calidad	6
3.	Resultados y discusión.....	6
4.	Conclusiones	8
5.	Referencias.....	8

Aplicación de inteligencia artificial en diagnósticos de enfermedades

Jheiner Reaño Coveñas

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer 855
76733259@usat.pe

Resumen La creciente aplicación de la Inteligencia Artificial (IA) en la salud y la medicina ha atraído un gran interés por la investigación en las últimas décadas. Este estudio tiene como objetivo proporcionar una imagen global e histórica de la investigación sobre la IA en la salud y la medicina. Para ello, fue necesario realizar una revisión sistemática de la literatura de doce trabajos científicos publicados durante los años 2017 – 2020. Se tuvo que realizar la búsqueda de artículos en las siguientes bases de datos: ScienceDirect, Pubmed y ProQuest. Estos resultados fueron filtrados y analizados mediante criterios de inclusión – exclusión y calidad que serán detallados en el desarrollo de este documento. De este estudio se obtuvo un listado de los países que más investigan en esta temática, las principales aplicaciones de inteligencia artificial en diagnósticos de enfermedades, y la evaluación de sus ventajas y desventajas. El resultado fue que el país más investigador en este tema es España, siendo el algoritmo de Vecino más cercano K uno de los más aplicados para identificar enfermedades. Se concluye que el uso de las tecnologías aporta positivamente y de distintas formas en la salud. Este estudio sirve como referencia del estado del arte para futuras investigaciones en este tema.

Palabras claves: *inteligencia artificial, machine learning, diagnóstico de enfermedades, salud*

Abstract The increasing application of Artificial Intelligence (AI) in health and medicine has attracted a great deal of research interest in recent decades. This study aims to provide a global and historical picture of research concerning AI in health and medicine. For this purpose, it was necessary to carry out a systematic review of the literature of twelve scientific works published during the years 2017 – 2020. We had to search for articles in the following databases: ScienceDirect, Pubmed y ProQuest. These results were filtered and analyzed through inclusion – exclusion and quality criteria that will be detailed in the progress of this document. From this study we got a list of the countries that investigate the most in this topic, the main applications of artificial intelligence in disease diagnosis, and the evaluation of its advantages and disadvantages. The result was that the country with the most research on this subject is Spain, the Nearest Neighbor K algorithm being one of the most applied to identify diseases. It is concluded that the use of technologies contributes positively and in different ways to health. This study serves as a state of the art reference for future research on this topic.

Keywords: *artificial intelligence, machine learning, disease diagnosis, health*

1. Introducción

Muchas personas han visto películas de ciencia ficción u oído hablar de ellas, donde la inteligencia artificial (IA) destaca como principal característica. Gracias a estas películas se despierta el interés por esta disciplina ya que se pone en manifiesto a máquinas capaces de razonar e interactuar con seres humanos. Hoy en día nuestra realidad no está muy alejada a esto.

La IA hace que máquinas adquieran las capacidades cognitivas propias de los seres humanos para interactuar con su entorno, tales como percibir, razonar, aprender y sobre todo el dar soluciones a problemas de gran envergadura [1]. Esta definición complementa la brindada por John McCarthy [2], quien describe a IA como la ciencia que se encarga de crear programas de cómputo para convertir a máquinas comunes en inteligentes.

La evolución del campo de la IA en los últimos años ha ido creciendo a pasos agigantados, y por ende el interés por investigar en este campo, pues en sus inicios se buscaba dar solución a juegos que demandaban cierto razonamiento. Hoy en día tenemos que su aplicación va mucho más allá de los juegos. La IA está

cada vez más presente en la vida cotidiana de las personas, cuando se interactúa con diversos dispositivos u objetos que incorporan inteligencia artificial, esta nos ayuda sin darnos cuenta.

La IA ha demostrado ser un ejemplo de innovación tecnológica de propósito general, con una presencia ubicua en las comunicaciones, el marketing, la economía y la industria de la tecnología de la información. Como reflejo de los avances tecnológicos, una mayor disponibilidad de datos y códigos de fuente abierta para los algoritmos, las soluciones de inteligencia artificial han mejorado constantemente, al tiempo que brindan beneficios sin precedentes

IA se ha aplicado en diversas áreas y destaca sobre todo su innovación en el mundo de la medicina. Es aquí donde se encuentra la razón de ser de este artículo. Se desea identificar los campos de la medicina donde se haya tenido una mayor participación de IA. Del mismo modo se desea profundizar y conocer las diversas aplicaciones que ha tenido la IA en los diagnósticos de enfermedades y poder identificar las técnicas que se han usado en las mismas. Con esta información se podrá

determinar los campos de medicina poco explorados y con qué técnicas de IA podrían ser abordados.

Enrique Perezyera [3] afirma que esta tecnología de IA data ya desde los años 50 pero no es hasta la década de los 70 que este concepto se consolida expandiéndose a diversas áreas ya que se desarrollan los tres factores cruciales: big data, cloud computing y el aprendizaje automático. Hoy en día tenemos que su aplicación en medicina está orientada en muchos casos en el diagnóstico de enfermedades, tal es el caso de las diabetes, un grupo de estudiantes de la Universidad Federal de Rio Grande del Sur de Brasil [4]

El objetivo principal de este estudio es inspeccionar las diferentes aplicaciones de las técnicas propuestas por la IA y poder determinar cuál es la tendencia en los diagnósticos de enfermedades en el área de medicina, para llegar a conclusiones sobre. Para ello, este trabajo se organiza de la siguiente manera, En la segunda sección se describe la metodología utilizada, desarrollada tras plantear la pregunta de investigación. Posteriormente se realiza la selección de trabajos y un análisis de los datos que darán lugar a los resultados y discusión de los mismos. Por último, se presentan las principales conclusiones.

2. Metodología

Este estudio se ha realizado como una revisión sistemática de la literatura basada en las directrices originales propuestas por Kitchenham et al [5]. En este caso, el objetivo de la revisión es evaluar investigaciones relacionadas con la aplicación de técnicas de IA en diagnósticos médicos. Se ha desarrollado un protocolo de revisión que contiene las siguientes etapas: preguntas de investigación, proceso de búsqueda, criterios de inclusión y exclusión y la evaluación de la calidad. Que a continuación se detallan.

2.1. Preguntas de investigación

Con el fin de tener una guía y orientación de la búsqueda y elección de las investigaciones que serán analizadas en el presente artículo se han planteado las siguientes preguntas de investigación (PI) que tienen como base el formato propuesto por Velásquez [6].

- PI1 ¿Cuáles son los países que más investigan sobre la aplicación de inteligencia artificial en diagnósticos de enfermedades?
- PI2 ¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial actualmente aplicadas en los diagnósticos de enfermedades?
- PI3 ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de aplicar inteligencia artificial en el sector médico?

2.2. Diseño de la estrategia de búsqueda

Esta sección se abarcará los ítems descritos por Wen et al [7], los cuales son los siguientes: los términos de búsqueda, recursos de literatura y el proceso de búsqueda. La búsqueda se realizó durante los meses de octubre y noviembre del año 2020.

2.2.1. Términos de búsqueda

Para el proceso de búsqueda de artículos se definieron algunos términos relacionados con el tema de investigación, siendo estas: técnicas de inteligencia artificial y diagnóstico médico.

En cada una de las bases de datos se procedió a realizar una búsqueda avanzada, esto debido a que en cada repositorio los términos de búsqueda no aparecen de manera explícita, por ello se han planteado 2 grupos de búsqueda: uno relacionado con las técnicas de inteligencia artificial y otro con los diagnósticos médicos. Cada grupo contiene los términos claves que además se complementaron con términos relacionados. Se aplicaron los mismos términos de búsqueda (TB en adelante) y conectores a todas las bases de datos. A continuación, en la tabla I, se presentan a detalle los TB.

Tabla I: Términos de búsqueda.

Abreviatura	Término de búsqueda
TB1	"inteligencia artificial" AND "diagnóstico médico"
TB2	"machine learning" AND "diagnóstico de enfermedades"
TB3	"red neuronal artificial" AND "salud" AND "diagnóstico"

2.2.2. Recursos de literatura

Los artículos analizados proceden de bases de datos con acceso libre tales como ScienceDirect (BD1 en adelante) y Pubmed (BD2 en adelante); y también con acceso universitario, como es el caso de ProQuest (BD3 en adelante). Estos repositorios, fueron seleccionados por su accesibilidad y por la cantidad de resultados brindados con los términos de búsqueda que se detallaron en la sección anterior.

2.2.3. Proceso de búsqueda

Con el propósito de conocer la situación de la temática tratada en esta investigación se procedió a realizar la búsqueda con los TB (en todos los campos) en cada una de las bases de datos, los resultados fueron los siguientes: en ScienceDirect se encontraron un total de 9 artículos; en Pubmed, 5; y en ProQuest, 145. Detalles de esta búsqueda sin filtro realizada el 30 de octubre de 2020 se muestran en la tabla II.

Tabla II: Resultados de primera búsqueda.

Base de datos	TB1	TB2	TB3	Sub total
BD1	5	2	2	9
BD2	3	1	1	5
BD3	116	21	8	145
Total				159

2.3. Selección de trabajos

Con la finalidad de recopilar los trabajos más relevantes y beneficiosos se eligió la revisión sistemática, posteriormente se procedió a aplicarles los determinados filtros designados según la base de datos examinada, los criterios de inclusión y exclusión,

además de la evaluación de la calidad a través de los criterios de calidad

2.3.1. Criterios de inclusión y exclusión

Para los resultados arrojados en la primera se decidió considerar publicaciones científicas de tipo artículo de investigación. Con el fin de encontrar soluciones que puedan servir en nuestro contexto, no se descartaron aquellos artículos que estén en un idioma distinto al español. Luego, para verificar que las investigaciones no sean demasiado antiguas, se definió un rango de fechas el cual abarca desde el año 2016 hasta el año 2020. También, para el fácil acceso a la información, se escogieron aquellas investigaciones que presentaron acceso completo a todo el documento. Se incluyen también solo aquellos cuya temática sea la aplicación de inteligencia artificial en el sector médico.

Se excluyeron aquellos artículos que no cumplen con los criterios de inclusión y que están duplicados en la misma base de datos o en otra de las bases de datos usadas. Se consideró también que era prudente excluir aquellos cuya extensión es menor a cinco páginas. Los criterios de inclusión y exclusión se aplicaron en las tres bases de datos y el resumen de ellos está en la tabla III.

Tabla III: Criterios de inclusión y exclusión.

	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
De las bases de datos	-CI1: Año de publicación: 2017 – 2020 -CI2: Tipo de documento: artículo	-CE1: Artículos publicados fuera del rango establecido -CE2: Tipo de documento: distinto a artículo.
De Lectura	-CI3: Idioma: cualquiera -CI4: Acceso: libre -CI5: Temática: aplicación de inteligencia artificial en sector médico. -CI6: Artículos de más de 5 páginas	-CE3: Temática no centrada con el de esta investigación. -CE4: Artículos de menos de 5 páginas -CE5: Artículos duplicados

Es necesario aclarar que algunas opciones de inclusión y exclusión varían en las bases de datos: en ProQuest (BD3) fue necesario el ingreso de la fecha exacta (2014-01-01 a 2018-12-31), mientras que en las otras dos bases de datos se tenía la opción de ingreso del año. Además, para acceder a artículos libres (CI4) en la BD3 se marcó la opción de “Texto completo”, mientras que la opción marcada en la BD2 fue “Free full text”; cabe mencionar que este criterio no fue aplicado en la BD1.

A continuación, se muestran en las siguientes 3 tablas los resultados de las búsquedas aplicando los criterios ya mencionados en cada una de las bases de datos.

Tabla IV: Resultados aplicando criterios: ScienceDirect.

BD1 TB	ScienceDirect				Sub total
	CI1	CI2	CI3	CI4	
"inteligencia artificial" AND "diagnóstico médico"	X	X	X		1
"machine learning" AND "diagnóstico de enfermedades"	X	X	X		1
"red neuronal artificial" AND "salud" AND "diagnóstico"	X	X	X		1
Total					3

Tabla V: Resultados aplicando criterios: Pubmed.

BD2 TB	Pubmed				Sub total
	CI1	CI2	CI3	CI4	
"inteligencia artificial" AND "diagnóstico médico"	X	X	X	X	1
"machine learning" AND "diagnóstico de enfermedades"	X	X	X	X	1
"red neuronal artificial" AND "salud" AND "diagnóstico"	X	X	X	X	1
Total					3

Tabla VI: Resultados aplicando criterios: ProQuest.

BD3	ProQuest				Sub total
	CI1	CI2	CI3	CI4	
TB					
"inteligencia artificial"	X	X	X	X	12
AND					
"diagnóstico médico"					
"machine learning"	X	X	X	X	10
AND					
"diagnóstico de enfermedades"					
"red neuronal artificial"	X	X	X	X	2
AND "salud"					
AND					
"diagnóstico"					
Total					24

Después del filtrado, se obtuvieron tres artículos de la base de datos ScienceDirect, tres artículos de la base de datos Pubmed y veinticuatro de la base de datos ProQuest, haciendo un total de treinta artículos, como se detalla en la tabla VII. Estos treinta artículos pasaron al filtrado manual, leyendo el resumen y las conclusiones de cada uno para asegurarnos que cumplan con los últimos criterios de inclusión y exclusión (CI5, CI6, CE3, CE4 y CE5). Luego de esta labor quedaron diecisiete (17) artículos a los cuales medimos mediante los criterios de calidad, como se explica en el apartado siguiente.

Tabla VII: Resultados de búsqueda con aplicación de criterios.

Base de datos	TB1	TB2	TB3	Sub total
BD1	1	1	1	3
BD2	1	1	1	3
BD3	12	10	2	24
Total				30

2.3.2. Evaluación de la calidad

Los estudios recopilados obtenidos fueron variados, desde estudios de casos, encuestas, teóricos, entre otros. Para evaluar la calidad de los diferentes estudios, siguiendo a Kitchenham [5] y Sánchez [8]

se utilizó un conjunto genérico de preguntas para evaluar la relevancia, y así poder hacer la última selección de los artículos con lo que se trabajará. Este instrumento de calidad fue desarrollado por Dybå [9] en su revisión sistemática sobre ingeniería de software, y es aplicable a la mayoría de los estudios.

Se determino la calidad de cada investigación de acuerdo a ocho criterios diferentes recogidos en la tabla VIII. Cada una de las preguntas tenía tres respuestas opcionales: "Si", "parcialmente" y "no". Para asignar una puntuación a las respuestas anteriores se tomó como referencia el trabajo elaborado por Wen [7] en donde se asignó 1 = "Si", 0.5 = "parcialmente", y 0 = "no". La evaluación de calidad de los artículos se calculó sumando las

puntuaciones de las respuestas a los criterios previamente definidos.

Cabe mencionar que solo se consideraron aquellos artículos con calidad aceptable, es decir, con una puntuación de calidad superior a cuatro (4), que representa más del 50% de ocho (8) que es la puntuación más alta que se puede alcanzar, para luego realizar el análisis (extracción y síntesis) de datos. Es así como, tras la aplicación de los criterios de calidad, se pudo recopilar un total de trece (13) artículos finales. El proceso de selección de artículos, de acuerdo a los criterios aplicados, se puede apreciar en la figura 1.

3. Resultados y discusión

A continuación, en la tabla IX se presentan los artículos con los que se trabajó en esta investigación y estos se encuentran agrupados por la pregunta de investigación (PI) a la que responden.

Tabla IX: Resultados de búsqueda con aplicación de criterios.

PI	Artículos	Total
PI1	[10], [11], [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22]	13
PI2	[14], [15], [16], [17], [18], [19], [20], [22]	8
PI3	[10], [11], [13], [14], [16], [21], [22]	7

Se puede ver que en los trece artículos encontramos la el país en el cual se desarrolló la investigación. Ocho artículos del total mencionan la o las técnicas de inteligencia artificial que son aplicadas en los diagnósticos médicos. Finalmente, siete de los trece artículos seleccionados mencionan las ventajas de la aplicación de inteligencia artificial en el sector médico.

Se procede ahora a responder a las preguntas de investigación.

PI1 ¿Cuáles son los países que más investigan sobre la aplicación de inteligencia artificial en diagnósticos médicos?

Para resolver esta pregunta se buscó de qué país provenía cada artículo, para después agruparlos como se puede apreciar en la figura 2, la cual detalla gráficamente la información recogida.

Tabla VIII: Criterios de calidad.

No.	Pregunta	Autor
CC1	¿Nos encontramos ante un estudio empírico?	Dybå [9]
CC2	¿Están los objetivos de la investigación claramente definidos?	Dybå [9]; Kitchenham [5]
CC3	¿Existe una descripción adecuada del contexto en el que se llevó a cabo la investigación?	Dybå [9]; Kitchenham [5]
CC4	¿El método o metodología de investigación fue apropiado para abordar los objetivos de la investigación?	Kitchenham [5]
CC5	¿Fue el análisis de datos suficientemente riguroso?	Kitchenham [5]
CC6	¿Están claramente definidos los resultados de la evaluación?	Kitchenham [5]
CC7	¿Se analizan explícitamente las limitaciones del estudio?	Wen [7]
CC8	¿Es el estudio de valor para la comunidad científica y la comunidad empresarial?	Wen [7]; Kitchenham [5]

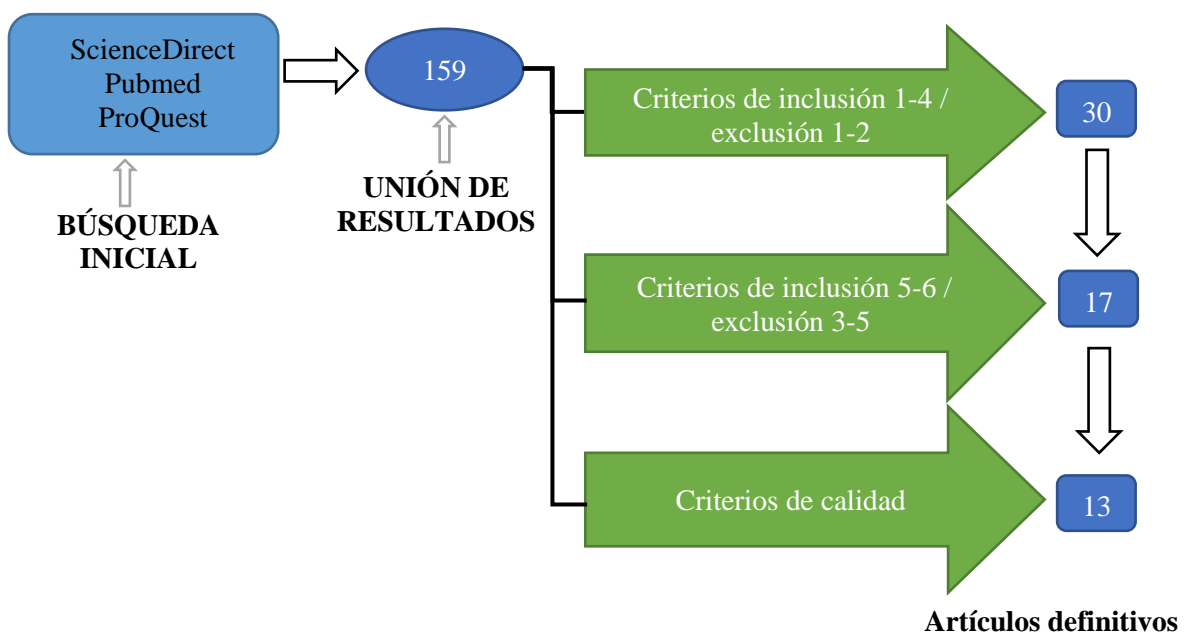


Figura 1: Proceso de búsqueda de artículos definitivos.

De esta forma encontramos que el país que más investiga en este campo es España, con un total de cinco artículos. Los siguientes países que investigan sobre la aplicación de inteligencia artificial en diagnósticos médicos son Colombia y Brasil. Así mismo, se encontraron artículos procedentes de México, Portugal, Suiza y Ecuador.



Figura 2: Investigaciones de aplicaciones de IA por país.

PI2 ¿Cuáles son las técnicas de inteligencia artificial actualmente aplicadas en los diagnósticos médicos?

Entre las principales aplicaciones de inteligencia artificial encontramos a las Máquinas de Vector de Soporte (SVM) las cuales en [18] fue empleadas para diagnosticar enfermedades del corazón. Este mismo tipo de aplicación es mencionada en [19] la cuál es adicionalmente comparada con otras aplicaciones tales como: Análisis discriminante lineal (LDA), Vecino más cercano K (KNN) y Red neuronal (NN). El algoritmo de KNN también fue empleado para la detección de enfermedades foliares mediante técnicas de procesamiento de imágenes, en esta investigación Pamplona et al. [20] alcanzó una precisión del 96%. Otra aplicación de IA son las técnicas de agrupación basadas en modelos [14], en donde era necesario aplicar estas técnicas ya que lo que buscaban los autores era una simulación 3D del funcionamiento del cerebro humano para tomar decisiones.

Según Arias [15] en su investigación manifiesta la gran demanda que está teniendo la IA en la identificación de anomalías, especialmente la puesta en práctica de Máquinas Restrictivas de Boltzmann (RBM), Redes Neuronales Convolucionales y Algoritmos de propagación hacia atrás. En [22] manifiestan la contribución de IA gracias a Mapa Auto-organizado (SOM) y finalmente Eyva [16] agrega una nueva aplicación de IA, denominada lógica neutrosófica, la cual tiene su base en la lógica de predicados.

PI3 ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de aplicar inteligencia artificial en el sector médico?

Para responder esta pregunta fue necesario leer los resultados que se presentaban en cada trabajo de investigación. Encontramos ventajas en el uso de inteligencia artificial en diagnósticos de enfermedades y los autores citados coinciden en algunas de ellas es por ello que se decidió agruparlas. El resumen de estas se encuentra en la tabla X. Cabe mencionar que las ventajas no fueron redactadas en los artículos analizados, por lo que es un campo de investigación para que nuevos autores ahonden en estas desventajas y las manifiesten en un futuro.

Tabla X: Ventajas de aplicación de IA.

Artículo	Ventaja
[10], [11]	Cambio de Flujo de trabajo
[10], [13], [14]	Mejora de eficiencia
[10], [16]	Refinamiento del manejo de datos
[13]	Mayor precisión: especificidad y sensibilidad
[16]	Servicio más efectivo
[21]	Apoyo al personal
[22]	Mejor análisis y comprensión de datos

4. Conclusiones

Durante el desarrollo de esta investigación se buscó conocer el estado del arte de las tecnologías usadas en la educación musical. Para ello se plantearon cuatro preguntas de investigación

que nos guiaron a una búsqueda y revisión de artículos afines con nuestro objetivo. Una vez encontrados se pudo responder nuestras preguntas de investigación llegando a las siguientes conclusiones:

- El país más investigador en esta temática es España, y por ende, se le puede tomar como referentes o guías a los artículos provenientes por de este país cuando se desee implementar soluciones que involucren la aplicación de inteligencia artificial en el diagnóstico de enfermedades.
- Las principales aplicaciones de inteligencia artificial en sector salud van desde la lógica de predicados hasta algoritmos complejos como el de redes neuronales convoluciones, el algoritmo del vecino más cercano k, entre otras técnicas encontramos las máquinas de vector de soporte, las máquinas Restrictivas de Boltzmann. Finalmente, también encontramos a los mapas autoorganizados.
- Podemos notar muchas ventajas en la aplicación de inteligencia artificial en diagnósticos de enfermedades. El beneficio es tanto para el especialista como para los mismos pacientes. Se destaca la automatización y eficiencia de los procesos tras haber implantado una técnica de IA. Durante este análisis no se encontraron desventajas de manera explícita, por lo que se sugiere a nuevos investigadores abordar este punto, si en caso existiesen tales desventajas.

5. Referencias

- [1] S. Russell y P. Norvig, *Artificial Intelligence : A Modern Approach*, Malaysia: Pearson Education Limited, 2016.
- [2] J. McCarthy, «Professor John McCarthy,» 12 Noviembre 2007. [En línea]. Available: <http://jmc.stanford.edu/articles/whatisai/whatisai.pdf>. [Último acceso: 15 Octubre 2020].
- [3] E. Perezysa, «Alto Nivel,» 9 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.altonivel.com.mx/opinion/por-que-2019-es-crucial-para-la-inteligencia-artificial/>. [Último acceso: 29 Octubre 2020].
- [4] A. Olivera y V. Roesler, «Comparison of machine-learning algorithms to build a predictive model for detecting undiagnosed diabetes – ELSA-Brasil: accuracy study,» *Revista médica de Sao Paulo*, vol. 135, n° 3, pp. 234-246, 2017.
- [5] B. Kitchenham, P. Brereton, D. Budgen, M. Turner, J. Bailey y S. Linkman, «Systematic literature reviews in software engineering – A systematic,» *Information and Software Technology*, vol. 51, n° 8, pp. 7-15, 2009.
- [6] J. Velásquez, «Una Guía Corta para Escribir Revisiones Sistemáticas de Literatura Parte 3,» *Dyna*, vol. 82, n° 189, pp. 9-12, 2014.
- [7] J. Wen, Z. Lin, Y. Hu y C. Huang, «Systematic literature review of machine learning based software development effort estimation models,» *Information and Software Technology*, vol. 54, n° 1, pp. 41-59, 2012.
- [8] A. Sánchez, N. Grégory y Y. Le, «A Systematic Review on the Engineering of Software for Ubiquitous Systems,» *The Journal of Systems & Software*, vol. 118, pp. 251-274, 2016.

- [9] T. Dybå y T. Dingsøy, «Empirical studies of agile software development: A systematic review,» *Information and Software Technology*, vol. 50, pp. 833-859, 2008.
- [10] F. Loncaric, O. Camara, G. Piella y B. Bijmens, «La integración de la inteligencia artificial en el abordaje clínico del paciente: enfoque en la imagen cardiaca,» *Revista Española de Cardiología*, 2020.
- [11] A. Gámez, M. Serrano, D. Gallego, A. Vilas y B. Pérez, «New and potential strategies for the treatment of PMM2-CDG,» *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, vol. 1864, 2020.
- [12] C. Ruiz, J. March-Amengual, G. Reches, S. Ventura y J. Queraltó, «Una aplicación app para el diagnóstico de los micetismos,» *Revista del Laboratorio Clínico*, vol. 12, pp. 121-127, 2019.
- [13] M. Barriga, P. Sánchez, M. Baranera y M. Mediktor, «A new artificial intelligence tool for assessing symptoms in patients seeking emergency department care: the Mediktor application,» *Revista de la Sociedad Española de Medicina de Emergencias*, vol. 29, nº 6, p. 391–396, 2017.
- [14] S. Luengo, I. Fernaud, C. Bielza, R. Benavides, P. Larrañaga y J. DeFelipe, «3D morphology-based clustering and simulation of human pyramidal cell dendritic spines,» *PLoS computational biology*, vol. 14, nº 6, 2018.
- [15] V. Arias, J. Salazar, C. Garicano, J. Contreras y G. Chacón, «Una introducción a las aplicaciones de la inteligencia artificial en Medicina: Aspectos históricos,» *Revista Latinoamericana De Hipertension*, vol. 14, nº 5, pp. 590-600, 2019.
- [16] M. Leyva, S. Frentin y R. Jesús, «Artificial intelligence: challenges, perspectives and neutrosophy role. (Master Conference),» *Dilemas Contemporáneos : Educación, Política y Valore*, vol. I, 2018.
- [17] G. Gusso, «The International Classification of Primary Care: capturing and sorting clinical information,» *Ciência & Saúde Coletiva*, vol. 25, nº 4, 2020.
- [18] C. Gutierrez-Ardila, J. Cubillos-Calvachi, J. Piedrahita-Gonzalez, C. Montenegro-Marín y P. Gaona-García, «Sistema IOT para el auto-diagnóstico de enfermedades del corazón usando la evaluación matemática de la dinámica cardiaca basada en la teoría de la probabilidad,» *Revista Ibérica De Sistemas e Tecnologías De Informação*, pp. 1-10, 2019.
- [19] I. C. Muñoz, A. M. Hernández y M. Á. Mañanas, «Estimation of Work of Breathing from Respiratory Muscle Activity In Spontaneous Ventilation: A Pilot Study,» *Applied Sciences*, vol. 9, nº 10, 2019.
- [20] L. Pamplona, A. Calvo y A. Bejarano, «Detection of foliar diseases using image processing techniques 1,» *Revista Ceres*, vol. 67, nº 2, pp. 100-110, 2020.
- [21] E. Monteforte, «Technical Bases as an Expression of Human Knowledge Development: Means of Production, Labour-Process and Forms of Consciousness,» *Ensayos De Economía*, vol. 28, nº 52, pp. 127-150, 2018.
- [22] F. J. Abarca-Alvarez, F. S. Campos-Sánchez y R. Reinoso-Bellido, «Metodología de ayuda a la decisión mediante SIG e Inteligencia Artificial: aplicación en la caracterización demográfica de Andalucía a partir de su residencia,» *Estoa*, vol. 6, nº 11, pp. 33-51, 2017.