Tendencias de adopción de inteligencia artificial en la salud en Barranquilla

C. Gonzalez Mesa, C. Pabon Pertuz, K. Acuña Arevalo, J. Lozano Vergara,
V. Quintero Mendez *

Resumen

Las aplicaciones de Inteligencia Artificial se han multiplicado en los últimos años a través de todos los sectores de la actividad humana. En el sector salud este crecimiento no ha sido menos intenso o diverso, pero no hay suficiente información sobre el ritmo y orientación de estas tecnologías en el Atlántico. Esta investigación buscó caracterizar la evolución de esas tecnologías, haciendo énfasis en los casos locales, así como caracterizar, tanto la adopción de ellas en Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, como la relación existente entre esa tendencia de adopción y la evolución de los proyectos de investigación por parte de Centros y Grupos de Investigación regionales. La reducida cantidad de Instituciones e Investigadores directamente relacionados con el tema obligó a la producción de datos primarios a través de una encuesta complementaria diseñada para esos dos grupos de actores. Del análisis de esa información se concluye que hay una clara preferencia por aplicaciones de I.A. en el área de diagnóstico, tanto histórica, como en el futuro previsible a cinco años, tanto en las Instituciones como en los Investigadores. En el caso de estos últimos, esa tendencia ha sido orientada desde las prioridades nacionales definidas por las entidades financiadoras de proyectos de Investigación, lo que puede ser una ventaja, al estimular el crecimiento coherente de estas tecnologías a nivel nacional, pero a la vez un riesgo si cambios en el gobierno central reorientan esas prioridades y afectan el financiamiento de este tipo de proyectos.

Carlos Mario Gonzalez Meza. Estudiante de últimos semestres de Ingeniería de Sistemas en la Universidad Simón Bolívar, con experiencia en planeación, liderazgo y gestión de proyectos educativos e investigativos; con interés en desarrollo móvil y manejo de bases de datos. Ingeniero de sistemas en formación, Universidad Simón Bolívar. carlosmgomez@gmail.com

Carlos Manuel Pabón Pertuz. Desarrollador de software, Sophos Solutions Ingeniero de sistemas en formación, Universidad Simón Bolívar. carlos24sx3@gmail.com.

Kevin Manuel Acuña Arevalo, Desarrollador de software, Universidad Simón Bolívar. Ingeniero de sistemas en formación, Universidad Simón Bolívar. kevin1201959@gmail.com

Juan José Lozano Vergara. Ingeniero de sistemas en formación, Universidad Simón Bolívar. Juxsan301@gmail.com

** Vladimir Quintero Méndez. Tutor del Proyecto*

El procesamiento de información aparece como segunda tendencia, de nuevo histórica y proyectada. Esta aplicación de I.A. puede abrir la puerta al ingreso del Sector Público, hoy ausente, al universo de usuarios de I.A. a través de una estrategia no tan costosa como la de equipos de tratamiento, pero sin duda muy eficiente para las estrategias de Salud Pública.

Abstract

Artificial Intelligence applications have multiplied in recent years across all sectors of human activity. In the health sector this growth has not been less intense or diverse, but there is not enough information on the pace and orientation of these technologies in the Atlantic. This research sought to characterize the evolution of these technologies, with emphasis on local cases, as well as to characterize both the adoption of these technologies in Health Service Providing Institutions and the relationship between this adoption trend and the evolution of research projects by regional Research Centers and Groups. The small number of Institutions and Researchers directly related to the topic made it necessary to produce primary data through a complementary survey designed for these two groups of actors. From the analysis of this information, it can be concluded that there is a clear preference for A.I. applications in the diagnostic area, both historically and in the foreseeable future in five years, both in the Institutions and in the Researchers. In the case of the latter, this trend has been oriented from the national priorities defined by the entities financing research projects, which can be an advantage, by stimulating the coherent growth of these technologies at the national level, but at the same time a risk if changes in the central government reorient these priorities and affect the financing of this type of projects. Information processing appears as a second trend, again historical and projected. This application of A.I. can open the door to the entry of the Public Sector, today absent, to the universe of A.I. users through a strategy not as costly as that of treatment equipment, but undoubtedly very efficient for Public Health strategies.

Palabras claves:

- Inteligencia artificial
- Tecnología en Salud

- Medicina
- Machine Learning
- Redes Neuronales
- Aplicaciones de IA

Keywords

- Artificial intelligence
- Health technology ● Medicine
- Machine Learning
- Neural Networks
- AI applications

INTRODUCCIÓN:

Este artículo informa sobre el uso de inteligencia artificial en el sector salud y sus tendencias de adopción en Barranquilla. Cuando recién se habló de inteligencia artificial (IA), Alan Turing considerado uno de los pioneros, en los últimos 86 años define IA como la capacidad que tiene una máquina desde un enfoque interactivo para comprender, razonar y aprender por funcionamiento lógico de instrucciones previamente programadas, para realizar una actividad o solucionar un problema. La aplicación de inteligencia artificial en la salud ha permitido mejorar la atención médica, hacer efectivos diagnósticos, detección y tratamiento de las enfermedades, lo que garantiza una mejoría integral en la prestación de los servicios de salud.

El artículo está estructurado en las siguientes secciones:

Marco de referencia. Se da entrada al concepto de IA desde sus antecedentes, ya que dichos aportes marcaron el camino e inspiraron a las siguientes generaciones al estudio de este concepto y sus derivados. Se resaltan algunos avances significativos desde conceptos básicos y avances clásicos de la inteligencia artificial. El marco de referencia también ofrece los soportes teóricos en los que se basó esta investigación.

Metodología. Especifica los componentes que integran el método, proceso y etapas, desarrollados para obtener los resultados de la investigación, así como las herramientas y estrategias diseñadas para recuperar y analizar la información.

Resultados. Presentación de los resultados de la investigación a partir del análisis de la información y del cumplimiento de los objetivos programados.

Conclusiones y Recomendaciones. Presenta el resultado del análisis de la información, utilizando en los aspectos en los que se enfocó la investigación y propone componentes que se pueden trabajar en investigaciones futuras.

Referencias. Presenta las diferentes fuentes de información secundarias que se sustentan los argumentos, teorías del artículo.

MARCO REFERENCIAL

Antecedentes

La historia de la inteligencia artificial, dícese que esta empezó a emerger en los años antes de cristo, junto con la aparición de algunos grandes matemáticos como los fueron Arquimedes y Herón de Alejandría, ya que sus inventos usaban automatismos y estos daban pie al inicio de lo que hoy llamamos inteligencia artificial. En esta época, la

Inteligencia artificial (IA) tuvo más presencia en la literatura que en la ciencia y una evidencia de esto es “La ilíada”, donde se habla sobre dos robots femeninos que tenían inteligencia y podían caminar.

Tiempo después en la Edad Media aparecen los primeros autómatas, muñecos capaces de jugar al ajedrez.[1].

En 1842, la matemática y pionera de la informática, Ada Lovelace, programó el primer algoritmo destinado a ser procesado por una máquina”, está especuló que la máquina “podría actuar sobre otras cosas además de los números... el motor (la máquina) podría componer piezas musicales elaboradas y científicas de cualquier grado de complejidad o extensión”[2]. Luego a partir del modelo matemático de la máquina de Turing, desarrollado por el británico Alan Turing en 1936, “inspiró la creación de los primeros prototipos de computadoras del siglo XX y lo convirtió en pionero y fundador de la rama de la Inteligencia Artificial (IA)”[3]

Un gran aporte dado por Warren McCulloch (Neurólogo) y Walter Pitts(lógico) ("A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity", Bulletin of Mathematical Biophysics, 1943, 5, pp 115-133) en [4]. Este trabajo presentaba un modelo idealizado y muy simplificado de redes neuronales en el que las neuronas se trataban como "cajas negras", es decir, como elementos de los que se ignoraba su funcionamiento pero se sabía qué respuesta proporcionaban a un estímulo determinado. Estos estímulos y respuestas se enumeraban y codificaban mediante reglas matemáticas que permitían un procesamiento general de la información del sistema como un conjunto regulado.[4] Estos dos últimos aportes marcaron el camino e inspiraron a las siguientes generaciones. Hoy en día la inteligencia artificial está presente en la mayoría de los sectores, entre ellos el de la salud, la Universidad Simón Bolívar ha aportado con algunas de sus más recientes investigaciones en este campo las cuales son:

Sahli: “creado por MacondoLab de Unisimón y Clinica Oftalmologica del Caribe (Cofca), es una plataforma basada en inteligencia artificial para la lectura de exámenes de retina, que ayuda oftalmólogos especialistas quienes necesitan realizar lectura de cada imagen por cada ojo de cada paciente, disminuyendo así, el tiempo empleado en la lectura de exámenes y agilizando la entrega de resultados.”[5]

PATRii: “MacondoLab y Cofca también presentaron la Plataforma Autónoma con Tecnología para Redacción e Interpretación de Imágenes (PATRii), esta es una plataforma basada en inteligencia artificial para la lectura de exámenes de glaucoma por campimetría que, ayuda a los oftalmólogos especialistas en la lectura de imágenes por

cada ojo de cada paciente, disminuyendo así, el tiempo empleado en la lectura de exámenes y agilizando la entrega de resultados”[6]

Mary: “Software que ayuda a diagnosticar depresión y ansiedad en personas, producto del trabajo con el médico Isaac Kuzmar, PhD. en Ciencias de la Salud y profesor investigador de Unisimón.”[7]. ” Mary establece una conversación con su interlocutor en el que le hace preguntas sobre temas cotidianos...Identifica las respuestas negativas y positivas, y las guarda en su sistema. Después, aplica un test basado en la Escala de Ansiedad y Depresión de Goldberg para determinar en pocos minutos si el paciente es propenso a la ansiedad o a la depresión, o si por el contrario no padece ningún trastorno mental”.[8]

Soporte Teórico

A continuación, se plantean algunos de los conceptos claves que definen el ámbito de la investigación propuesta.

Qué es Inteligencia Artificial

Es la capacidad de un sistema para interpretar correctamente datos externos, para aprender a partir de dichos datos, y utilizar esos aprendizajes para lograr objetivos específicos.

Que es una Tendencia tecnológica:

Se entiende por tendencia tecnológica a las últimas innovaciones y desarrollos en el campo de la tecnología. Estas tendencias pueden incluir nuevos productos, servicios, procesos o metodologías.

Que es un Chatbot:

Es un programa informático que simula y procesa conversaciones humanas (ya sea escritas o habladas), permitiendo a los humanos interactuar con dispositivos digitales como si se estuvieran comunicando con una persona real[9]

Que es una máquina de vectores de soporte (SVM):

Es un algoritmo de aprendizaje automático supervisado que se puede usar para desafíos de clasificación o regresión[10]

Qué es una historia clínica electrónica(EHR):

Este software da seguimiento a todo el ciclo del paciente y hace que cualquier persona que sea responsable de dicho paciente tenga la capacidad de trabajar coordinadamente.[11]

Que es Boosting:

El boosting es un método utilizado en el machine learning para reducir los errores en el análisis predictivo de datos[12]

Que es un algoritmo genético(GA):

Es una técnica de programación inspirada en la reproducción de los seres vivos y que imita a la evolución biológica como estrategia para resolver problemas de optimización.[13]

Que es optimización por enjambre de partículas(PSO):

Es una técnica de inteligencia artificial (AI) que se puede utilizar para encontrar soluciones aproximadas sumamente difícil o imposible numérico maximización y minimización de los problemas.[14]

¿Cuáles son las ramas de la inteligencia artificial más involucradas en proyectos de la salud?

Aprendizaje automático (Machine Learning, ML):

- Su objetivo es desarrollar técnicas que permitan a las computadoras aprender. De forma más concreta, se trata de crear programas capaces de generalizar comportamientos a partir de una información no estructurada suministrada en forma de ejemplos. Es por lo tanto, un proceso de inducción del conocimiento. En muchas ocasiones el campo de actuación del Aprendizaje Automático se solapa con el de la Estadística[15].
- Se utiliza frecuentemente en detección del progreso de tumores y formulación de diagnósticos.

Visión artificial:

- Esta rama se dedica al desarrollo de sistemas capaces de interpretar imágenes y extraer información de ellas de forma similar a como lo hace el ojo humano. Esta

rama suele utilizarse en proyectos relacionados a la interpretación de imágenes radiológicas.

Procesamiento del lenguaje natural:

- Es un campo de la inteligencia artificial y la lingüística computacional dedicado al estudio de los métodos y técnicas para el tratamiento automático de datos lingüísticos.
- La finalidad del procesamiento del lenguaje natural es permitir que las máquinas "entiendan" el lenguaje humano de manera tal que puedan realizar tareas como el reconocimiento de voz o el análisis de texto. Un ejemplo de una aplicación de esta rama es un Chat-Bot como el que se usa para ayudar al usuario a tratar situaciones de depresión.

METODOLOGÍA:

Los objetivos establecidos del proyecto de investigación son:

General: generar nuevo conocimiento sobre las tendencias de adopción de inteligencia artificial en salud en la región y sobre sus temas prioritarios para investigación.

Específicos:

- 1- caracterizar la adopción de tecnologías apoyadas en inteligencia artificial en el sector salud dentro del departamento del atlántico
- 2- recomendar criterios de priorización para temas de investigación en aplicaciones de inteligencia artificial en el sector salud.

Con el propósito de cumplir esos objetivos, se diseñó un plan metodológico dividido en 3 fases, con sus correspondientes resultados. La primera se enfoca en el desarrollo del Objetivo 1: caracterización, en ella se realiza una revisión inicial de la información disponible y una posterior complementación de las búsquedas bibliográficas; un primer análisis de estos resultados evidenció que hay una cantidad muy limitada de datos sobre la región, lo cual llevó a la necesidad de diseñar una estrategia para producir datos

primarios, a través de una encuesta. Esta encuesta fué aplicada a Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud y a investigadores de Grupos y Centros de Investigación.

La segunda fase del proyecto se enfoca en el análisis de la información colectada, tanto en la encuesta, como en la búsqueda bibliográfica. Uno de los primeros resultados de esta última fué la identificación de una Línea de Tiempo compuesta por los resultados más representativos de aplicación de Inteligencia Artificial en Salud, lo cual sirvió para establecer un primer nivel de categorías de esas aplicaciones que luego fué incorporado en la encuesta y darle homogeneidad a los datos con los que se va a trabajar y facilitar su comparación.

Finalmente, en la tercera fase del proyecto se enfoca en las conclusiones obtenidas de las diferentes fuentes de información y en la producción de algunas recomendaciones para futuros proyectos de investigación con los dos tipos de actores.

Junto con estas actividades, se plantean aspectos que permitan priorizar temas de investigación de manera que pueda ser utilizado en los centros y grupos de investigación en la identificación de nuevos proyectos prometedores. Se redacta el artículo producto de la investigación y para finalizar, se prepara la sustentación del proyecto.

Diseño del instrumento de medición

El proceso de adopción de una nueva tecnología en cualquier sector evidencia dos dimensiones complementarias que contribuyen a darle solidez.

Por un lado, los usuarios finales (Instituciones de Salud) deciden, seleccionan, adquieren y utilizan esa nueva tecnología, mientras que por otro lado, los Grupos de Investigación y Centros de Desarrollo e Innovación analizan tendencias, identifican oportunidades y eventualmente contribuyen al desarrollo complementario de esas nuevas tecnologías o de usos innovadores de las mismas.

Cuando se constató la necesidad de producir datos primarios a través de encuestas, las características de estos dos tipos de actores llevó a definir una estructura común de la encuesta, con ligeras variaciones de alcance, entre las preguntas que se harían a las Instituciones Prestadoras de Salud que utilizan esas tecnologías basadas en I.A. y a los

investigadores de Grupos y Centros, de forma que pudieran establecerse comparaciones entre las encuestas respondidas por ambos actores.

La estructura general de la encuesta cuenta con una primera sección de datos demográficos y de caracterización de quien la diligencia, una segunda sección que indaga sobre la evolución de esa tecnología en la institución o la investigación y una tercera sección que se enfoca en el futuro y en los planes estratégicos de las instituciones o la prioridad para determinar de futuras investigaciones.

En un proceso de construcción colectiva y priorización se llegó a un formato de 15 preguntas que fué aplicado en forma virtual.

Resultados

A continuación se presentan los resultados obtenidos como frutos de esta investigación. Como primer resultado tenemos la siguiente línea de tiempo de algunos temas de inteligencia artificial relacionados a la salud tratados en los últimos 12 años en el mundo.

2010

Modelado y predicción de la insuficiencia cardiaca con aprendizaje automático El objetivo de esta investigación es modelar la detección de insuficiencia cardíaca más de 6 meses antes de la fecha real del diagnóstico clínico utilizando técnicas de aprendizaje automático aplicadas a datos de EHR. Comparar el rendimiento de la regresión logística, SVM y Boosting, junto con varios métodos de selección de variables en la predicción de insuficiencia cardíaca[16].

2011

Enfoques para la clasificación de imágenes médicas

La red neuronal SVM se utiliza en casi todas las modalidades de imágenes de clasificación de imágenes médicas. Del mismo modo, los medios C difusos y las mejoras son una herramienta importante en la segmentación de imágenes cerebrales.

Diversos estudios de diagnóstico, como análisis de mamografía, análisis cerebral por resonancia magnética, análisis óseo y retiniano, etc., que utilizan el enfoque de red neuronal dan como resultado el uso recurrente de la red de propagación hacia atrás, la red neuronal probabilística y la máquina de aprendizaje extremo. El enfoque híbrido de

GA y PSO también se usa comúnmente para la extracción y selección de características[17].

2012

Aprendizaje automático aplicado y combinación de decisiones para identificar el trastorno de la visión del ojo perezoso

La ambliopía es un trastorno neurológico de la visión que, según muestran los estudios, afecta del dos al cinco por ciento de la población. Varios procedimientos de detección temprana tienen como objetivo encontrar la afección mientras el paciente es un niño, incluido un sistema de detección de la vista automatizado desarrollado por Cibis, Wang y Van Eenwyk. El sistema utiliza algoritmos de inteligencia artificial para lograr una precisión del 77% en la identificación de pacientes que están en riesgo de desarrollar la condición ambliopía y deben ser derivados a un especialista[18]

2013

Análisis de señales de sensores fisiológicos para representar casos en un sistema de diagnóstico basado en casos

Este capítulo se ocupa especialmente del diagnóstico de las disfunciones relacionadas con el estrés utilizando métodos y técnicas de AI. Dado que existen grandes variaciones individuales entre las personas cuando observan las señales de los sensores biológicos para diagnosticar el estrés, este es un desafío que vale la pena. El estrés es una parte inevitable de nuestra vida humana[19]

2014

Inteligencia Artificial en medicamento e imágenes cardíacas: aprovechar los grandes datos y la computación avanzada para proporcionar diagnósticos y tratamientos médicos personalizados

La minería y el análisis avanzado de "grandes datos" en el cuidado de la salud brindan el potencial no solo para realizar investigaciones "in silico", sino también para proporcionar diagnósticos "en tiempo real" y recomendaciones terapéuticas basadas en datos empíricos. El acceso "a pedido" a computación de alto rendimiento y grandes bases de datos de atención médica apoyará y mantendrá nuestra capacidad para lograr servicios personalizados[20]

2015

IA para predecir la resistencia a los medicamentos

Peter Rogan, profesor de la Universidad de Western Ontario, informa que la inteligencia artificial es una herramienta poderosa para predecir los resultados de los medicamentos porque analiza la suma de todos los genes que interactúan.[21]

2016

La inteligencia artificial podría transformar la atención médica, pero primero debemos aceptarla

Los investigadores de ETH Zurich están utilizando inteligencia artificial para encontrar nuevas aplicaciones farmacéuticas para productos naturales. La IA puede ayudar con la identificación, la orientación y también el costo en el desarrollo de nuevos medicamentos.[22]

2017

Diagnóstico patológico intraoperatorio rápido y preciso por inteligencia artificial con tecnología de aprendizaje profundo

Tenemos la hipótesis de que AI con tecnología de aprendizaje profundo podría ayudar al DPIO(Diagnóstico patológico intraoperatorio), con una computadora entrenada con un conjunto de datos de imágenes de lesiones intraoperatorias. Las evidencias que respaldan nuestra hipótesis incluyeron el uso exitoso de AI con tecnología de aprendizaje profundo en el diagnóstico de cáncer de piel, y el método desarrollado de algoritmo de aprendizaje profundo[23]

2018

Un microscopio de fuerza atómica de inteligencia artificial habilitado por aprendizaje automático

Microscopio de fuerza atómica de inteligencia artificial (MFA-IA) que es capaz no solo de reconocimiento de patrones e identificación de características en materiales ferroeléctricos y sistemas electroquímicos, sino que también puede responder a la clasificación mediante experimentación adaptativa con sondeo adicional en paredes de dominio crítico y límites de grano, todo en tiempo real sobre la marcha sin interferencia humana[24]

2019

Patrii

Un desarrollo con conocimiento 100% colombiano, en la que oftalmólogos, matemáticos, ingenieros, informáticos y otro gran número de profesionales de la Clínica Oftalmológica del Caribe y de Macondo LAB de Universidad Simón Bolívar, trabajaron durante más de 4.500 horas para sacar este producto de talla mundial que es capaz de interpretar exámenes oftalmológicos de campo visual con la misma confiabilidad que un oftalmólogo.[25]

Sahli

SAHLI, es un proyecto de inteligencia artificial que cuenta con un 99,8% de precisión en la detección de daños en la retina. Una de sus principales labores será trabajar junto con oftalmólogos para reducir el tiempo de entrega de resultados pasando de 64 horas hábiles a una. Desarrollado por MacondoLab y Cofca.[26]

2020

Red neuronal para la detección del cáncer de mama

Una herramienta de inteligencia artificial, entrenada con aproximadamente un millón de imágenes de mamografía de detección, puede identificar el cáncer de mama con aproximadamente un 90 % de precisión cuando se combina con el análisis de un radiólogo[27]

2021

Autoayuda contra la depresión

“Se comparó una terapia para la depresión proporcionada por un chatbot con un nivel mínimo de biblioterapia en un período de seguimiento de 16 semanas.” [28] “El chatbot de terapia pudo proporcionar una intervención en la depresión bajo los principios de la terapia cognitiva conductual (TCC).” [28]

“El chatbot de terapia redujo la depresión en el período de intervención de 16 semanas y redujo la ansiedad en las primeras 4 semanas.”[28]

2022

Detección automatizada de enfermedad celíaca mediante algoritmos de aprendizaje automático

El trabajo propone una forma novedosa de procesar imágenes de endoscopias utilizando dos filtros para analizar la textura de la pared del intestino.

El algoritmo propuesto obtuvo una precisión del 94,1% y una puntuación F1 del 94%, lo cual es competitivo con otros algoritmos complejos.[29]

El análisis de la encuesta complementaria a Instituciones de Salud y a Investigadores de Centros y Grupos de Investigación, descrita en la sección anterior, arrojó los siguientes resultados.

El perfil profesional y laboral de quienes responden la encuesta evidencian su conocimiento y familiaridad con el tema y por tanto, la confiabilidad de sus respuestas. Así mismo se observa que la totalidad de las instituciones participantes son Instituciones de alta complejidad (cuarto nivel).

Aunque se trata de un campo de la ciencia relativamente nuevo en nuestro medio, se encontró una experiencia en aplicación, o investigación entre 1 y 5 años en el 66% de los participantes y superior a 5 años en el 22%. Esta es otra variable que le brinda credibilidad a las respuestas, ya que los actores no son “recién llegados” al tema.

Se observa una clara preferencia por temas relacionados con aplicaciones de I.A. en procesos de diagnóstico, seguida por procedimientos clínicos y luego por manejo de información, dentro de la cual se hace énfasis en el potencial de su aplicación en salud pública.

Sin embargo, esta preferencia obedece más a la demanda del mercado que a un proceso de priorización y selección. La percepción mayoritaria del impacto positivo directo en el área de diagnóstico e indirecto en los procesos de atención al paciente, junto con la creciente influencia del uso complementario de la información, sustentan esta decisión inicial.

Así mismo, el enfoque de los programas de financiamiento de proyectos de investigación (mayormente Min Ciencias) ha influido en esa mayor presencia de proyectos de aplicaciones de I.A. enfocados en aspectos de Diagnóstico.

Se observa cómo la inteligencia artificial comienza a tener múltiples impactos en la salud de la región, por ejemplo en diagnósticos, un diagnóstico preciso y a tiempo facilitado por la I.A. acelera el proceso del paciente dentro de la clínica.

Es interesante observar que esta preferencia por aplicaciones a procedimientos diagnósticos no es exclusiva de la Región Caribe colombiana. En el TimeLine (al comienzo de esta sección) con resultados de impacto a lo largo de la última década, a nivel mundial, se nota igualmente una mayoría significativa de investigaciones y nuevas tecnologías relacionadas con diagnóstico en cualquiera de las especialidades clínicas.

Desde tener un enfoque inicial en el Diagnóstico, la percepción del impacto de estas tecnologías en la calidad y eficiencia de la prestación de servicios de salud a sus pacientes, ha evolucionado hasta percibirse cómo algo integral, ya que afecta todos los procesos, uso y manejo de la información tanto administrativa, como clínica en los pacientes, acelerando procesos de atención, análisis de resultados, optimizando el tiempo de solicitudes y respuesta de los servicios de salud, hacia un escenario basado en diagnósticos mejores y más precisos, detección temprana de enfermedades, y mayor eficiencia en tratamientos, pronósticos y gestión de la información.

No se encontró ninguna evidencia de adopción o uso, de tecnologías apoyadas en I.A. en el sector público de la salud a nivel Municipal ni Departamental.

La totalidad de los participantes institucionales tiene como primera prioridad para sus proyectos a 5 años los temas de Diagnóstico y de Gestión de información, en coherencia con la percepción integral de mejoramiento ya mencionada y basada en información precisa, completa y oportuna. En tanto el 90% de los Investigadores planean desarrollar proyectos relacionados con diagnóstico o tratamiento.

La percepción de barreras a la adopción de I.A. en salud es compartida por aspectos de falta de capacitación, o conocimiento en las instituciones y por otro lado, por falta de presupuesto.

Aunque la totalidad de los investigadores y sus grupos participan en convenios con instituciones prestadoras de salud, solo el 33% de las instituciones tiene Convenios con Centros de Desarrollo y Tecnología o Grupos de Investigación.

Conclusiones

La primera y más importante conclusión, de la investigación es que existe una marcada tendencia histórica y proyectada al futuro hacia el uso de I.A. en el área de diagnóstico,

tanto en el ámbito de instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, como en el de los Centros y Grupos de Investigación.

Así mismo se concluye que la aplicación de I.A. al procesamiento de información clínica, y administrativa de pacientes e instituciones surge como una segunda tendencia que, no sólo complementa los beneficios que aporta la I.A. al diagnóstico, sino que tiene el potencial de afectar toda la cadena de procedimientos de la atención al paciente desde antes de llegar a la institución de salud hasta después de dejarla, incrementando la eficiencia precisión y oportunidad de esos procedimientos.

Dados los tipos de barreras identificados por las Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud, concentrados en insuficiente capacitación de su personal, pero sobre todo, en el elevado costo de los equipos, pareciera que este tipo de tecnología tiende a ser accesible sólo a Instituciones de alta complejidad (niveles 3 y 4), mientras que se alejan del alcance de las Instituciones públicas, cualquiera que sea su nivel de complejidad, debido a restricciones presupuestarias.

Sin embargo, la tendencia a corto plazo identificada por Instituciones e investigadores sobre el potencial impacto de procesamiento de información apoyado en I.A. en el terreno de la Salud Pública y la Epidemiología, abre una puerta prometedora de acceso, a costo reducido, para las instituciones públicas, con un efecto de mejora significativa en la calidad de la prestación de sus servicios.

El hecho de que el enfoque de las investigaciones hacia aplicaciones diagnósticas de I.A. haya sido influenciado en parte por las prioridades de financiamiento establecidas por los entes del Nivel Central puede ser un aspecto positivo al generar coherencia en el crecimiento de estas tecnologías a nivel nacional. Pero también puede ser un riesgo si cambios de gobierno se reflejan en cambios de prioridades y no hay continuidad en el financiamiento de estos proyectos,

Se hace evidente la necesidad de aproximar más la Academia y las Instituciones de Alta complejidad a través de convenios y proyectos que dinamicen la adopción de esta tecnología a partir de un análisis más estructurado de las necesidades y beneficios más apropiados para las características de la región. De hecho, una de las instituciones participantes expresó su deseo de iniciar un convenio de ese tipo con la Universidad.

Finalmente, el hecho de que la totalidad de los investigadores participen en Centros o Grupos de Investigación que desarrollan convenios con Instituciones de Salud, es evidencia de una investigación orientada hacia el usuario final, que en este caso son las Instituciones Prestadoras de Servicios y a través de ellas toda la población de la región.

Recomendaciones

Es importante resaltar que las instituciones de la Red Pública de Instituciones de Salud no tienen ninguna participación en el uso de tecnologías apoyadas en I.A. en la actualidad y tampoco en sus planes a corto plazo. Esta evidente debilidad puede convertirse en una oportunidad a través de proyectos cooperativos con grupos o centros de investigación para delinear estrategias de incorporación eficiente de la I.A. en el sector de Salud Pública.

A partir de los hallazgos de esta investigación puede identificarse el manejo de información apoyada con I.A. como un adecuado nivel de entrada no solo por su costo reducido en comparación con equipos de tratamiento, o similares, sino por su amplio potencial en el fortalecimiento de programas de Salud Pública para prevención y control de enfermedades prioritarias. Este puede ser un primer paso en el camino correcto hacia la democratización del uso de estas tecnologías en el Sector.

Igualmente, es oportuno estimular a los Grupos y Centros de Investigación de las Universidades a establecer convenios de cooperación con las Instituciones de Salud, en especial las de mayor complejidad, para desarrollar proyectos que faciliten y hagan más eficiente la inversión en estas tecnologías.

Referencias

- [1] L. Munera, “Inteligencia artificial y Sistemas Expertos - core.” [Online]. Available: <https://core.ac.uk/download/pdf/229158562.pdf>. [Accessed: 06-Sep-2022].
- [2] A. Abeliuk and C. Gutiérrez, “Historia y evolución de la inteligencia artificial,” *Revista Bits de Ciencia*. [Online]. Available: <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/view/2767>. [Accessed: 06-Sep-2022].
- [3] I. NCYTU, “Inteligencia Artificial,”. [Online]. Available:

https://www.foroconsultivo.org.mx/INCYTU/documentos/Completa/INCYTU_18-012.pdf. [Accessed: 06-Sep-2022].

[4] J. M. Isorna, *Aplicaciones informáticas en Arquitectura*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña, 2000.

[5] SAHLI - Plataforma para lectura de exámenes de retina por OCT. (s. f.). Cientech. <https://www.cientech.org/sahli/>

[6] PATRII - Plataforma para interpretación y redacción de imágenes. (s. f.). Cientech. <https://www.cientech.org/patrii/>

[7] Mary: un robot para prevenir la ansiedad y la depresión. (s. f.). Universidad Simón Bolívar - USB. <https://www.unisimon.edu.co/blog/mary-un-robot-para-prevenir-la-ansiedad-y-la-depresion/1047>

[8] anónimo. (2018, 15 de noviembre). Mary, el robot con el que esperan prevenir lossuicidios en Colombia. infobae. <https://www.infobae.com/america/colombia/2018/06/24/mary-el-robot-con-el-que-esperan-prevenir-los-suicidios-en-colombia/>

[9] "¿Qué es un chatbot?" Oracle | Cloud Applications and Cloud Platform. <https://www.oracle.com/co/chatbots/what-is-a-chatbot/> (accedido el 29 de mayo de 2022).

[10] S. Ray, "Understanding Support Vector Machine(SVM) algorithm from examples (along with code)", Analytics Vidhya, 12-sep-2017. [En línea]. Disponible en: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2017/09/understaing-support-vector-machine-example-code/>. [Consultado: 15-nov-2022].

[11] J. M. Sainz, "¿Qué son y cuál es la diferencia entre EMR y EHR?", Ecaresoft's Blog, 20-sep-2016. [En línea]. Disponible en: <https://blog.ecaresoft.com/qu%C3%A9-son-y-cu%C3%A1l-es-la-diferencia-entre-emr-y-ehr-f00489126837>. [Consultado: 15-nov-2022].

- [12]"¿Qué es el boosting? Guía de boosting en machine learning | AWS". Amazon Web Services, Inc. <https://aws.amazon.com/es/what-is/boosting/> (accedido el 15 de noviembre de 2022).
- [13]"Algoritmos genéticos", Conogasi, 21-sep-2018. [En línea]. Disponible en: <https://conogasi.org/articulos/algoritmos-geneticos/>. [Consultado: 15-nov-2022].
- [14]"Inteligencia artificial - optimización del enjambre de partículas", Microsoft.com. [En línea]. Disponible en: <https://learn.microsoft.com/es-es/archive/msdn-magazine/2011/august/artificial-intelligence-particle-swarm-optimization>. [Consultado: 15-nov-2022].
- [15] "Principales Ramas de la Inteligencia Artificial - aprender-libre.com - (2022 mayo)". aprender-libre.com. <https://aprender-libre.com/principales-ramas-de-la-inteligencia-artificial/> (accedido el 6 de mayo de 2022).
- [16] Wu, J., Roy, J., & Stewart, W. F. (2010). Prediction modeling using EHR data: Challenges, strategies, and a comparison of machine learning approaches. *Medical Care*, 48(6 SUPPL.), S106-S113. doi:10.1097/MLR.0b013e3181de9e17.
- [17] Deepa, S. N., & Aruna Devi, B. (2011). A survey on artificial intelligence approaches for medical image classification. *Indian Journal of Science and Technology*, 4(11), 1583-1595. doi:10.17485/ijst/2011/v4i11/30291
- [18] Clark, P. G., Gifford, C. M., Van Eenwyk, J., Agah, A., & Cibis, G. W. (2012). Applied machine learning and decision combination for identifying the lazy eye vision disorder. Paper presented at the Proceedings of the 2012 International Conference on Artificial Intelligence, ICAI 2012, , 1 423-430. Retrieved from www.scopus.com
- [19] Begum, S., Ahmed, M. U., & Funk, P. (2013). Physiological sensor signals analysis to represent cases in a case-based diagnostic system doi:10.1007/978-3-642-33015-5_1 Retrieved from www.scopus.com
- [20] Dilsizian, S. E., & Siegel, E. L. (2014). Artificial intelligence in medicine and cardiac imaging: Harnessing big data and advanced computing to provide personalized medical

diagnosis and treatment. *Current Cardiology Reports*, 16(1) doi:10.1007/s11886-013-0441-8

[21] How will artificial intelligence change healthcare? (2020, 4 febrero). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2015/10/how-will-artificial-intelligence-change-healthcare/>

[22] Artificial intelligence could transform healthcare, but we need to accept it first. (2020, 6 febrero). World Economic Forum. https://www.weforum.org/agenda/2016/08/artificial-intelligence-could-transform-healthcare-but-we-need-to-accept-it-first?utm_content=buffer584e1

[23] Zhang, J., Song, Y., Xia, F., Zhu, C., Zhang, Y., Song, W., . . . Ma, X. (2017). Rapid and accurate intraoperative pathological diagnosis by artificial intelligence with deep learning technology. *Medical Hypotheses*, 107, 98-99. doi:10.1016/j.mehy.2017.08.021

[24] Huang, B., Li, Z., & Li, J. (2018). An artificial intelligence atomic force microscope enabled by machine learning. *Nanoscale*, 10(45), 21320-21326. doi:10.1039/c8nr06734a

[25] Altahona, D. (2022, 18 octubre). PATRii – Innovación colombiana en Oftalmología. Clínica Oftalmológica del Caribe. <https://cofca.com/patrii-innovacion-colombiana-en-oftalmologia/>

[26] Altahona, D. (2022a, octubre 14). “COFCA, se convertirá en la ventana al mundo en innovación con SAHLI”. Clínica Oftalmológica del Caribe. <https://cofca.com/cofca-la-ventana-al-mundo-en-innovacion-con-sahli/>

[27] This AI tool helps identifies breast cancer with 90% accuracy rate. (2022, 20 mayo). World Economic Forum. <https://www.weforum.org/agenda/2020/01/ai-breast-cancer-detection-accuracy>

[28] H. Liu, H. Peng, X. Song, C. Xu y M. Zhang, "Using AI chatbots to provide self-help depression interventions for university students: A randomized trial of effectiveness", *Internet Interventions*, vol. 27, p. 100495, marzo de 2022. Accedido el 6 de mayo de 2022. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.invent.2022.100495>

- [29] Stoleru, C. -, Dulf, E. H., & Ciobanu, L. (2022). Automated detection of celiac disease using machine learning algorithms. *Scientific Reports*, 12(1) doi:10.1038/s41598-022-07199-z