



Monografía de Metodología científica II.

Año 2019

Aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la salud: revisión bibliográfica

Grupo 66

Autores:

Andrade Canán, Belén

Arámbulo, Carolina

Arbilla, Daniel

Artola, Mauricio

Gordienko, Maria Florencia

Teles Spinatelli, Manuel

Tutores: Prof. Agregado Gil, Juan; Cotutor Prof. Adjunto Botto, Germán

Departamento de Métodos Cuantitativos, Facultad de Medicina UDELAR.

Índice:

| | |
|-------------------------------------|----|
| 1. Resumen..... | 3 |
| 2. Introducción..... | 5 |
| 3. Marco teórico..... | 6 |
| 4. Objetivos..... | 10 |
| 5. Materiales y métodos..... | 11 |
| 6. Resultados..... | 13 |
| 7. Discusión..... | 18 |
| 8. Conclusiones y perspectivas..... | 21 |
| 9. Referencias Bibliográficas..... | 22 |
| 10. Anexos..... | 25 |

1. Resumen:

Introducción: La inteligencia artificial (IA) se ha vuelto parte de nuestra vida cotidiana. Interactuamos con y entrenamos sistemas de IA sin siquiera notarlo. En los últimos años, la investigación y desarrollo de sistemas de IA se ha disparado. El campo de la medicina no es ajeno a estos avances, existiendo desarrollos prometedores que podrían mejorar la calidad de atención, diagnóstico, prevención de enfermedades y manejo de información hospitalaria y epidemiológica. El desarrollo de la IA, trae consigo desafíos éticos a los que la humanidad no se había enfrentado anteriormente, existiendo incertidumbre sobre la confiabilidad, responsabilidad y aplicabilidad de los sistemas de IA.

Objetivos: Realizar una revisión bibliográfica para conocer la evolución histórica de las publicaciones sobre el uso de la IA en el campo de la salud, identificar las áreas de mayor aplicación, discutir sobre los posibles conflictos éticos y visualizar los avances del tema en nuestro país.

Resultados: La publicación médica científica ha experimentado un aumento progresivo en las últimas décadas. La publicación de artículos incluyendo palabras clave como “artificial intelligence” acompaña también esta tendencia incremental sostenida, representando el 0,33% del total de publicaciones hasta la fecha. El primer artículo tratando sobre IA aplicada al campo de la salud data de 1952, bajo el nombre: “The robot anaesthetist; an introduction to the automatic control of anaesthesia by means of an electro-encephalographic intermediary”. El aumento más notorio de publicaciones sobre IA se observó en el último milenio, manteniéndose esta tendencia hasta la actualidad.

Conclusiones: la IA aplicada a la salud parece abrir nuevos caminos de conocimiento, existiendo gran potencial aún por explorar. El futuro parece ser prometedor, tendiendo a la automatización de los sistemas diagnósticos y clínicos. Esto trae consigo el desafío de lograr establecer los límites máquina-humano, para que la atención de la salud mantenga su esencia humanista, sin dejar afuera los avances tecnológicos.

Palabras clave: *artificial intelligence, medicine, ethics, Uruguay.*

Abstract:

The use of artificial intelligence (AI) has become part of our daily lives. We interact with and train IA systems without even noticing. In recent years, research and development of AI has strongly increased. The medical field is no stranger to these progress, there are promising developments that could improve the quality of care, diagnosis, disease prevention and management of hospital and epidemiological information. The development of AI brings ethical challenges that humanity had not faced before, there is uncertainty about the reliability, responsibility and applicability of AI systems.

Objectives: to observe the evolution of the publication of AI in the medical field, to analyze in which areas it has the greatest number of publications, to discuss possible ethical conflicts; and finally, visualize the progress of the topic in our country.

Results: medical research has experienced a significant increase in publications. The publication of articles that included the keywords “artificial intelligence” accompanies this trend of sustained increase, being part of 0.33% of the publications. The first medical article that includes the aforementioned keywords, dates from 1952, under the name: “The anaesthetist robot; an introduction to the automatic control of anaesthesia by means of an electro-encephalographic intermediary.” The significant increase in AI publication was observed in the last millennium, maintaining an upward trend to the present.

Conclusions: AI applied to medicine seems to be a new pathway yet to explore, with great potential still not fully known. The future seems promising, tending towards the automation of diagnostic and clinical systems. This brings as a challenge to establish the human-machine limits, so that health care maintains its humanistic essence, without leaving out technological advances.

2. Introducción:

Para intentar entender el concepto de Inteligencia Artificial (IA), y considerando que la definición ha ido evolucionando con el tiempo, citaremos, en primera instancia, la propuesta por uno de los precursores en el tema, Marvin Misky que dice: *“La IA es la ciencia de construir máquinas para que hagan cosas que, si las hicieran los humanos, requerirían inteligencia”* ^[1].

Una segunda definición, expuesta recientemente, considera que la *“Inteligencia artificial (IA), entendida como una serie de procesos informáticos capaces de operar de manera similar a la inteligencia humana, en términos del lenguaje y procesamiento de la información, aprendizaje y razonamiento, percepción y toma de decisiones”* ^[2].

La IA está en pleno auge de aplicación e investigación en la actualidad, y precisamente la medicina es uno de los campos donde ésta se desarrolla. Entre algunas de sus aplicaciones destacamos los sistemas de soporte a la toma de decisiones clínicas, tanto de ayuda al diagnóstico como a terapéuticas o de aproximación al pronóstico final de la situación de un paciente. De alguna forma, estas aplicaciones pueden facilitar al personal sanitario, haciéndose más eficiente su tarea y, eliminando errores que puedan surgir cuando las capacidades humanas se ven limitadas ^[3,4]. El contar con la ayuda de la IA en este sentido, facilita los procesos gracias a los conocimientos y datos disponibles sistematizados de manera exhaustiva e independiente de la experiencia y el estado del clínico; también destacamos aplicaciones móviles para pacientes crónicos, aplicaciones en el campo de la imagenología y laboratorio.

Por otra parte, el gran potencial de la IA ha generado incertidumbre acerca su utilización. En abril de 2019 la Comisión Europea publica una guía de directrices éticas para una IA confiable. Estos lineamientos se enfocan en lograr maximizar el desarrollo del potencial de la IA minimizando los posibles riesgos que conlleva ^[5].

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una revisión bibliográfica sobre las la frecuencia de la utilización de IA en el área de la salud, su evolución histórica y sus implicancias éticas.

3. Marco teórico

El ser humano lleva miles de años intentando comprender cómo pensamos y explicar como un conjunto de células es capaz de percibir y entender su entorno y de esta manera poder predecir y manipular el mundo que lo rodea. En este contexto surge la IA, que no sólo busca comprender esto sino también crear entidades inteligentes. El término IA se acuñó poco después de la Segunda Guerra Mundial, y si bien su definición ha tenido variaciones a lo largo del tiempo, es considerada hoy en día una de las ciencias más recientes, abarcando distintas áreas de aplicación tanto generales como específicas ^[6].

El término IA comenzó a ser utilizado en 1956 por John McCarthy en una conferencia acerca del tema. La posibilidad de que las máquinas puedan simular el comportamiento humano y pensar, fue planteada más tarde. En la actualidad, la IA está presente en nuestra vida de diversas formas, como por ejemplo a través de asistentes personales virtuales en dispositivos digitales (Siri, Alexa, asistente de Google, etc.), transporte automatizado, aviación y juegos de computadora ^[7].

Son variadas las definiciones encontradas para el término IA, algunas hacen alusión a los procesos mentales y al razonamiento. Es así que encontramos definiciones como las de Haugeland (1985) que relata: *“El nuevo y excitante esfuerzo de hacer que los computadores piensen... máquinas con mentes, en el más amplio sentido literal”* y las de Charniak y McDermott (1985) *“El estudio de las facultades mentales mediante el uso de modelos computacionales”* ^[6].

También existen otras definiciones que refieren a la conducta humana, como por ejemplo la definición de Kurzweil (1990) *“El arte de desarrollar máquinas con capacidad para realizar funciones que cuando son realizadas por personas requieren de inteligencia”* y la de Rich y Knight (1991) *“El estudio de cómo lograr que los computadores realicen tareas que, por el momento, los humanos hacen mejor”* ^[6]

Otros conceptos en ocasiones utilizados indistintamente al de IA son Aprendizaje automático (AA) (originalmente del inglés “Machine learning”) y Macrodatos (del inglés: “Big Data”). El uso de éstos como sinónimos de IA es erróneo, ya que el Aprendizaje Automático se refiere a la rama de IA que consta de algoritmos capaces de identificar y analizar patrones en grandes cantidades de datos. Éstos procesados por los algoritmos de aprendizaje automático son los que conocemos como Macrodatos ^[8].

Recientemente, el uso de la IA se ha venido incorporando en el área de la salud con el objetivo de mejorar la calidad de la atención del paciente de diferentes formas: análisis y detección de trastornos en imágenes radiológicas, tecnología médica y registros médicos electrónicos que puedan evaluar mediante aprendizaje automático y de esa forma optimizar los procesos diagnósticos y tratamientos.

Desde la década de los 70' las aplicaciones de IA se han enfocado en comparar la capacidad diagnóstica de sistemas informáticos con médicos clínicos. Los primeros antecedentes de estudios de este tipo se remontan a 1972, de Dombai *et al.* quienes publicaron un estudio prospectivo con 304 pacientes con dolor abdominal en el que se concluyó que el sistema informático empleado tenía mayor índice de acierto diagnóstico que el personal humano ^[9].

Posteriormente, en 1986, Adams ID *et al.*, continuando en la misma línea de investigación, publicaron un estudio multicéntrico que incluyó 8 centros de investigación, 16.737 pacientes y 250 médicos. Utilizando como referencia el diagnóstico realizado por médicos se comparó el acierto diagnóstico de médicos en contraste con el de médicos apoyados por sistemas diagnósticos, encontrando una mejora significativa a favor de éstos últimos ^[10].

Se ha logrado automatizar el proceso de diagnósticos diferenciales por medio de sistemas computarizados. Un ejemplo es el sistema conocido como “Sistema de Soporte de Decisión Clínica” (CDSS, por sus siglas en inglés). El mismo es empleado en distintas especialidades médicas, citándose como ejemplo oftalmología, donde el sistema CDSS se utiliza en la ayuda al diagnóstico de uveítis. Ésta es una enfermedad con una prevalencia relativamente alta con múltiples etiologías y amplia variabilidad, lo que confiere dificultad a la hora del planteo de diagnósticos diferenciales, provocando errores diagnósticos, retraso en comienzo de tratamiento adecuado y la realización de pruebas costosas innecesarias. El uso de este sistema de soporte permite optimizar el manejo clínico de la uveítis ^[11].

Estos sistemas de soporte relacionan aquellos elementos que observa el clínico, con el conocimiento médico, para ayudar en la toma de decisiones. Los CDSS disponen de una base de conocimientos obtenidos de la literatura médica, consultas con expertos y experiencia clínica individual.

Se hace énfasis en que las computadoras puedan resultar un apoyo en la toma de decisiones humanas pero no sustituirlas. Si bien la automatización resulta un gran aliado en la práctica médica, de ser excesiva podría resultar perjudicial en la relación médico paciente ^[11].

En el mundo informatizado en el que vivimos, que fácilmente gran cantidad de personas pueden acceder a un sin fin de información, es usual la búsqueda de términos médicos. Si esta información no es adecuadamente contextualizada y contrastada puede conducir a interpretaciones erróneas y es por esto que se han diseñado programas informáticos denominados “evaluadores de síntomas”. Los mismos mediante el interrogatorio de los síntomas y la aplicación de algoritmos le brindan al usuario posibles diagnósticos, a qué profesional debe consultar y en qué tiempo hacerlo de acuerdo a la gravedad de su situación. Siguiendo esta línea cabe mencionar el evaluador de síntomas Mediktor® utilizado en el ámbito médico que cumple la función de agilizar y facilitar el proceso diagnóstico mediante el empleo de algoritmos de IA. Una de las particularidades de este software es la interpretación del lenguaje natural, lo que facilita su uso por parte del usuario ya que el mismo no requiere la utilización de términos técnicos. Un estudio realizado sobre este sistema lo calificó como un evaluador sensible y específico considerándolo una herramienta útil resultando complementaria en la práctica clínica pudiendo acelerar el proceso diagnóstico y así su eficiencia ^[12].

Por otro lado, en el área logística se puede encontrar el uso de IA aplicada a los servicios de emergencia móviles. Un ejemplo de ello es el estudio propuesto por George Grekousis *et al.* en el que se plantea que es posible predecir la ubicación geográfica de eventos de emergencias actuando a tres niveles. Primero crea caminos a través de puntos interconectados por el flujo de tránsito. Luego basándose en estos caminos predice la demanda futura y por último en función de la demanda prevista se asigna la ubicación óptima de las ambulancias. Los resultados mostraron un desvío de 110 m entre los eventos reales y los que se estimaron según la aplicación de estos algoritmos. Lograr esto permitió reducir el tiempo de respuesta y mejorar la toma de decisiones en la atención primaria, mejorando la tasa de supervivencia de los pacientes ^[13].

La revolución digital ha afectado la forma en que se realiza investigación en salud, y posteriormente la atención médica. Productos de bienestar para el consumidor, aplicaciones móviles, y acceso a datos de las redes sociales, ofrecen oportunidades para que los investigadores puedan observar a los pacientes pasivamente. Mediante estas tecnologías se recoge información que se utiliza para promoción personalizada de salud y tratamientos de enfermedades. El ecosistema digital de salud presenta nuevos desafíos éticos para aquellos que evalúan la implementación de nuevas tecnologías para uso médico ^[14].

Aún se desconocen en gran medida los riesgos del uso de la IA, que van desde la vulneración de la privacidad y confidencialidad del paciente, hasta determinar la responsabilidad de un sistema cuando ocurren errores diagnósticos o terapéuticos ^[15].

En abril de 2019 la Comisión Europea publicó una guía de directrices éticas para una IA confiable. Estos lineamientos se enfocan en lograr maximizar el desarrollo del potencial de la IA minimizando los posibles riesgos que conlleva. Para esto plantea que, el diseño de sistemas de IA debe cumplir con todas las normas legales regulatorias del territorio en el que se desarrolle y/o aplique. Se asegure su adhesión a todos los marcos éticos y valores y por último, indica que debe ser robusta, tanto desde un punto de vista técnico como social, ya que más allá de las buenas intenciones en su diseño, la IA podría generar daño ^[5].

4. Objetivos

General

- Revisar la bibliografía en relación al uso y aplicación de la inteligencia artificial en el campo de la salud.

Específicos

- Identificar las áreas de la medicina donde se produce el mayor número de publicaciones científicas relacionadas con la IA.
- Describir y analizar la evolución temporal de las publicaciones acerca de ésta temática.
- Comparar cuantitativamente el número de artículos que tratan sobre IA aplicada al campo de la salud en Uruguay respecto al resto del mundo.
- Identificar publicaciones y normativas que hacen referencia a los aspectos éticos implicados en el uso de IA.

5. Materiales y métodos

5.1. Motores de búsqueda

Para la búsqueda se utilizó el motor PubMed, motor de búsqueda de libre acceso de Medline de referencias bibliográficas y artículos de investigación biomédica. También fueron utilizados otros motores de búsqueda (Timbó, Scielo, Google Académico), con el fin de identificar artículos relacionados al uso de la IA en nuestro país.

5.2. Criterios de búsqueda

A continuación se describen los criterios seleccionados en cada paso, no correspondiendo a una secuencia temporal.

Criterio 1. Se comenzó por combinar las palabra clave “*Artificial intelligence*” con “medicine” a través comando booleano AND.

Criterio 2. Luego se combinó la palabra clave “*Artificial intelligence*” con cada especialidad médica de manera individual, según la lista de especialidades con residencias dispuestas en la escuela de graduados de la Facultad de Medicina de la Universidad de la República del Uruguay (UdelaR) actualizada en 2019 ^[16]. Fueron tomadas en cuenta para la búsqueda únicamente las especialidades clínicas, imagenología por su alta frecuencia en revisiones anteriores ^[17] y genética debido a los conflictos éticos que han surgido con el almacenamiento y procesamiento de información genómica y divulgación de la misma ^[18; 19].

Criterio 3. Posteriormente se incluyeron las especialidades seleccionadas en la misma búsqueda combinadas con el comando booleano “OR” sin incluir el término “*Artificial intelligence*”.

Criterio 4: Se incluyó la palabra clave “Artificial intelligence” a la búsqueda anterior (Paso 3).

Criterios 5 y 6. Se utilizó la combinación de las palabras clave “Artificial Intelligence”, “Uruguay” y “Medicine”, combinados con el comando booleano “AND”.

Criterio 7: Se agregó a los los términos “artificial intelligence” y “medicine” la palabra clave “ethics”, combinados con el comando booleano AND.

Todos los artículos a incluir debían contener al menos título y resumen en inglés.

5.3 Sintaxis de búsqueda:

Con el fin de poder reproducir los criterios anteriormente citados, se detalla a continuación la sintaxis específica utilizada para cada uno de éstos.

1. “Artificial intelligence AND medicine”.
2. “Artificial intelligence AND (especialidad)”
3. “Neonatology OR traumatology OR rheumatology OR nephrology OR endocrinology OR dermatology OR hematology OR forensic medicine OR gastroenterology OR pneumology OR ophthalmology OR anesthesiology OR pediatrics OR cardiology OR gynecology OR psychiatry OR intensive care OR urology OR radiology OR pathology OR oncology OR surgery OR genetics OR medical imaging OR toxicology OR internal medicine, or otorhinolaryngology”
4. “Artificial intelligence AND (neonatology OR traumatology OR rheumatology OR nephrology OR endocrinology OR dermatology OR hematology OR forensic medicine OR gastroenterology OR pneumology OR ophthalmology OR anesthesiology OR pediatrics OR cardiology OR gynecology OR psychiatry OR intensive care OR urology OR radiology OR pathology OR oncology OR surgery OR genetics OR medical imaging OR toxicology OR internal medicine, or otorhinolaryngology)”
5. “Artificial intelligence AND Uruguay”
6. “Artificial intelligence AND Medicine AND Uruguay”
7. “Artificial intelligence AND Medicine AND Ethics”

5.4 Análisis estadístico:

Para el análisis cuantitativo de los resultados, se utilizó la herramienta brindada por el motor de búsqueda PubMed.

Fueron utilizadas frecuencias absolutas y relativas para representar la distribución de las publicaciones en el tiempo, así como gráficos de línea y nodos de frecuencia.

Se tomó como fecha límite de inclusión de artículos el 10 de agosto de 2019.

6. Resultados

Tomando en cuenta las publicaciones científicas para las especialidades incluidas en esta revisión se obtuvo un total de 14.405.035 artículos hasta la fecha. Se observa un crecimiento sostenido en el tiempo, particularmente a partir de la década de 1980 como se muestra en la Figura 1.

Por otra parte, el número de artículos que además asocian la palabra clave “artificial intelligence” es de 47.755, representando el 0,33% de las publicaciones mostradas en la Figura 1. La evolución en el tiempo de las publicaciones utilizando IA en el campo de la salud, para las especialidades seleccionadas, se muestra en la Figura 2, observándose un incremento brusco en el período 2002-2003. Este aumento podríamos relacionarlo con la digitalización, el surgimiento de la capacidad de almacenamiento de datos y el desarrollo de las computadoras, que ocurrió de manera simultánea en el tiempo ^[20].

Combinando ahora las palabras clave “artificial intelligence” y “medicine” se pudo constatar un total de 16.633 artículos, mostrando una distribución histórica similar a la anterior. Se destaca también que de este total, solamente 143 (0,29%) incluían la palabra clave “ethics”. Esto coincide con los resultados obtenidos por una revisión publicada en marzo de 2019 por Tran B, Vu G, Ha G, et al ^[20].

Se puede también apreciar en la Figura 3, como el número de publicaciones referidas al uso de la IA en medicina acompaña la tendencia general de la publicación médica científica.

Al ordenar por frecuencia las áreas de aplicación (especialidades) se observó que la aplicación de la IA se destaca principalmente en 4 especialidades: Genética, Imagenología, Cirugía y Oncología. Estos resultados se muestran en la Figura 4 y se detallan en anexo.

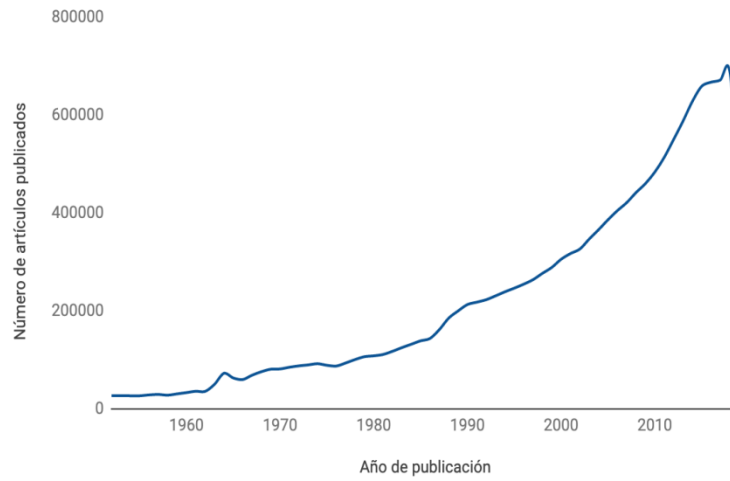


Figura 1 | Evolución temporal del número de publicaciones médicas científicas que contienen como palabra clave al menos una de las especialidades médicas seleccionadas.

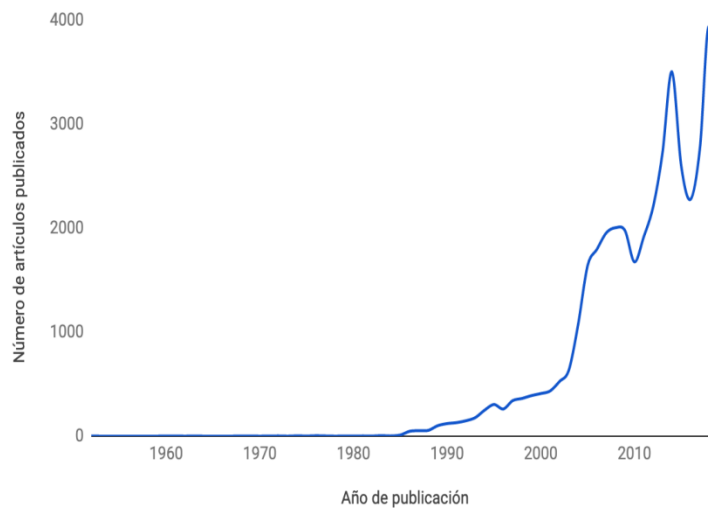


Figura 2 | Evolución temporal del número de publicaciones médicas científicas que refieren al uso de la IA para alguna de las especialidades médicas seleccionadas.

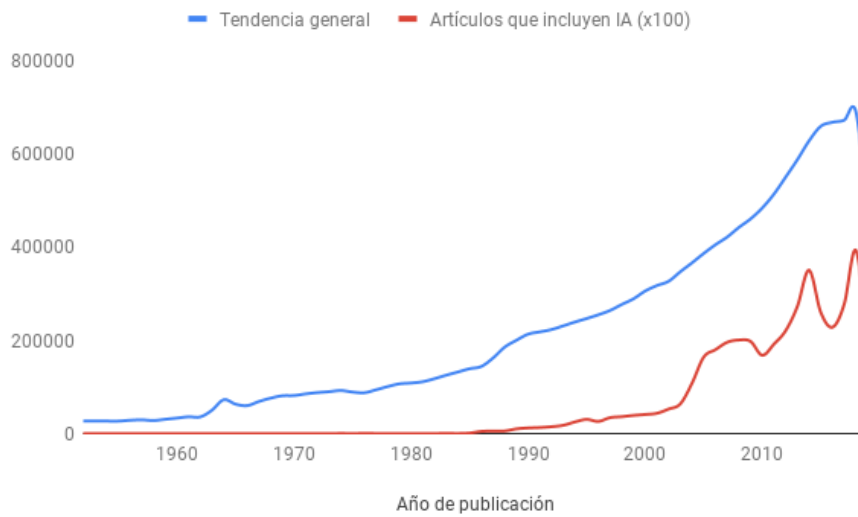


Figura 3 | Evolución temporal del número de publicaciones médicas científicas que refieren al uso de la IA (multiplicado por 100) en comparación con la tendencia general.

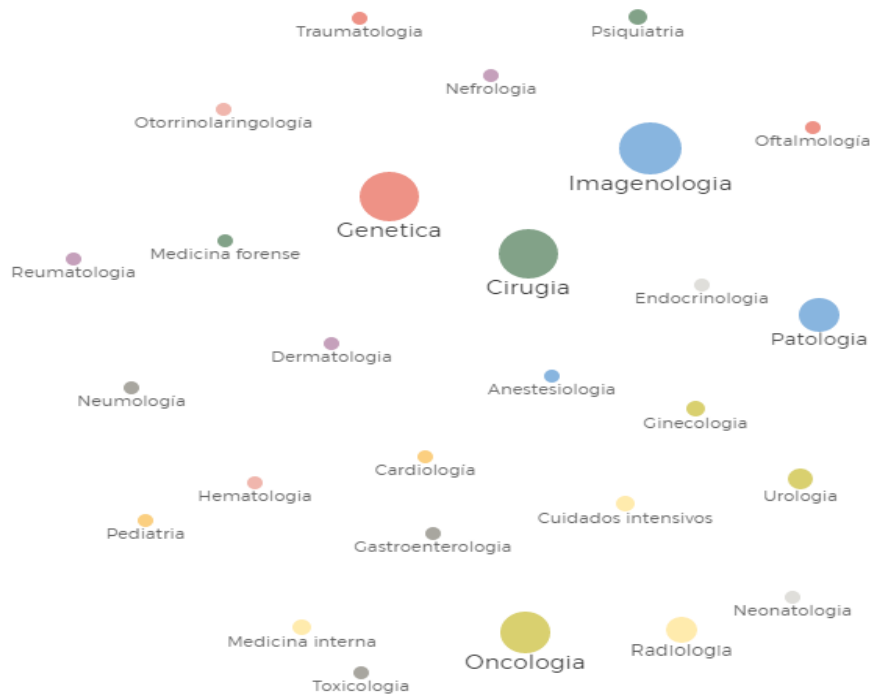


Figura 4 | Frecuencia de publicaciones de IA para cada especialidad médica (el tamaño de cada nodo representa la frecuencia de artículos publicados para cada especialidad o área médica de aplicación).

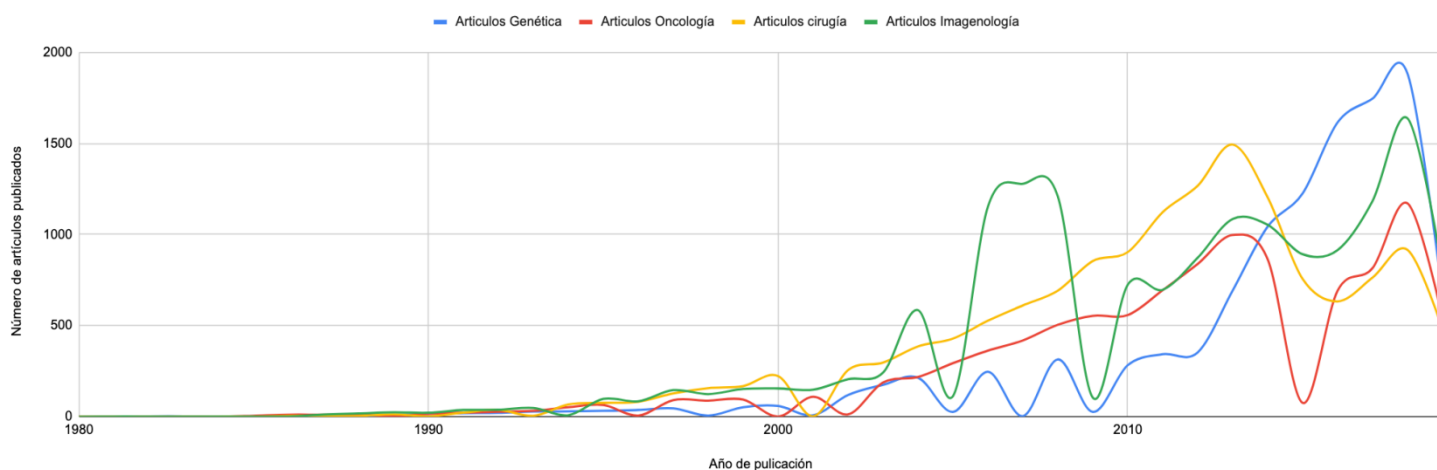


Figura 5 | Evolución histórica de publicaciones referentes al uso de IA para las 4 principales áreas de aplicación médica (especialidades): Genética, Oncología, Cirugía e Imagenología.

Período 1980-2019.

Respecto a las 4 principales áreas de aplicación médica (especialidades) con mayor frecuencia se puede visualizar que las publicaciones referentes a IA en estas ramas de la medicina, comienzan a surgir a mediados de los años '90 y van en aumento hasta la actualidad (Fig. 5). Imagenología ha sido la primera de ellas en mostrar un pico de publicaciones situado en el período 2006 – 2008, con un importante caudal de publicaciones hasta la fecha, destacándose su aplicación en el área de diagnóstico médico. Dentro de éstas, se destaca como principal utilidad, el uso de dispositivos capaces de analizar mediante algoritmos de IA, las imágenes obtenidas del paciente y realizar sugerencias diagnósticas.

El uso de la IA en el campo de la cirugía por otra parte, muestra un aumento sostenido desde principios del año 2000, observándose una amplia aplicación de la IA para la terapéutica con incursión en la cirugía robótica.

Por su parte, genética presenta su mayor pico de crecimiento en los últimos años (2016 – 2018) y se destaca en el área terapéutica utilizándose principalmente para guiar o dirigir los tratamientos basados en factores genéticos ^[21].

Tabla 1. Cantidad de artículos referentes a **Inteligencia Artificial en Uruguay** e Inteligencia Artificial aplicada a la Medicina en Uruguay

| Sintaxis de búsqueda | Motores de Búsqueda | | | |
|--|---------------------|------------------|--------|--------|
| | PubMed | Google Académico | TIMBÓ | Scielo |
| Artificial intelligence AND Uruguay | 23 | 7000 | 131157 | 0 |
| Artificial intelligence AND Medicine AND Uruguay | 4 | 5740 | 112514 | 0 |

Respecto a las publicaciones realizadas en Uruguay o bien a través de la participación de autores uruguayos, se expone a continuación una breve descripción (traducida al español por los autores de esta revisión) de los 4 artículos encontrados según los criterios de esta revisión.

“Oncotherapy: a Decision Support System to Validate Oncological Treatments”. Tomar decisiones terapéuticas en oncología es una tarea difícil en la era de la “medicina de precisión”. El sistema funciona como una herramienta de apoyo a la decisión, que brinda a los oncólogos las terapias adecuadas para el paciente dentro de las normas nacionales. El sistema por un lado ayuda al oncólogo a maximizar la terapia de adaptación para el paciente, y por otro proporciona herramientas de control para las autoridades sanitarias del país ^[22].

“An online dynamic knowledge base in multiple languages on general medicine and primary care”. Se propone un método de análisis cualitativo aplicado al análisis de varios congresos de medicina familiar. La clasificación internacional de atención primaria en su segunda versión (ICPC-2) en conjunto con la décima revisión de la clasificación internacional de enfermedades (CIE-10), es un estándar para comprender la epidemiología de la atención primaria e identificar temas clínicos en medicina familiar ^[23].

“Exploring the sources and mechanisms of cognitive errors in medical diagnosis with associative memory models”. Los resultados sugieren que los sesgos cognitivos son consecuencias inevitables del almacenamiento y el recuerdo asociativo. El modelo proporciona información sobre los mecanismos del error cognitivo y se espera que sea útil en la educación médica ^[24].

“Genome of Rhodnius prolixus, an insect vector of Chagas disease, reveals unique adaptations to hematophagy and parasite infection”. Este insecto ha sido utilizado como organismo modelo para el estudio de la fisiología de los insectos y es un vector importante de la enfermedad de Chagas, enfermedad que afecta a 7 millones de personas en el mundo. El ensamblaje del genoma y análisis asociados proporcionan información crítica acerca de la fisiología y evolución de esta especie vectorial y aporta instrumentos para el desarrollo de nuevos métodos controladores de enfermedades ^[25].

7. Discusión

La publicación médica científica ha experimentado un aumento progresivo en las últimas décadas. La publicación de artículos incluyendo palabras clave como “artificial intelligence” acompaña también esta tendencia incremental sostenida, representando el 0,33% del total de publicaciones hasta la fecha. La IA aplicada a la medicina trae nuevas posibilidades de desarrollo, existiendo gran potencial aún por explorar. El futuro parece ser prometedor, tendiendo a la automatización de los sistemas diagnósticos y terapéuticos. Este desarrollo tecnológico avanza a un ritmo mayor que la normativa ética y legale que la regula, planteando nuevos desafíos éticos.

De nuestro trabajo se destaca el bajo número de artículos que incluyen la palabra clave “ethics”, que fueron solamente el 0,29% de las publicaciones. Esto podría ser reflejo de la poca relevancia que los investigadores otorgan a los aspectos y riesgos éticos implicados en el uso de inteligencia artificial.

Son muchas las controversias desde el punto de vista ético que surgen con la aplicación de la IA en el campo de la medicina. Surgen conflictos desde garantizar la privacidad y confidencialidad, hasta la responsabilidad de las máquinas en el caso de potenciales errores diagnósticos o de tratamiento ^[15].

Otra de las preocupaciones del uso de IA, específicamente de la rama del aprendizaje automático, es que estos sistemas están diseñados para procesar información y realizar tareas específicas a través de pasos preestablecidos ingresados en forma de algoritmos. Sin embargo, se sabe que estos sistemas gradualmente se vuelven más flexibles y trabajan en diferentes situaciones. Esto sucede porque el sistema *aprende* de la información procesada y escribe nuevas instrucciones y pasos para realizar tareas para las que no fue originalmente programado. Esto produce una gran demanda de información para el aprendizaje de sistemas y expone a los riesgos del uso inadecuado de información personal o información pública a expensas de una vulneración de la privacidad ^[26].

Muchos autores plantean que los pacientes deberían tener el derecho de negarse a planificar su tratamiento o ser diagnosticados mediante IA por sus preferencias y valores personales ^[27]. La IA es muy precisa y eficaz para encontrar el diagnóstico y tratamiento correcto. Sin embargo, aunque pueda ser el mejor tratamiento disponible, puede a veces no ser el más adecuado para las preferencias y necesidades del paciente, el cual debería siempre ser discutido previamente ,

ofreciendo igualmente las diferentes opciones terapéuticas. Si bien puede tener el derecho a que no se utilice IA en el diagnóstico o elección de su tratamiento, esta decisión ya estará afectada por preocupaciones y puede haber consideraciones financieras y prácticas que puedan limitar las opciones a ofrecerle al paciente. Los pacientes tienen diferentes prioridades y preferencias. Por ejemplo pueden preferir un tratamiento en comprimidos en lugar de inyectables; también suelen preferir minimizar la estancia hospitalaria, y ninguna de estas preferencias suele estar reflejada en la historia clínica del paciente. E incluso si lo estuviera, podría estar desactualizado y no reflejar los actuales intereses del paciente.

También se plantea que la IA puede llevar a reducir el contacto humano, que los diagnósticos a través de IA y la planificación del tratamiento puedan monopolizarse con efectos negativos y que los sistemas de IA puedan llegar a tomar el control de las instituciones clave en sociedad y volverse hostiles hacia los humanos. Incluso el director general de SpaceX y Tesla Motors, Elon Musk, durante una entrevista en CNN especuló que es probable que la IA sea la causa de la tercera guerra mundial ^[28].

Surge también la problemática de que la IA puede llegar a tener sesgos y llevar a la discriminación, principalmente por sus algoritmos de toma de decisiones. Los médicos pueden comenzar a basarse en los diagnósticos y sugerencias de la IA y dejar de considerar las preocupaciones del paciente. Hay al menos cinco razones por las cuales las preocupaciones por los efectos nocivos y sociales de la introducción de la IA en la medicina, deberían ser consideradas, razones democráticas, razones de autonomía, razones de solidaridad, razones consecuenciales y razones epistemológicas ^[28].

Los sistemas basados en el aprendizaje automático y la IA facilitan el proceso de toma de decisiones y son herramientas que prometen ser útiles en la nueva era de medicina personalizada y de precisión. A medida que crece el almacenamiento de datos y la evidencia científica, estas herramientas van desarrollando su mayor potencial para lograr un correcto diagnóstico y atención ^[29].

Se ha utilizado el desarrollo de éste sistema para múltiples aplicaciones, en *triage* por ejemplo, ya que se vio que reduce el número de diagnósticos erróneos ^[30]. Por ejemplo en oftalmología, se utiliza principalmente para el diagnóstico de retinopatía ^[31] y en oncología, para apoyar la elección del tratamiento basándose en modelos predictivos a partir de imágenes, datos clínicos, biológicos y genéticos, y muchas aplicaciones más ^[32].

Sin embargo, como ya hemos nombrado anteriormente, surgen las grandes interrogantes de: ¿Cuáles son las responsabilidades y en quien recaerían en caso de que el algoritmo planteado por IA no funcione bien? ; ¿Cómo se aplican los requisitos legales para la protección de los datos del paciente y los derechos de privacidad a los posibles escenarios? ^[29].

De esta revisión, podemos concluir que en los días que corren existe un gran interés por continuar estudiando y desarrollando sistemas de IA. Esto deja puertas abiertas a mayores avances, que paulatinamente se irán instalando en nuestros sistemas de salud al igual que lo han hecho otro tipo de tecnologías tras su desarrollo.

8. Conclusiones y perspectivas

La IA se ha convertido en una ciencia en pleno auge con gran número de aplicaciones. En los últimos años se han incrementado considerablemente las publicaciones sobre IA aplicada a la medicina. Sus avances han repercutido favorablemente en la práctica médica con beneficios en distintas áreas.

Cuatro especialidades médicas se destacan en cuanto al caudal de publicaciones: genética, imagenología, oncología y cirugía.

En los últimos diez años se ha dado un importante incremento en las publicaciones relacionadas con la IA. Uruguay no ha sido ajeno a este fenómeno aunque el número de publicaciones encontradas es

Al día de hoy existen aplicaciones que sirven de apoyo al personal asistencial en la toma de decisiones diagnósticas que han demostrado ser eficaces en la práctica médica diaria. Por otra parte, distintas técnicas quirúrgicas se han visto mejoradas con la implementación de cirugía robótica que también hace uso de la IA. Del mismo modo se han logrado considerables avances en tratamientos oncológicos y diagnósticos genéticos.

Sin embargo han surgido diversos conflictos éticos en relación a la IA, como los relacionados con el almacenamiento de datos y la divulgación de los mismos, la privacidad, la discriminación por datos genómicos, las responsabilidades cuando hay una falla, o los derechos de los pacientes a negarse al asesoramiento de la misma.

Creemos firmemente, que a pesar de todos los avances de la IA en la salud, el rol del médico seguirá siendo protagónico en la relación médico-paciente y que la IA podrá constituir una herramienta más para la toma de decisiones clínicas

Finalmente, desde el punto de vista ético creemos que los marcos legales y éticos de protección a los pacientes y profesionales de la salud, tienen como desafío seguir avanzando al mismo ritmo que la ciencia.

9. Referencias bibliográficas

1. Francisco Escolano Ruiz, Miguel Ángel Cazorla Quevedo, María Isabel Alonso Galipienso, Otto Colomina Pardo, Miguel Ángel Lozano Ortega; Introducción a la Inteligencia Artificial. Inteligencia Artificial: Modelos, Técnicas y áreas de aplicación. Madrid, España. Thomson Ediciones Spain Paraninfo, S.A. 2003. Págs 3 – 9.
2. Sandoval-Obando, Eduardo. (2018). Aprendizaje e inteligencia artificial en la era digital: implicancias socio-pedagógicas ¿reales o futuras?. Revista Boletín Redipe. 7. 155-171.
3. Meskó B, Hetényi G, Gyorffy Z; Will artificial intelligence solve the human resource crisis in healthcare? BMC Health Services Research. 2018; 18(1): 1–4.
4. Noorbakhsh-Sabet N, Zand R, Zhang Y, Abedi V; Artificial Intelligence Transforms the Future of Health Care. The American Journal of Medicine. 2019
5. High-level expert group on artificial intelligence. Set up by the European Commission in June 2018. Made public on 8 April 2019 Disponible en: (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/high-level-expert-group-artificial-intelligence>)
6. Russell, Stuart; Norvig, Peter; Clares, Jose Antonio; Feyerman Aragón, David ; Inteligencia Artificial Un enfoque moderno; 2Da edición; Madrid, España. Pearson Educación S.A. 2004. Págs 1 – 35.
7. Mintz Y, Brodie R. Introduction to artificial intelligence in medicine. Minim Invasive Ther Allied Technol. 2019;28(2):73-81. doi:10.1080/13645706.2019.1575882
8. K. H. Keskinbora, Medical ethics considerations on artificial intelligence, Journal of Clinical Neuroscience, <https://doi.org/10.1016/j.jocn.2019.03.001>. 2019 Published by Elsevier Ltd.
9. de Dombal FT, Leaper DJ, Staniland JR, McCann AP, Horrocks JC. Computer-aided diagnosis of acute abdominal pain. Br Med J. 1972;2(5804):9-13. doi:10.1136/bmj.2.5804.9
10. Adams ID, Chan M, Clifford PC, et al. Computer aided diagnosis of acute abdominal pain: a multicentre study. Br Med J (Clin Res Ed). 1986;293(6550):800–804. doi:10.1136/bmj.293.6550.800
11. . Gegúndez Fernández JA. Technification versus humanisation. Artificial intelligence for medical diagnosis. Arch Soc Esp Oftalmol. 2018;93(3):e17-e19. doi:10.1016/j.ofal.2017.11.004

12. Moreno Barriga E, Pueyo Ferrer I, Sánchez Sánchez M, Martín Baranera M, Masip Utset J. [A new artificial intelligence tool for assessing symptoms in patients seeking emergency department care: the Mediktor application]. *Emergencias Rev la Soc Esp Med Emergencias*. 2017;29(6):391—396. <http://europepmc.org/abstract/MED/29188913>.
13. Grekousis G, Liu Y. Where will the next emergency event occur? Predicting ambulance demand in emergency medical services using artificial intelligence. *Comput Environ Urban Syst*. 2019;76(January):110-122. doi:10.1016/j.compenvurbsys.2019.04.006
14. Nebeker C, Torous J, Bartlett Ellis RJ. Building the case for actionable ethics in digital health research supported by artificial intelligence. *BMC Med*. 2019;17(1):137. doi:10.1186/s12916-019-1377-7
15. Rigby MJ. Ethical dimensions of using artificial intelligence in health care. *AMA J Ethics*. 2019;21(2):121-124. doi:10.1001/amajethics.2019.121
16. Disponible en: <http://www.fmed.edu.uy/concursos/residencias-m%C3%A9dicas/residencias-m%C3%A9dicas>
17. Kulkarni S, Seneviratne N, Baig MS, Khan AHA. Artificial Intelligence in Medicine: Where Are We Now? *Acad Radiol*. 2019;1-9. doi:10.1016/j.acra.2019.10.001
18. Berger B, Cho H. Emerging technologies towards enhancing privacy in genomic data sharing. *Genome Biol*. 2019;20(1):19-21. doi:10.1186/s13059-019-1741-0
19. Williams AM, Liu Y, Regner KR, Jotterand F, Liu P, Liang M. Artificial intelligence, physiological genomics, and precision medicine. *Physiol Genomics*. 2018;50(4):237–243. doi:10.1152/physiolgenomics.00119.2017
20. Tran B, Vu G, Ha G, et al. Global Evolution of Research in Artificial Intelligence in Health and Medicine: A Bibliometric Study. *J Clin Med*. 2019;8(3):360. doi:10.3390/jcm8030360
21. Sparano JA, Gray RJ, Ravdin PM, et al. Clinical and genomic risk to guide the use of adjuvant therapy for breast cancer. *N Engl J Med*. 2019;380(25):2395-2405. doi:10.1056/NEJMoa1904819
22. Righi MLV, Martinez P, Silva A, Umpierrez C, Rodriguez R. Oncotherapy: A Decision Support System to Validate Oncological Treatments. *Stud Health Technol Inform*. 2019;264(August 2018):1799-1800. doi:10.3233/SHTI190654
23. Jamouille M, Augusto DK, Pizzanelli M, et al. Une base de connaissance multilingue et dynamique en ligne pour la médecine générale et les soins primaires [An online dynamic knowledge base in multiple languages on general medicine and primary care].

- Pan Afr Med J. 2019;32:66. Published 2019 Feb 5. doi:10.11604/pamj.2019.32.66.15952
24. Pomi A. Exploring the sources and mechanisms of cognitive errors in medical diagnosis with associative memory models. *Diagnosis (Berlin, Ger.)* 2017;4(4):251-259. doi:10.1515/dx-2017-0024
 25. Mesquita RD, Vionette-Amaral RJ, Lowenberger C, et al. Genome of *Rhodnius prolixus*, an insect vector of Chagas disease, reveals unique adaptations to hematophagy and parasite infection [published correction appears in *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2016 Mar 8;113(10):E1415-6. Lange, Angela B [added]; Orchard, Ian [added]]. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 2015;112(48):14936–14941. doi:10.1073/pnas.1506226112
 26. Keskinbora KH. Medical ethics considerations on artificial intelligence. *J Clin Neurosci.* 2019;64(xxxx):277-282. doi:10.1016/j.jocn.2019.03.001
 27. Ploug T, Holm S. The right to refuse diagnostics and treatment planning by artificial intelligence. *Med Heal Care Philos.* 2019;(0123456789). doi:10.1007/s11019-019-09912-8
 28. Davis JP. Law Without Mind: AI, Ethics, and Jurisprudence. *SSRN Electron J.* 2018;55(1). doi:10.2139/ssrn.3187513
 29. Mitchell C, Ploem C. Legal challenges for the implementation of advanced clinical digital decision support systems in Europe. *J Clin Transl Res.* 2018;3(Suppl 3):424–430. Published 2018 Aug 18.
 30. 1. Dehghani Soufi M, Samad-Soltani T, Shams Vahdati S, Rezaei-Hachesu P. Decision support system for triage management: A hybrid approach using rule-based reasoning and fuzzy logic. *Int J Med Inform.* 2018;114(March):35-44. doi:10.1016/j.ijmedinf.2018.03.008
 31. 1. de la Torre-Díez I, Martínez-Pérez B, López-Coronado M, Díaz JR, López MM. Decision Support Systems and Applications in Ophthalmology: Literature and Commercial Review Focused on Mobile Apps. *J Med Syst.* 2015;39(1). doi:10.1007/s10916-014-0174-2
 32. Walsh S, de Jong E, van Timmeren J, et al. Decision Support Systems in Oncology review article abstract. *Clin Cancer Informatics.* 2019:1-9.

10. Anexos

Tabla 1 | Frecuencia de artículos combinando AI con cada especialidad médica. Global y en los últimos 10 años.

| Términos de búsqueda (Artificial intelligence AND ...) | Total | 10 años |
|---|--------------|----------------|
| Medical Imaging | 17228 | 9567 |
| Surgery | 14455 | 9515 |
| Genetics | 11560 | 9273 |
| Oncology | 10852 | 7631 |
| Pathology | 7944 | 5683 |
| Radiology | 5857 | 3567 |
| Urology | 2778 | 1938 |
| Psychiatry | 1273 | 942 |
| Internal medicine | 1188 | 825 |
| Intensive care | 1278 | 740 |
| Gynecology | 921 | 733 |
| Cardiology | 685 | 497 |
| Pediatrics | 572 | 456 |
| Otorhinolaryngology | 516 | 407 |
| Toxicology | 435 | 311 |
| Anesthesiology | 446 | 305 |
| Ophthalmology | 373 | 290 |
| Gastroenterology | 310 | 260 |
| Pneumology | 342 | 254 |
| Hematology | 269 | 219 |
| Dermatology | 244 | 191 |
| Endocrinology | 198 | 179 |
| Forensic medicine | 282 | 168 |
| Nephrology | 178 | 132 |
| Rheumatology | 145 | 115 |
| Traumatology | 46 | 34 |
| Neonatology | 36 | 20 |