



**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE MEDICINA**

Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador



**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**SUBMODALIDAD: CAPÍTULO DE LIBRO**

**TEMA: “Gestión de riesgos y Seguridad del paciente en la Era de la Inteligencia Artificial”**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE MAGÍSTER EN GESTIÓN DE CALIDAD  
EN SALUD Y SEGURIDAD DEL PACIENTE**

**DIRECTOR:**

**Dra. Mónica Vinueza**

**AUTOR:**

**Hugo Barcia Andrade**

**QUITO, 2024**

**DERECHOS DE AUTOR**

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las políticas y manuales de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas políticas.

Asimismo, cedo los derechos en línea patrimoniales de mi trabajo de titulación, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción dentro de las regulaciones de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: \_\_\_\_\_

Nombre: Hugo Fernando Barcia Andrade

Cédula: 1313931113

Lugar y fecha: Quito, 25 [septiembre](#) de 2024.

## **DEDICATORIA**

**Este trabajo quiero dedicarlo a mis padres Fabiola y Ricci, y a mi abuelo Hugo, quienes estuvieron conmigo desde el primer momento que decidí empezar esta nueva etapa de mi vida, su apoyo incondicional, sus consejos, y su ejemplo me han enseñado que nada es imposible.**

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más profundo agradecimiento a la Dra. Mónica Vinueza por su dedicación y guía sin igual. Su dirección y consejo académico, lleno de conocimiento y estímulo, ha sido un pilar fundamental para realizar esta investigación y mi crecimiento como profesional. Me faltan palabras para poder expresar cuanto valoro su apoyo y guía en este camino hacia la excelencia que he decidido tomar.

Añado mis gratitudes a los profesores de esta maestría, cuyas enseñanzas fueron base para la construcción de esta investigación, en especial al Dr. Carlos Flores, quien con su particular entusiasmo por la calidad en salud me dio a descubrir un camino a seguir para avanzar en mi carrera profesional.

Finalmente, quiero agradecer a todos mis seres queridos por estar junto a mí durante todo este proceso, su apoyo y comprensión los recordare toda la vida.

## Contenido

DERECHOS DE AUTOR .....	2
DEDICATORIA .....	3
AGRADECIMIENTOS .....	4
Contenido.....	5
RESUMEN .....	6
ABSTRACT.....	7
1. INTRODUCCIÓN.....	8
2. METODOLOGÍA .....	9
3. DESARROLLO .....	10
3.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU INFLUENCIA EN EL SECTOR DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DEL PACIENTE.....	10
3.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN Y EL CONTROL DE CAIDAS EN CENTROS DE SALUD 13	
3.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DIAGNOSTICO, PREDICCIÓN Y MANEJO DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIA.....	14
3.4. APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DEL PACIENTE EN EL DIAGNÓSTICO IMAGENOLÓGICO .....	17
3.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS.....	18
3.6. APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARITIFICIAL EN EL QUIROFANO .....	19
3.7. IMPLICACIONES LEGALES, ETICAS Y LIMITACIONES DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD 23	
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	27
5. BIBLIOGRAFÍA.....	28

## RESUMEN

La aplicación de la inteligencia artificial en diferentes campos de la salud como una herramienta tecnológica puede mejorar la seguridad del paciente. Varios estudios han demostrado que la IA actualmente es utilizada como apoyo para el personal debido a su alta rapidez y efectividad, al punto que genera diagnósticos con una mayor precisión y con menos recursos en comparación con un equipo de profesionales; aunque al ser una tecnología nueva, no existen protocolos claros a nivel mundial de su uso médico y en nuestro país aún no existe una ley aprobada dedicada a su uso en el área de la salud. Esta revisión concluye en que la IA tiene la capacidad de ser una herramienta central a futuro en el apoyo al diagnóstico médico y con una clara influencia en la seguridad del paciente, aunque se requiere definir un marco regulatorio, su sostenibilidad y alcances.

## **ABSTRACT**

The application of artificial intelligence in various fields of healthcare as a technological tool can improve patient safety. Several studies have shown that AI is currently used as support for healthcare professionals due to its high speed and effectiveness, to the extent that it generates diagnoses with greater accuracy and fewer resources compared to a team of professionals. However, as a new technology, there are no clear global protocols for its medical use, and in our country, there is still no approved law dedicated to its use in the healthcare sector. This review concludes that AI has the potential to become a central tool in the future for supporting medical diagnosis and significantly impacting patient safety, although it requires the definition of a regulatory framework, sustainability, and scope.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Inteligencia Artificial (IA), es una nueva tecnología cuyo objetivo es simular el proceso de aprendizaje y razonamiento humano para tomar decisiones (Avila-Tomás, Mayer-Pujadas, & Quesada-Varela, 2020). Su aplicación actual no solamente se evidencia como una herramienta computacional como el Chat GPT, el cual es un sistema de chat basado en IA que realiza tareas relacionadas con el lenguaje y es capaz de analizar datos y mantener una conversación con el usuario (Fernández, 2024); sino además está presente en diversas industrias a niveles operativos e incluso ha llegado a estar presente en la atención directa con los clientes (Avila-Tomás, Mayer-Pujadas, & Quesada-Varela, 2020). Su principal beneficio es que puede realizar tareas con mayor rapidez y eficiencia que su contraparte humana, por lo que muchos expertos consideran que las industrias poco a poco serán dominadas por estos sistemas integrados con IA.

En el área de la salud diversas entidades han iniciado el desarrollo de programas de inteligencia artificial, así como equipos basados en algoritmos de IA que han demostrado tener una precisión y exactitud bastante elevada, e incluso han podido llegar a superar a profesionales de la salud en términos de rapidez, eficiencia y, en algunos casos, precisión, por lo que su aplicación en la labor diaria en salud solo es cuestión de tiempo (Bates, y otros, 2021). Esta integración progresiva de equipos y modelos basados en IA debe ir junto a uno de los principios claves de la atención en salud, la seguridad del paciente. Debido a esto es importante realizar un análisis de las diferentes aplicaciones de estos equipos en diferentes áreas de la seguridad del paciente.

## 2. METODOLOGÍA

Se realizó una búsqueda de literatura médica en PubMed, Google Académico y diversas revistas especializadas en medicina, la cual incluyó una revisión bibliográfica de diferentes estudios sistemáticos y experimentales sobre el uso de la inteligencia artificial y sus aplicaciones en los diferentes campos de la salud. Esta revisión fue limitada a artículos de revista científicas y datos otorgados por organismos rectores a nivel mundial y del Ecuador. La búsqueda fue realizada mediante títulos o abstractos, utilizando operadores Booleanos de la siguiente manera: (Artificial intelligence or Deep learning or machine learning) and (robot o robótica) and (fall preventention or hospital infections or general surgery) and (IA or Deep leearning). Además de utilizar bases de datos públicas de la Organización Mundial de la Salud, Ministerio de Salud Pública del Ecuador y Ecu-911.

El criterio de exclusión se basó en el corte de año de publicación, considerando solo los artículos desde el año 2020, a los cuales se realizó una lectura crítica, clasificación de relevancia a los temas preestablecidos y creación de una base de datos donde se encontrase la información de los artículos seleccionados a ser integrados siguiendo una estructura lógica al documento presente. Una vez que la información fue integrada se realizó un proceso de revisión mutua para luego ser aprobado por el dirigente del proyecto.

### **3. DESARROLLO**

#### **3.1. INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SU INFLUENCIA EN EL SECTOR DE LA SALUD Y LA SEGURIDAD DEL PACIENTE**

La seguridad del paciente es un componente crítico en la atención sanitaria moderna, y piedra angular en la calidad de la atención médica que abarca una combinación de políticas, prácticas y tecnologías diseñadas para lograr que los pacientes reciban una atención segura y efectiva; pero a pesar de los avances en la tecnología y los conocimientos médicos, los eventos adversos siguen siendo una causa significativa de daño a los pacientes. (Pallango, Fiallos, Cespedes, & Tapia, 2022).

El Ministerio de Salud Pública del Ecuador (MSP), como autoridad sanitaria, ha tomado el papel de responsable en la aplicación, control y vigilancia de la seguridad del paciente, pero la realidad actual demuestra que el sistema de salud carece del apoyo y recursos suficientes para poder cumplir dicho objetivo. El Banco Interamericano de Desarrollo (BID) en su carta de estrategias, considera al Ecuador como ineficiente en el campo de la salud (Witt, Ronquillo, & Monserrate, 2023), lo cual es una evidencia de que su sistema de salud está atrasado en comparación de otros países, que están aplicando nuevas metodologías en la salud y por lo tanto en la seguridad del paciente como la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial (IA) se la puede definir como “una de las tecnologías más nuevas desarrollada en las ciencias de la computación que incluyen el diseño de herramientas informáticas y empleo de bases de datos para generar algoritmos de aprendizaje y simular un proceso cognitivo semejante a procesos de razonamiento humano como aprendizaje y autocorrección” (Avila-Tomás, Mayer-Pujadas, & Quesada-Varela, 2020). El objetivo de la IA es simular el pensamiento humano, esto

lo realiza mediante dos subprocesos llamados Machine Learning y Deep Learning, las cuales emplean métodos estadísticos para el análisis de bases de datos bajo condiciones preestablecidas y el uso de redes neuronales digitales que simulan la toma de decisiones. Estos dos subprocesos que trabajan en conjunto evaluando las posibilidades del cómo realizar una actividad, tomando en consideración las consecuencias y sus variables simulando así el raciocinio humano (Dunn & College, 2021).

Esta nueva tecnología está tomando un papel central en el sector de salud, ya que su aplicación tiene el potencial de revolucionar los procesos en los que se basa la atención. Esto se debe a que la IA puede realizar tareas complejas en tiempos muy cortos con una mayor eficiencia y rapidez que un profesional. Por esta razón diversas organizaciones han empezado a aplicar sistemas basados en IA en múltiples procesos de la atención en salud, siendo ejemplos de su participación: en salud pública, epidemiología e investigación sanitaria (Indira, Nathaly, Gabriel, & Ana, 2024), así como en procesos económicos, administrativos y en la contratación de empleados en las unidades de salud por la capacidad de los algoritmos de la IA para detectar fraudes y actos ilícitos (Bernardo & Juan, 2024).

No se puede dejar de mencionar la aplicación de la IA en la educación direccionada en mejorar la salud del paciente, no solo para actualizar e incrementar los conocimientos técnicos y destrezas para el personal de salud, sino para capacitar a los pacientes en prácticas de autocuidado y monitoreo de su salud (Aerts & Bogdan, 2021). Varias sociedades médicas han encontrado la significancia de la IA para revolucionar la forma tradicional de la práctica de la medicina, por ejemplo, tras encuestas realizadas en el año 2020, la Academia Americana de Radiología concluyó que alrededor del 30% de radiólogos ya está utilizando IA en sus prácticas clínicas, y

que un 20% planea en implementar a la IA para su labor diaria (Tighe, Gale, & Mossburg, 2024). Otro ejemplo es el uso de la IA en la detección de cáncer de pulmón, mediante el uso de sensores que analizan el aliento exhalado del paciente, estando demostrando que la interpretación de resultados que realiza la IA posee una precisión incluso mayor que la realizada por un profesional de salud (Bates, y otros, 2021). Estos casos solo son una evidencia de la rápida asimilación que realiza la atención en salud con la IA. Algunas de estas aplicaciones incluso han empezado a emplearse en nuestro país.

En Ecuador, se ha implementado a la IA en la atención en salud, por ejemplo, durante la pandemia de COVID-19 cuando se empezó a utilizar algunos sistemas de IA para la detección temprana de la infección, siendo el primer país sudamericano en implementar un sistema de diagnóstico basado en el software CLOUD, de la empresa Huawei, en 14 hospitales a nivel nacional (Donoso, 2020). Entre los pioneros en nuestro país se encuentra el grupo de trabajo del Dr. Carlos Robles que desarrolló un sistema de eco-endoscopía basado en IA, por el cual se le galardonó con un premio a la innovación tecnológica del año 2021 (El Universo, 2021).

Varios estudios indican que la IA correctamente aplicada podría reducir la ineficiencia en la atención en salud al optimizar flujos y tiempos de procedimientos, mejorar los conocimientos de pacientes y sus cuidadores (por ejemplo proporcionando orientación nutricional y de ejercicio a mujeres embarazadas de acuerdo a su estado de salud), realizar el seguimiento remoto de los mismos (mediante telemedicina, tarjetas con datos de salud y sensores portátiles), identificar y prevenir eventos adversos (Saqib, Iftikhar, & Neha, 2023), lo que mejoraría la seguridad del paciente e incrementaría su satisfacción. A continuación, se cita sus aplicaciones en el sector salud enfocados en la seguridad del paciente (Bajwa, Munir, Nori, & Williams, 2021)

### **3.2. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA PREDICCIÓN Y EL CONTROL DE CAÍDAS EN CENTROS DE SALUD**

Entre los eventos adversos derivados de la atención de salud, se puede destacar a las caídas. Durante el mes de febrero 2024, el ECU-911 reportó un total de 2.661 caídas a nivel nacional, de las cuales 12% están relacionadas con la gestión sanitaria (ECU-911, 2024). Esto representa una problemática especialmente en adultos mayores donde son un 32-42% con más probabilidades de sufrir una caída (Usmani, Saboor, Haris, Khan, & Park, 2021).

La inteligencia artificial, mediante su capacidad de análisis de datos puede ser utilizada para la prevención de caídas, mediante el uso de sensores, que simulan caídas en diferentes posiciones y escenarios, con el fin de proporcionar una base de datos a ser analizada (Usmani, Saboor, Haris, Khan, & Park, 2021). La IA aplicada como herramienta de soporte a los protocolos de caídas en hospitales mediante su integración en las cámaras de vigilancia ha entregado datos predictivos positivos de un 85% del total de alertas notificadas al sistema, y puede detectar de forma inmediata y continua posibles riesgos de caídas en pacientes con patologías que afectan a la movilidad, demostrando que un sistema integrado puede cubrir las falencias de los modelos clásicos, considerando principalmente que el personal de salud no siempre puede encontrarse en el momento un incidente (Choi, Choi, & Park, 2023). Sistemas de IA aplicados en hospitales en Taiwán, han reportado obtener sensibilidades del 95.3% con una especificidad del 94.8%, sumando una precisión en la detección temprana de caídas de hasta un 84% (Chen, Xu, & Xu, 2023). La aplicación de estos modelos demuestra ser muy eficaz en la detección y prevención de caídas especialmente en pacientes que posean un impedimento en su movilidad, y por lo tanto tienen un mayor riesgo de una caída.

### 3.3. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DIAGNÓSTICO, PREDICCIÓN Y MANEJO DE INFECCIONES INTRAHOSPITALARIAS

La Organización Mundial de la Salud, en su informe sobre prevención y control de infecciones, indica a las Infecciones Asociadas a la Atención en Salud (IAAS) como una problemática de salud a nivel mundial sobre todo en países en vías de desarrollo donde 1 de cada 10 portadores de IAAS fallece (OMS, 2022).

Aun cuando el MSP indica que los casos de IAAS en el país han disminuido frente a estadísticas reportadas los años previos, la tasa de IAAS es superior a la media de la región (Ministerio de Salud Pública, 2022). Pese a los esfuerzos realizados, la detección y manejo de IAAS es complicada y demuestra ser un problema difícil de mitigar. Ante esto la IA está demostrando ser extremadamente valiosa en el manejo de enfermedades infecciosas, abarcando varios aspectos, desde la detección temprana, hasta la predicción y gestión mediante el uso de algoritmos, los cuales generan patrones para llegar a resultados con mucha más rapidez, y en muchos casos mayor exactitud que un profesional de la salud. Se la puede aplicar en cuatro áreas principalmente:

- *Laboratorio:* Se puede resaltar el uso de IA integrados en equipos de diagnóstico, que permiten la detección, cuantificación y determinación de resistencias en cultivos microbiológicos. Algunos de estos equipos ya han sido aprobados por la FDA, demostrando tener una sensibilidad del 90.8% y una especificidad del 92.8% en la detección de bacterias causantes de IAAS, con una capacidad de lectura de 200 cultivos por hora, lo cual ha generado una disminución de la carga laboral del 41% dentro de los establecimientos que fueron implementados (Anastasia A. Theodosiou, 2023).

- *Detección de imágenes:* Se ha aplicado la IA en equipos de análisis de imágenes clínicas para la detección de Tuberculosis, alcanzando un grado de sensibilidad y especificidad del 91% y 65% respectivamente. Adicionalmente existen equipos para análisis de placas para detección de malaria, los cuales llegan a tener grados de sensibilidad y especificidad del 99%. Sin embargo, cabe indicar que aún se requieren más estudios clínicos para aprobar su uso en hospitales (Anastasia A. Theodosiou, 2023).
- *Toma de decisiones clínicas:* Los usos de la IA en la toma de decisiones son aplicados a la predicción, prescripción y clasificación de ciertas enfermedades, tomando como objetivo principal las IAAS. Esta aplicación puede producir una disminución de la tasa de mortalidad del 3.86% al 2.34% según datos obtenidos en 9 hospitales en los cuales se implementó un sistema de detección de IAAS basado IA, denotando una tendencia del sistema en pedir la realización de cultivos 2.8 horas antes que el protocolo habitual (Anastasia A. Theodosiou, 2023), demostrando que la IA requiere de menos tiempo en detección en comparación con el triage tradicional, alcanzando una precisión del 99% (más del 13% en comparación de métodos tradicionales) (Bates, y otros, 2021).
- *Vigilancia de IAAS:* Modelos de IA basados en datos epidemiológicos se han aplicado para la predicción de patrones de influenza. Recientemente, a raíz de la pandemia de COVID-19, se han implementados modelos de IA en la clasificación y genotipificación del mapeo genómico de virus, los cuales sirven de apoyo para pandemias epidemiológicas y orígenes zoonótico del virus. Un ejemplo de aplicación es el EVA, que fue la primera IA utilizada para la prevención y detección de COVID-19 implementada en Grecia durante la pandemia; este sistema detectó 1.85 veces más pacientes asintomáticos que

los métodos de detección tradicionales. Incluso se han desarrollado aplicaciones, las cuales predicen infecciones probables COVID-19 en tiempo real (Anastasia A. Theodosiou, 2023).

La IA también ha tenido un impacto en el lavado de manos, medida que se ha comprobado es la más barata y eficaz para prevención de IAAS. Mediante el uso de sensores adaptados a cámaras, se puede detectar el grado de uso, o el no uso, de gel desinfectante de dispensadores con una precisión del 96.8% con el objetivo de poder generar un sistema que indique no solamente la aplicación sino también de la contaminación de las manos (Singh, y otros, 2020). Existen estudios donde la aplicación de la IA como monitoreo continuo a los “5 momentos del lavado de manos” puede dar información sobre el apego del personal de salud al proceso de desinfección, existiendo nuevas perspectivas de su aplicación (Knudsen, Hansen, & Møller, 2023).

Dentro de las aplicaciones de estos sistemas en la detección de IAAS, también cabe mencionar la farmacovigilancia en la que sistemas basados en IA pueden ser utilizados para la predicción de eventos adversos causados por fármacos, los cuales pueden alcanzar una precisión del 85% (Bates, y otros, 2021). Estos sistemas también pueden ofrecer alternativas e incluso indicar las consecuencias de utilizar una combinación de medicamentos no conocida. A esto, se pueden acoplar al uso de bases de datos personalizadas de los pacientes, donde la IA puede realizar un análisis, para ofrecer recomendaciones específicas a cada tratamiento siendo un apoyo en la toma de decisiones (Bates, y otros, 2021).

### **3.4. APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA MEJORAR LA SEGURIDAD DEL PACIENTE EN EL DIAGNÓSTICO IMAGENOLÓGICO**

El uso de la IA en el campo del diagnóstico por imagen ha sido aplicado principalmente en el área de radiología, como se mencionó anteriormente, se estima que para el 2026 el 50% de radiólogos en Estados Unidos utilizarán a la IA en sus prácticas clínicas según datos de la Academia Americana de Radiología (Tighe, Gale, & Mossburg, 2024). Esto es debido a que esta herramienta puede dar diagnósticos con una rapidez y eficiencia equiparable con el profesional de salud, lo que demuestra la rápida integración de la IA en este campo.

Aplicaciones de IA poseen la capacidad de dar diagnósticos y pronósticos de radiografías en el caso de fractura, alcanzando una precisión del 83% en la clasificación y pronósticos de fracturas de tobillos (Oosterhoff, 2020). Considerando que la interpretación tradicional de imágenes radiológicas conlleva un grado de subjetividad que podría generar la falta de homogeneidad en los informes, la IA podría ser una ventaja al identificar y discernir patrones no tan obvios para el ojo humano, lo que sumado a que puede trabajar de forma continua y sin fatiga incluso 24 horas al día, es muy promisorio su uso en esta área diagnóstica. (Mohammad Mofatteh, 2021).

Otra área de la imagenología en la que se ha aplicado la IA es la resonancia magnética (MRI) encontrándose resultados prometedores en la detección y diferenciación de cáncer pulmonar, cáncer prostático, cáncer de seno, entre otros. Estudios están demostrando que el uso de grandes bases de datos del espectro clínico, genómico e histopatológico de estos tipos de cáncer a sistemas de MRI con IA pueden realizar representaciones dimensionales de alta precisión con una mayor rapidez que equipos convencionales, lo que, en un futuro, se estima que estos sistemas podrían indicar posibles tratamientos sin

la necesidad de métodos invasivos cambiando la forma en cómo se trata esta enfermedad (Paudyal, y otros, 2023).

La IA asociada a tomografía permite la evaluación del daño cerebral post traumático con más precisión que métodos manuales (Saqib, Iftikhar, & Neha, 2023).

Esto ha provocado que organismos reguladores como la FDA, estén empezando a reconocer la aplicación de la IA en la imagenología, por lo que se ha empezado a aprobar diversos equipos basados en esta tecnología (Tighe, Gale, & Mossburg, 2024).

### **3.5. INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA UNIDAD DE CUIDADOS INTENSIVOS**

La unidad de cuidados intensivos (UCI) es caracterizada por tratar pacientes cuyos problemas de salud son potencialmente mortales. Estos requieren de monitoreo y tratamiento constantes por lo que se emplean no solamente equipos muy especializados sino también personal muy entrenado (Vyas, 2022).

Debido a que este servicio trata con pacientes de alto riesgo, la administración de tratamientos es basado en toma de decisiones secuenciales. Ante esto, se ha empezado a experimentar la IA no solo como una herramienta predictiva, sino como una herramienta para la toma de decisiones donde pueda determinar resultados a partir de diferentes tratamientos aplicables (Smit, Krijthe, & Bommel, 2023).

Actualmente se ha logrado adaptar protocolos para el reemplazo de electrolitos en pacientes de UCI, donde la aplicación de algoritmos (los cuales incluyen registros de historias clínicas y datos del paciente) pueden hacer una relación de un paciente ingresado con la información práctica de una base de datos, otorgando un tratamiento y servicio personalizado a cada paciente mediante la realización de protocolos específicos

para la administración de electrolitos, reduciendo costos, tiempo y riesgos asociados a la administración electrolítica habitual (Saqib, Iftikhar, & Neha, 2023).

Hay que resaltar la utilidad de la IA para ofrecer alertas ante eventos adversos de manera preventiva, dando al personal médico un periodo de tiempo para tomar acciones correctivas. Estudios indican que sistemas de IA lograron predecir 75 minutos antes del comienzo de eventos asociados a taquicardias; y de 15 minutos a eventos de hipotensión, otorgando al personal una ventana de tiempo amplia para el manejo del evento adverso. También se destaca la capacidad de predecir dolor con una precisión del 85%, lo cual es una herramienta útil en pacientes de UCI, quienes muchas veces poseen dificultades para el habla, logrando de esta manera realizar una administración de analgésicos oportuna (Saqib, Iftikhar, & Neha, 2023).

### **3.6. APLICACIÓN DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL QUIRÓFANO**

Datos de la OMS indican que el 10% de la totalidad de eventos adversos ocurren en intervenciones quirúrgicas (OMS, 2023). Los sistemas de IA son enfocados como una herramienta de apoyo al personal médico, buscando disminuir la relación entre la experiencia adquirida en la práctica y el tiempo requerido para adquirirla, más no son un reemplazo de la participación de los profesionales de la salud (Bhat, Rabindranath, Chara, & Simonetto, 2023).

Aunando esfuerzos para disminuir la ocurrencia de incidentes y eventos adversos causados por una amplia gama de factores, muchas entidades de salud han empezado a utilizar a la IA como una herramienta de apoyo en las diferentes etapas de un procedimiento quirúrgico como:

- Fase Preoperatoria: La IA es utilizada como modelo centrado en los factores de riesgo del paciente. Es aplicada como herramienta predictiva para clasificar pacientes por el grado de riesgo de un evento adverso durante el proceso quirúrgico, según su posible duración de estadía en el hospital y como herramienta en vivo del ajuste de la dosis de anestesia. Esto se logra usando algoritmos y bases de datos del historial clínico del paciente, provocando una reducción de la probabilidad de una complicación y una reducción de costos. Estos algoritmos pueden alcanzar un valor predictivo positivo del 85% en las instituciones donde se han implementado (Bellini, y otros, 2024).

El uso de la IA como herramienta de apoyo ante la evaluación de pacientes en etapas tempranas de enfermedad que requerirán un trasplante, para predicción de muerte de paciente en lista de espera y de posibilidad de cancelación de cirugía los cuales han evidenciado resultados prometedores (Bhat, Rabindranath, Chara, & Simonetto, 2023). Adicionalmente se ha aplicado en el chequeo y monitoreo de pacientes previo a la cita quirúrgica demostrando ser una herramienta de apoyo importante para el personal médico.

- Fase operatoria: Aplicada en sistemas remotos de operación, se puede destacar su aplicación en urología, donde el uso de asistencia de robots para prostatectomías ha podido beneficiarse de la integración de IA en sus sistemas con el objetivo de lograr una pseudo automatización del proceso quirúrgico, logrando alcanzar en diferentes estudios una precisión del 70.3% con una sensibilidad del 87% (Moglia, Konstantinos, Evangelos, M, & Alfred, 2021). Adicionalmente estos sistemas pueden predecir la duración del proceso quirúrgico mediante el uso de realidad aumentada, donde se utilizan recreaciones

de operaciones, principalmente de operaciones hepáticas por tumores, las cuales un cirujano realiza el acto quirúrgico y la IA analiza la información de la operación, probándose este uso en diferentes escenarios con resultados prometedores (Gumbs, Perretta, d'Allemagne, & Chouillard, 2021). Un ejemplo de automatización quirúrgica empleado en nuestro país es el equipo Da Vinci, el cual proporciona una precisión del 72.5% al ser acoplado con IA (Moglia, Georgiou, Georgiou, & Satava, 2021)

IA también ha sido utilizada también para el entrenamiento de profesionales mediante su aplicación en simulaciones de cirugías, donde se realizan pruebas ante diferentes eventos adversos donde se evalúa el accionar del profesional de salud en su respuesta ante el evento, objeto por el cual la IA aprende del accionar para su posterior aplicación en el mismo escenario (Bates, y otros, 2021).

- Fase post operatoria: La principal aplicación de la IA es en la predicción de riesgos de pacientes en recuperación post cirugía. Por ejemplo, en cirugías de trasplante hepático, se ha aplicado el uso de IA para predicción el grado de rechazo del órgano, evaluación de recuperación del paciente en tiempo real y principalmente en sistemas predictivos para la identificación temprana de infecciones asociadas a la atención en salud (Bellini, y otros, 2024).

Un importante riesgo quirúrgico es el deterioro clínico del paciente. Datos de Estados Unidos muestran que la descompensación del paciente post cirugía ocurre en 3.6% de casos, denotando especialmente en casos de sepsis, los cuales alcanzan un 13.2% de estos casos, generando gastos de alrededor de 25 billones de dólares anuales (Bates, y otros, 2021). Ante esto la IA es aplicada en la detección temprana de estas complicaciones, aunque esto representa un reto debido a que las descompensaciones

poseen un amplio rango de causas, desde infecciones asociadas a la estancia hospitalaria hasta una descompensación causada por una alteración de los hemo componentes, esto causa que se requieran grandes bases de datos que abarquen todas estas causas para una correcta aplicación de la IA.

Otra aplicación de la IA en la seguridad del paciente es en la detección del tromboembolismo venoso profundo o una embolia pulmonar, complicaciones post quirúrgicas que afecta, alrededor de 3.3% de los pacientes en recuperación, representando gastos de 15 – 30 billones de dólares anuales según datos de Estados Unidos (Bates, y otros, 2021). Varias pruebas han utilizado sistemas aplicados a IA para la identificación y predicción del riesgo a desarrollar estas complicaciones alcanzando una sensibilidad del 89% en comparación a sistemas tradicionales como la puntuación Khorona. Esto se alcanza mediante el análisis de imágenes alcanzando un puntaje de falsos negativos del 0.2% (Bates, y otros, 2021).

La IA apoya el cumplimiento de otra práctica asistencial de seguridad del paciente: la prevención de úlceras. Las úlceras por presión representan alrededor del 2.7% de incidencia en pacientes encamados, alcanzando costos de 28.2 billones de dólares anuales en Estado Unidos, siendo en su totalidad un 97% prevenibles (Bates, y otros, 2021). Ante esto la IA es enfocada en la detección temprana mediante la clasificación por riesgo de paciente en cuidado crítico; esta ha demostrado ser una herramienta de apoyo a la par de herramientas tradicionales (escala Brandon). Esto es logrado mediante la aplicación de sensores en camas y sillas donde la IA detecta la falta de movimiento y la zona de piel expuesta para poder evaluar la escala de riesgo con una precisión del 90%, demostrando ser una herramienta de apoyo importante, aun se requieren estudios para su aplicación. (Bates, y otros, 2021).

### **3.7. IMPLICACIONES LEGALES, ETICAS Y LIMITACIONES DEL USO DE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN SALUD**

Se ha evidenciado que la IA puede ser una herramienta de enorme utilidad para ser aplicada en el sector de la salud, pero pese a su velocidad y continuidad para el análisis de un gran bagaje de datos de diversas fuentes, optimizando tanto horas de trabajo en cuanto sus flujos, ofreciendo información y recomendaciones para los diversos procesos médicos al punto en que pueden sobrepasar a la experticia del personal (Tighe, Gale, & Mossburg, 2024), pero tampoco es una solución definitiva a los problemas y prevención de eventos adversos en su totalidad debido a que, al ser una nueva tecnología, aún no ha tenido una base sólida que se pueda implementar de manera regular. Diversos autores determinan que la IA es una herramienta de apoyo para el personal médico, más no su reemplazo, ya que posee diversas limitaciones (Sikder & Moore, 2023).

Otro aspecto que se debe considerar es el riesgo de que el creciente uso de IA en la atención en salud, se pueda perder la relación médico paciente, ya que se podría limitar el contacto directo entre los dos, a su vez el paciente prefiere ser tratado y atendido por un profesional de salud, a pesar que los modelos de IA han demostrado ser más eficaces, por lo que se debe analizar con cautela su aplicación contando con un marco jurídico y ético que defina su aplicación (Indira, Nathaly, Gabriel, & Ana, 2024).

La principal limitación que los modelos de IA poseen a nivel técnico, es su dependencia en bases de datos de gran tamaño necesarias para realizar su proceso de aprendizaje, las cuales toman mucho tiempo armar por el gran número de datos que deben ser relevantes al objetivo que se desea aplicar. El muestreo puede ser una limitante importante para esta tecnología que requiere de mayor número de estudios, con muestras más grandes. (Moglia, Konstantinos, Evangelos, M, & Alfred, 2021). Por ejemplo, se

estima que, para el caso de operaciones hepáticas, se requiere una base de datos de al menos 750 procesos quirúrgicos para que los sistemas de IA puedan alcanzar una precisión del 90% (Mogliá, Konstantinos, Evangelos, M, & Alfred, 2021). Esto representa el principal problema de la aplicación de IA no solo por el largo tiempo y los costos extremadamente altos que demandan el armar una base de datos, para lo cual se requiere dedicación de varios especialistas de diversas áreas en salud, sino por la necesidad de que estos datos cumplan con los estatutos de privacidad por lo que deben ser revisados y adaptados a los sistemas de IA que se desean aplicar. (Gumbs, y otros, 2021). También implica un problema ético, ya que estas bases de datos deben ser revisadas y modificadas individualmente para cumplir el concepto de confidencialidad de los pacientes, además de que, estos sistemas pueden tener riesgos de ciberseguridad de la información cargada en IA lo que implicaría inseguridad a las fuentes de la misma.

La segunda limitante de la IA es el hecho de que la tecnología actual no permite que pueda ejecutarse sin intervención de personal experto convirtiéndolos en sistemas semi autónomos, aunque en el futuro conforme avance la tecnología puede que esto cambie (Gumbs, y otros, 2021). Esta situación genera un coste elevado no solamente en equipos de alta gama, como lo es en el caso de equipos de laboratorios con sistemas integrados de IA, sino además de infraestructura para el soporte de estos componentes, costos de salario y capacitación del personal que los opere, ya que desconocimiento del propio personal médico en el manejo de IA integrada a la salud, representa ser una limitación importante en la comprensión del objetivo de los diferentes sistemas implementados en diversos estudios (Gumbs, Perretta, d'Allemagne, & Chouillard, 2021)

Dentro del área legal, al ser sistemas relativamente nuevos, los protocolos o leyes no están establecidos por completo en todos los países. Recientemente la Unión Europea desarrolló un protocolo de leyes regulando a la IA en el año 2023. En junio del año 2024,

se presentó el “Proyecto de ley orgánica de regulación y promoción de la inteligencia artificial en el Ecuador”, el cual toma muchos puntos de la ley aplicada en la Unión Europea, este proyecto, clasifica a la IA por su nivel riesgo, siendo:

- Riesgo Bajo: Desarrollos de IA en general que no interfieran con el derecho o bienestar de las personas.
- Riesgo Moderado: Capaces de inferir riesgos jurídicos o algún daño individual o colectivo, pero son mitigables mediante mecanismos de auditoría.
- Riesgo Alto: Sistemas que pueden vulnerar derechos, causar perjuicios y daño grave o irreversible a las personas. Estas deben ser controladas mediante parámetros de seguridad y supervisión humana, a la vez de cumplir certificaciones y permisos.
- Riesgo Extremo: Causan daño directo a la dignidad humana y seguridad en general. Su uso e implementación son prohibidos, y pueden ser representados por sistemas de cálculo de puntaje social, que exploten debilidades en seguridad como el robo de datos, identificación o categorización biométrica de personas, entre otros.

Bajo esta clasificación, los sistemas de uso médico basados en IA entran en nivel de riesgo alto, ya que su uso puede ocasionar graves daño a la integridad física y psicológica de la persona, debido a esto, el proyecto de ley propone que este tipo de sistemas se sometan a controles de seguridad elevados, así como el uso de protección de ciberseguridad, y otros certificados que permitan corroborar el uso seguro de esta tecnología (Ramos, 2024). Cabe recalcar que, a la fecha de realizar esta revisión, no se ha aprobado este proyecto de ley.



#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La IA ha comenzado a revolucionar diversos aspectos de la atención en salud, y por lo tanto la seguridad del paciente gracias a sus múltiples aplicaciones en áreas de la salud, desde la prevención de caídas, la detección de infecciones intrahospitalarias hasta la asistencia en procedimientos quirúrgicos. El efecto de IA es muchas veces superior tanto en precisión como en optimización del tiempo ante su contraparte humana, siendo una herramienta de apoyo única para los profesionales de salud los cuales puede ver sus beneficios de manera casi inmediata dando nuevas opciones principalmente en la predicción y análisis de información de pacientes con potencial de riesgo.

Sin embargo, también se debe notar las limitaciones que esta tecnología, la cual aún está en desarrollo, y que posee la necesidad de grandes bases de datos para su óptima función, además de definir una ética de confidencialidad, así como una correcta delimitación bajo leyes y políticas, tomando en cuenta que el marco legal para IA aún no ha sido definido para su aplicación en todos los países

En conclusión, aunque la IA muestra un gran potencial para transformar la atención sanitaria y mejorar la seguridad del paciente, su implementación generalizada enfrenta desafíos significativos que deben ser abordados. Es crucial continuar con investigaciones más amplias y establecer marcos regulatorios sólidos que garanticen el uso seguro y ético de la IA en la salud. La IA debe ser vista como una herramienta complementaria que apoya al personal médico, en lugar de un reemplazo total, para maximizar sus beneficios sin comprometer la calidad y seguridad de la atención. Nuestro país ya ha aplicado la IA en salud, aunque en casos contados, por lo que recomendable sería que se fomente la investigación y uso responsable de la IA para darle un apoyo al sistema de salud público en busca de otorgar un mejor servicio.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Aerts, A., & Bogdan, D. (2021). leveraging data and ai to deliver on the promise of digital health. *ELSEVIER*.
- Anastasia A. Theodosiou, R. C. (2023). artificial intelligence, machine learning and deep learning: potential resources for the infection clinician. *Elsevier*, 287-294.
- Avila-Tomás, J., Mayer-Pujadas, A., & Quesada-Varela, V. (2020). la inteligencia artificial y sus aplicaciones en medicina I: introducción, antecedentes a la IA y robótica. *Elsveir*, 778-784.
- Bajwa, J., Munir, U., Nori, A., & Williams, B. (2021). artificial intelligence in healthcare: transforming the practice of medicine. *Future Healthcare Journal*.
- Bates, D. W., Levine, D., Syrowatka, A., Kuznetsova, M., Craig, K. J., Rui, A., . . . Rhee, K. (2021). the potential of artificial intelligence to improve patient safety: a scoping review. *Digital Medicine*.
- Bellini, V., Russo, M., Domenichetti, T., Panizzi, M., Allai, S., & Bignami, E. G. (2024). artificial intelligence in operating room management. *Journal of Medical Systems*, 48-67. Obtenido de Artificial Intelligence in Operating Room Management.
- Bernardo, L., & Juan, P. (2024). la Inteligencia artificial y los derechos fundamentales en el Ecuador. *Law Working Papers*.
- Bhat, M., Rabindranath, M., Chara, B. S., & Simonetto, D. A. (2023). artificial intelligence, machine learning, and deep learning in liver transplantation. *Journal of Hepatology*, 1216-1233.
- Chen, Y.-H., Xu, J.-L., & Xu, J.-L. (2023). applying artificial intelligence to predict falls for inpatient. *Frontiers of Medicine*.
- Donoso, M. (2020). *Ecuador, pionero en latinoamérica en el uso de inteligencia artificial para detectar COVID-19*. Quito: AA.
- Dunn, W., & College, L. (2021). neurosurgery and artificial intelligence. *Neuroscience*.
- ECU-911. (2024). <https://www.ecu911.gob.ec>. Obtenido de En el país, 2.661 caídas de personas se reportaron al 9-1-1 en febrero de 2024: <https://www.ecu911.gob.ec/en-el-pais-2-661-caidas-de-personas-se-reportaron-al-9-1-1-en-febrero-de-2024/>
- El Universo. (2021). *Ecuador lidera en innovación artificial en el ámbito médico*. Obtenido de <https://www.eluniverso.com>: <https://www.eluniverso.com/entretenimiento/gente/ecuador-lidera-en-innovacion-artificial-en-el-ambito-medico-nota/>

- Fernández, Y. (2024). *ChatGPT: qué es, cómo usarlo y qué puedes hacer con este chat de inteligencia artificial GPT*. Obtenido de <https://www.xataka.com>: <https://www.xataka.com/basics/chatgpt-que-como-usarlo-que-puedes-hacer-este-chat-inteligencia-artificial>
- Gumbs, A. A., Frigerio, I., Spolverato, G., Croner, R., Illanes, A., Chouillard, E., & Elyan, E. (2021). Artificial intelligence surgery: How Do We Get to Autonomous Actions in Surgery? *Sensors*.
- Gumbs, A. A., Perretta, S., d'Allemagne, B., & Chouillard, E. (2021). What is artificial intelligence surgery? *OAE*.
- Indira, L., Nathaly, R., Gabriel, M., & Ana, F. (2024). La inteligencia artificial: un desafío en el campo de la salud. *Facultad Ciencias Medicas*, 5-8.
- Knudsen, A. R., Hansen, M. B., & Møller, J. K. (2023). Individual hand hygiene improvements and effects on healthcare-associated infections: a long-term follow-up study using an electronic hand hygiene monitoring system. *Journal of Hospital Infection*, 179-185.
- Lim, J. I., Regillo, C. D., Satta, S. R., Ipp, E., Bhaskaranand, M., Ramachandra, C., & Solanki, K. (2022). *Artificial intelligence detection of diabetic retinopathy*. Obtenido de <https://www.ophtalmologyscience.org>: [https://www.ophtalmologyscience.org/article/S2666-9145\(22\)00117-8/fulltext](https://www.ophtalmologyscience.org/article/S2666-9145(22)00117-8/fulltext)
- Ministerio de Salud Pública. (2016). <https://hospitalgeneralchone.gob.ec>. Obtenido de Manual de Seguridad del Paciente: <https://hospitalgeneralchone.gob.ec/wp-content/uploads/2015/10/manual-de-seguridad-del-paciente-usuario-SNS.pdf>
- Ministerio de Salud Pública. (2022). <https://www.salud.gob.ec/>. Obtenido de Boletín epidemiológico: Infecciones asociadas a la atención en salud (IAAS): [https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/boletin\\_iaas\\_2021-2022\\_final.pdf](https://www.salud.gob.ec/wp-content/uploads/2024/02/boletin_iaas_2021-2022_final.pdf)
- Moglia, A., Georgiou, K., Georgiou, E., & Satava, R. M. (2021). A systematic review on artificial intelligence in robot-assisted surgery. *ELSVEIR*.
- Moglia, A., Konstantinos, G., Evangelos, G., M, S. R., & Alfred, C. (2021). A systematic review on artificial intelligence in robot-assisted surgery. *International Journal of Surgery*.
- OMS. (Mayo de 2022). <https://www.who.int>. Obtenido de La OMS publica el primer informe mundial sobre prevención y control de infecciones (PCI): <https://www.who.int/es/news/item/06-05-2022-who-launches-first-ever-global-report-on-infection-prevention-and-control>
- OMS. (2023). *Seguridad del paciente*. Obtenido de <https://www.who.int>: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/patient-safety>
- Oosterhoff, J. H. (2020). Artificial intelligence in orthopaedics: false hope or not? A narrative review along the line of Gartner's hype cycle. *Instructional Lecture: General Orthopaedics*.
- Pallango, B., Fiallos, T., Cespedes, J., & Tapia, N. (2022). Eventos adversos relacionados con procedimientos quirúrgicos. *Sapienza*, 39-51.
- Paudyal, R., Shah, A. D., Akin, O., Do, R. K., Konar, A. S., Hatzoglou, V., . . . Shin, J. (2023). Artificial Intelligence in CT and MR Imaging for Oncological applications. *MDPI*.

- Ramos, S. N. (2024). Presentación del proyecto de ley orgánica de regulación y promoción de la inteligencia artificial en Ecuador. *Memorando Nro. AN-NRSP-2024-0101-M*, (pág. 84). Quito.
- Saqib, M., Iftikhar, M., & Neha, F. (2023). Artificial intelligence in critical illness and its impact on patient care: a comprehensive review. *Frontiers*.
- Sikder, S., & Moore, J. E. (2023). Artificial intelligence and surgery: What's next? *JCRO*, 779-780.
- Singh, A., Haque, A., Alahi, A., Yeung, S., Guo, M., Beninati, W., . . . 5, A. M. (2020). Automatic detection of hand hygiene using computer vision technology. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 1316-1320.
- Smit, J. M., Krijthe, J. H., & Bommel, J. v. (2023). The future of artificial intelligence in intensive care: moving from predictive to actionable AI. *Intensive care Med*.
- Tighe, P., Gale, B. M., & Mossburg, S. E. (2024). Artificial intelligence and patient safety: Promise and Challenges. *PsNet*.
- Usmani, S., Saboor, A., Haris, M., Khan, M. A., & Park, H. (2021). Latest research trends in fall detection and prevention using machine learning: A Systematic Review. *SENSORS*, 1-23.
- Vyas, J. M. (2022). <https://medlineplus.gov>. Obtenido de [https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp\\_imagepages/19957.htm](https://medlineplus.gov/spanish/ency/esp_imagepages/19957.htm)
- Witt, G. F., Ronquillo, M. C., & Monserrate, E. (2023). Desafíos y problemas de la salud pública en Ecuador. *Reciamuc*, 10-21.