

RECIBIDO:  
23 abril 2025  
APROBADO:  
4 julio 2025

# Inteligencia artificial en neumología ¿aliada clínica o desafío ético en el Perú?

## *Artificial Intelligence in Pulmonology: Clinical Ally or Ethical Challenge in Peru?*

Miguel Gonzales-Aste<sup>1</sup>

Clínica Stella Maris, Lima, Perú.

AUTOR CORRESPONSAL:

Miguel Gonzales Aste, migonas2905@gmail.com

Miguel Gonzales-Aste  
<https://orcid.org/0009-0007-9462-973X>

### Resumen

**Introducción:** La inteligencia artificial (IA) está transformando rápidamente la práctica médica, incluida la neumología. Aunque sus beneficios son evidentes, su implementación en países como Perú enfrenta desafíos técnicos, estructurales y éticos.

**Objetivo:** Analizar el impacto de la IA en la neumología, sus principales aplicaciones clínicas y los desafíos para su adopción en el contexto peruano, considerando principios bioéticos clave.

**Desarrollo:** Se describen las aplicaciones más relevantes de la IA en neumología, como el diagnóstico por imágenes, la interpretación de pruebas de función pulmonar y el seguimiento de enfermedades respiratorias crónicas. Además, se examinan barreras para su implementación y se plantea un marco ético basado en siete principios aplicados al entorno clínico peruano.

**Conclusión:** La IA puede ser una herramienta valiosa para el neumólogo si se implementa con ética, equidad y contextualización, asegurando que sus beneficios alcancen a todos, sin dejar a nadie atrás.

**Palabras claves:** inteligencia artificial, neumología, bioética, diagnóstico asistido por IA, Perú.

### Abstract

**Introduction:** Artificial intelligence (AI) is rapidly transforming medical practice, including the field of pulmonology. Although its benefits are evident, implementation in countries like Peru faces significant technical, structural and ethical challenges.

**Objective:** To analyze the impact of AI on pulmonology, highlight its main clinical applications and explore the challenges of adoption in the Peruvian context, incorporating key bioethical principles.

**Development:** This review outlines the most relevant applications of AI in pulmonology, including imaging interpretation, pulmonary function test analysis and chronic respiratory disease monitoring. It also addresses implementation barriers and proposes an ethical framework based on seven mid-level principles applied to the Peruvian clinical setting.

**Conclusion:** AI can become a valuable tool for pulmonologists if implemented ethically, equitably and contextually, ensuring that its benefits reach all patients—especially the most vulnerable—without leaving anyone behind.

**Keywords:** artificial intelligence, pulmonology, bioethics, AI-assisted diagnosis, Peru.

## Introducción

La inteligencia artificial (IA) denominada “La Cuarta Revolución Industrial” se ha convertido en una de las tecnologías más disruptivas del siglo XXI,<sup>1,2</sup> especialmente en medicina, por su capacidad para procesar datos masivos y generar recomendaciones clínicas en tiempo real. Ante este avance, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha reconocido el rápido desarrollo de la IA generativa y su amplio potencial.<sup>3,4</sup>

En América Latina, la inteligencia artificial (IA) ha mostrado un crecimiento sostenido, superando el promedio mundial del 59% en adopción, según el IBM Global AI Adoption Index 2023. En países como Brasil, por ejemplo, la IA se ha empleado en el triaje prehospitalario y en sistemas de medición remota de temperatura durante la pandemia. Sin embargo, este avance ha sido desigual entre países y enfrenta barreras significativas, entre ellas, la falta de personal capacitado, lo que limita su implementación efectiva, especialmente en el sector salud.<sup>5-9</sup>

El Índice Latinoamericano de IA 2024 ubica al Perú en el octavo lugar regional en términos de adopción y desarrollo, por debajo de países como Chile, que lideran la región.<sup>10</sup> Aunque se han impulsado iniciativas como el ESSI de EsSalud (Servicios de Salud Inteligente) y diversas alianzas público-privadas, su implementación continúa concentrada en Lima, con limitada expansión hacia otras regiones.<sup>11</sup> Con el fin de revertir esta brecha, la Ley N.º 31.814, promulgada por el Congreso de la República del Perú, promueve el uso estratégico de la inteligencia artificial como herramienta para el desarrollo económico y social, incluyendo el fortalecimiento de los servicios de salud.<sup>12</sup>

En neumología, ya se han desarrollado algoritmos capaces de analizar imágenes torácicas y patrones de función respiratoria con una precisión comparable a la de los especialistas. No obstante, su integración plantea importantes dilemas éticos, entre ellos la necesidad de asegurar que estas tecnologías complementen y no reemplacen el juicio clínico, así como de evaluar si los profesionales de la salud están siendo adecuadamente formados para interpretarlas de manera crítica y responsable.<sup>5</sup>

Estos dilemas éticos no son exclusivos del contexto peruano. En países como Estados Unidos, España, Argentina y Brasil se han reportado casos de uso no supervisado de algoritmos médicos, errores en diagnósticos automatizados y sesgos en bases de datos que afectan la equidad en el acceso a los servicios de salud. Estas experiencias internacionales refuerzan la necesidad de contar con marcos éticos sólidos que orienten la implementación de la inteligencia artificial en medicina de forma justa, transparente y contextualizada.<sup>5,13</sup> En respuesta a estos desafíos, OMS publicó en 2021 una guía basada en seis principios bioéticos fundamentales: protección de la autonomía, promoción del bienestar humano, garantía de transparencia, fomento de la responsabilidad, inclusión y equidad, y sostenibilidad.<sup>4</sup>

En este escenario, la bioética adquiere un papel central. Así como ocurrió previamente con la biotecnología, el vínculo entre IA y bioética exige un enfoque interdisciplinario que permita anticipar riesgos, regular su aplicación y proteger los valores fundamentales de la medicina. En contextos con profundas desigualdades estructurales, como el peruano, resulta aún más urgente integrar los principios bioéticos en la formación médica, en las políticas públicas y en los comités hospitalarios, con el fin de promover un uso responsable, humano y justo de la inteligencia artificial en salud.<sup>5,14</sup>

Frente a este panorama, surge una pregunta clave: ¿puede la IA convertirse en una verdadera aliada para la neumología en contextos como el peruano o corre el riesgo de profundizar las brechas existentes si no se adopta con un enfoque ético y contextualizado?

El objetivo de esta revisión narrativa es examinar las principales aplicaciones clínicas de la IA en neumología, identificar sus desafíos en el contexto peruano y reflexionar sobre los principios bioéticos que deben orientar su uso responsable.

## Metodología

La revisión se apoyó en una búsqueda estructurada realizada entre enero y junio de 2025, centrada en las bases de datos PubMed y Google Académico. Esta se complementó con fuentes adicionales como sitios de organismos internacionales (ej. OMS), instituciones académicas, empresas tecnológicas (IBM, Repsol), medios informativos (Caretas, Infobae) y blogs especializados (FAPESP, BBVA, UNDP).

Se usaron combinaciones de palabras clave en español e inglés mediante operadores booleanos (AND, OR), organizadas por temática: IA en salud (“inteligencia artificial” AND “medicina”), ética y equidad (“IA” AND “bioética”), aplicaciones clínicas (“deep learning” AND “diagnóstico”) y contexto geográfico (“inteligencia artificial” AND “Perú”). Se aplicaron filtros por idioma (español/inglés) y por año (últimos diez años). La última búsqueda se realizó en junio de 2025.

Las fuentes incluyeron artículos científicos revisados por pares, informes institucionales, guías éticas, reportajes especializados, contenidos técnicos y materiales de divulgación. Se priorizó la información reciente, confiable y relevante para construir una visión integral de la IA en medicina y bioética.

Durante el proceso de redacción, se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa como ChatGPT (versión GPT-4, OpenAI, mediante cuenta personal ChatGPT Plus) y Google Gemini (Google LLC). Estas herramientas fueron empleadas como apoyo académico para estructurar ideas, sugerir descriptores, clarificar conceptos técnicos y mejorar la redacción científica. No se utilizaron para redactar contenido automatizado, interpretar datos ni formular conclusiones. Todas las decisiones relacionadas con la selección de fuentes, el análisis crítico y la elaboración final del manuscrito fueron realizadas exclusivamente por el autor para asegurar el rigor académico y ético del trabajo. Asimismo, el uso de estas herramientas permitió una mejor planificación y gestión del tiempo durante el proceso de elaboración.

## Desarrollo

### Conceptualización de inteligencia artificial (IA) en medicina

La Real Academia Española (RAE) define la inteligencia artificial como la disciplina que crea programas capaces de ejecutar operaciones comparables a las de la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.<sup>15</sup> En la misma línea, Karalis et al. la describe como la emulación de la inteligencia humana en máquinas diseñadas para desarrollar habilidades cognitivas y adquirir conocimientos similares a los de los seres humanos.<sup>16,17</sup>

Para comprender el impacto de la inteligencia artificial en medicina, es importante conocer las tecnologías que permiten su desarrollo e implementación en entornos clínicos. (Tablas 1 y 2)

A continuación, se presenta una comparación entre Machine learning (aprendizaje automatizado) vs Deep Learning (aprendizaje profundo) y su aplicación en neumología. (Tabla 3)

**Tabla 1.**

Tecnologías clave en inteligencia artificial utilizadas en medicina.

| Tecnología   | Descripción  | Aplicaciones en medicina   |
|--|--|--|
| Procesamiento de Lenguaje Natural (NLP) <sup>18-20</sup> | Permite a las máquinas comprender e interpretar lenguaje humano.       | Análisis de historias clínicas, extracción de datos clínicos, interpretación de literatura científica.                                     |
| Big Data <sup>21-23</sup>                                | Análisis de grandes volúmenes de datos clínicos en múltiples formatos. | Al integrar datos de millones de pacientes (genéticos, historiales médicos, estilo de vida), el Big Data permite la medicina de precisión. |
| Transformers <sup>24,25</sup>                            | Modelos avanzados de NLP como ChatGPT.                                 | Generación de informes médicos, respuestas a consultas clínicas.   |

**Tabla 2.**

Principales modelos de IA aplicados a la salud.

| Modelo  | Característica  | Ejemplo en medicina   |
|---|---|---|
| <b>Modelo predictivo</b> <sup>26,27</sup>   | Basado en datos históricos para predecir eventos.   | Analiza el historial médico de un paciente, sus datos genéticos y estilo de vida para pronosticar su riesgo individual de desarrollar diabetes tipo 2 en los próximos cinco años.                           |
| <b>Machine Learning (ML)</b> <sup>17,28-31</sup><br>- Supervisado<br>- No supervisado<br>- Por refuerzo | Entrena algoritmos con grandes volúmenes de datos<br>- Usa datos etiquetados.<br>- Detecta patrones sin etiquetas.<br>- Aprende por ensayo y error. | Pueden ser entrenados con grandes conjuntos de datos de síntomas y diagnósticos de pacientes para sugerir posibles diagnósticos a los médicos, y ayudar a mejorar la precisión y velocidad del diagnóstico. |
| <b>Deep Learning (DL)</b> <sup>32-35</sup>  | Subtipo de ML con redes neuronales profundas  | Detección de neumonía en radiografías   |
| <b>Redes Neuronales Convolucionales (CNNs)</b> <sup>36,37</sup>   | Procesan imágenes médicas con alta precisión  | Es excelente para analizar imágenes médicas: de TAC torácicos.  |
| <b>Redes Neuronales Recurrentes (RNNs)</b> <sup>38,39</sup>   | Procesan datos secuenciales   | Monitoreo de signos vitales y lenguaje clínico  |

**Tabla 3.**

Machine Learning vs. Deep Learning: aplicaciones en neumología

| Características                            | Machine Learning  | Deep Learning   |
|--|---|---|
| Definición <sup>40-42</sup>                | Algoritmos que aprenden patrones a partir de datos y mejoran su precisión con el tiempo.    | Redes neuronales profundas que procesan datos de manera más compleja y sin intervención humana directa. |
| Requerimiento de Datos <sup>31</sup>       | Funciona con conjuntos de datos más pequeños si las variables están bien seleccionadas.     | Necesita grandes volúmenes de datos etiquetados para entrenar modelos eficaces.                         |
| Tiempo de entrenamiento <sup>31</sup>      | Más rápido, requiere menos recursos computacionales.  | Más lento y con mayor demanda de procesamiento, a veces días o semanas.                                 |
| Interpretabilidad del modelo <sup>43</sup> | Más fácil de entender y explicar los resultados clínicos.                                   | Menos interpretable, los resultados provienen de procesos internos complejos.                           |
| Ejemplo en neumología <sup>44-46</sup>     | Modelos que predicen riesgo de EPOC en base a datos clínicos y antecedentes médicos.        | Redes neuronales convolucionales que analizan imágenes de tomografía para detectar fibrosis pulmonar.   |
| Monitoreo de pacientes <sup>44</sup>       | Algoritmos que analizan datos de espirometría para detectar cambios en la función pulmonar. | Modelos que detectan apnea del sueño en registros de polisomnografía con alta precisión.                |
| Uso de hardware <sup>47,48</sup>           | Puede ejecutarse en CPU estándar.   | Requiere GPU o servidores especializados debido a la carga computacional.                               |

### Inteligencia artificial en neumología

El mundo tecnológico evoluciona a un ritmo acelerado y el conocimiento en este campo avanza de manera sorprendente. Los países más desarrollados buscan liderar este progreso y la medicina no es una excepción. Entre los avances más relevantes, destacan los relacionados con las enfermedades respiratorias, una de las patologías más frecuentes y cuyo impacto se hizo aún más visible tras la pandemia de Covid-19.<sup>49,50</sup>

A continuación, se detallan las principales aplicaciones de la IA en neumología:

- **Diagnóstico por imágenes en neumología y rol de la inteligencia artificial:**

El diagnóstico por imágenes es esencial en neumología para la detección temprana de enfermedades pulmonares. La inteligencia artificial, mediante redes neuronales convolucionales (CNNs) (capaces de identificar patrones en imágenes médicas sin importar su ubicación u orientación) y técnicas de Deep Learning, ha mejorado notablemente la precisión y velocidad en la interpretación de radiografías y tomografías, lo que ha optimizado la detección de patologías respiratorias.<sup>51-53</sup>

Durante la pandemia, la IA fue clave para interpretar imágenes de manera rápida y precisa, especialmente en la evaluación de complicaciones respiratorias.<sup>54</sup>

En el caso de la embolia pulmonar, la IA ha demostrado un impacto significativo en la eficiencia del diagnóstico, al reducir el tiempo de respuesta en la detección de embolias de 7.772 minutos a solo 148 minutos, además de minimizar los diagnósticos erróneos.<sup>51</sup>

En el Perú, el uso de la IA en el manejo de la tuberculosis está avanzando con aplicaciones que permiten la evaluación automatizada de radiografías a través de un teléfono celular. Estos sistemas capturan la imagen radiográfica y, mediante algoritmos de IA, realizan una primera evaluación de anomalías en el parénquima pulmonar, lo que facilita la detección temprana de la enfermedad en especial en personal no altamente calificado.<sup>52</sup>

En las enfermedades pulmonares intersticiales difusas (EPID), la IA ha demostrado utilidad al detectar patrones en tomografías de alta resolución. Esto permitió identificar la enfermedad y predecir su evolución con mayor precisión que los métodos convencionales. Además de segmentar y cuantificar lesiones, facilita el análisis longitudinal y reduce la carga de trabajo de radiólogos y neumólogos, lo que optimiza la toma de decisiones clínicas.<sup>46,53</sup>

La IA ha demostrado alta eficacia en la detección de nódulos pulmonares malignos en tomografías de tórax, lo que ha mejorado la diferenciación entre lesiones benignas y malignas.<sup>46,55</sup>

Un sistema de lectura asistida por IA superó a los radiólogos en precisión diagnóstica, con tasas de detección del 99,1% en nódulos sólidos y 98,8% en no sólidos, frente al 86,2% y 90,4% obtenidos por los especialistas.<sup>56</sup>

Además, modelos de aprendizaje automático entrenados con las características de textura de las tomografías computarizadas lograron clasificar con precisión a exfumadores con alteración en la capacidad de difusión, y así superar el rendimiento de las mediciones cuantitativas tradicionales de TC.<sup>57</sup>

- **Función pulmonar con inteligencia artificial**

La evaluación de la función pulmonar es clave en el diagnóstico y seguimiento de enfermedades respiratorias como el asma, la EPOC y las enfermedades intersticiales. Sin embargo, su interpretación tradicional depende en gran medida del criterio del especialista, lo que puede generar variabilidad diagnóstica. La inteligencia artificial permite automatizar este proceso, reducir errores y ofrecer resultados comparables e “incluso superiores” en determinados contextos clínicos, lo que facilita decisiones clínicas más objetivas y consistentes.

Se comparó la precisión diagnóstica de 120 neumólogos con un software de IA utilizando 50 casos de pruebas de función pulmonar (PFT), generando 6.000 interpretaciones. Según las guías ATS/ERS, la concordancia promedio de los especialistas fue del 74,4% ( $\kappa = 0,67$ ), pero con una precisión individual del 44,6% y menor acuerdo ( $\kappa = 0,35$ ). En contraste, la IA logró un 82% de diagnósticos correctos con coincidencia total con los patrones funcionales y diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,0001$ ).<sup>58</sup>

Además del rendimiento autónomo, la IA también ha mostrado valor como herramienta colaborativa. Un estudio exploró el potencial colaborativo entre la inteligencia artificial explicable (XAI) y los neumólogos en la interpretación de pruebas de función pulmonar (PFP). Los autores propusieron que una IA capaz de explicar sus decisiones diagnósticas (XAI) podría mejorar el desempeño clínico. En un estudio en dos fases, la precisión diagnóstica preferencial y diferencial aumentó significativamente en los grupos que usaron XAI: en la fase 1 ( $n =$



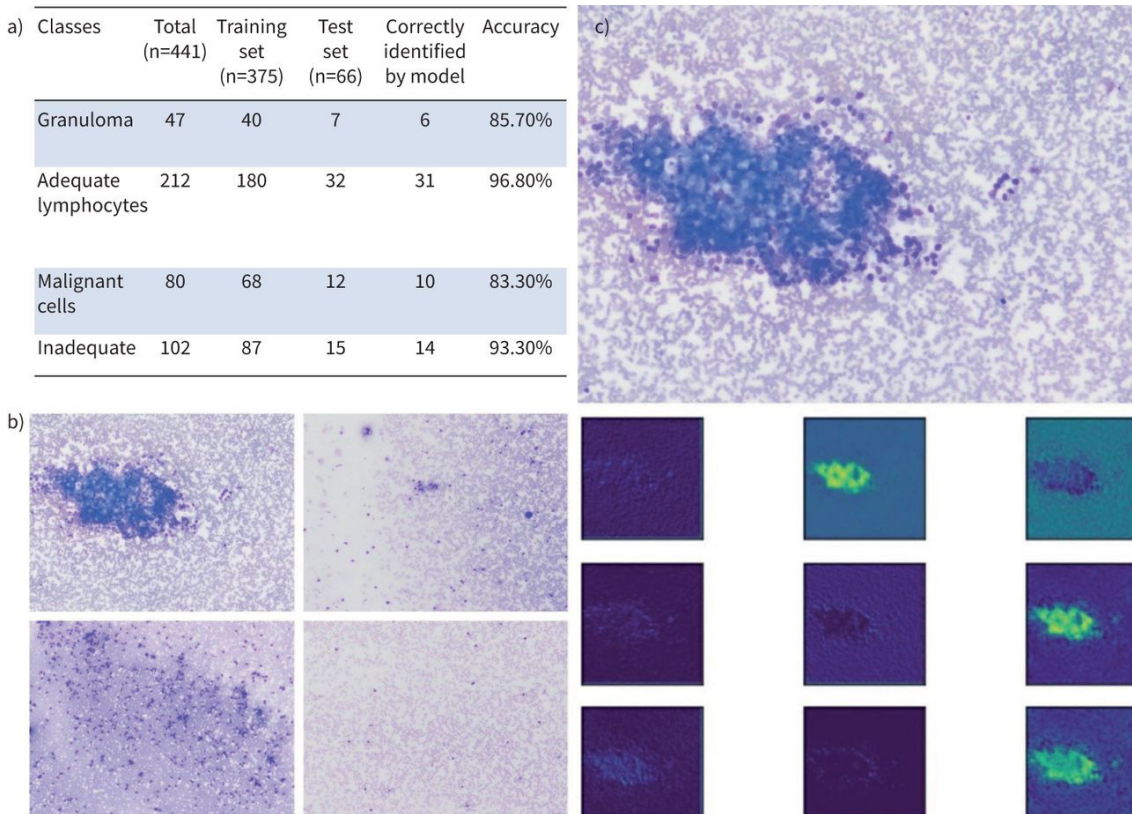
16), la mejora fue superior al 10%, y en la fase 2 (n = 62), también se obtuvieron mejoras estadísticamente significativas. Además, se incrementó la confianza diagnóstica y la concordancia entre evaluadores. Los neumólogos ajustaron sus decisiones tras recibir retroalimentación del sistema, y lograron mejores resultados que aquellos que no utilizaron IA.<sup>59</sup>

- **Neumología intervencionista y el uso de inteligencia artificial**

La neumología intervencionista ha evolucionado significativamente en los últimos años, especialmente con el uso del EBUS-TBNA (la aspiración transbronquial con aguja guiada por ecografía endobronquial) para el muestreo de lesiones mediastinales e hiliares. En este contexto, la inteligencia artificial ha mostrado utilidad. Un algoritmo basado en redes neuronales convolucionales permitió clasificar frotis citológicos en tiempo real durante el procedimiento, lo que facilitó un diagnóstico más rápido.<sup>60,61</sup> (Figura 1)

**Figura 1.**

**a)** Distribución de las imágenes en los conjuntos de entrenamiento/prueba y resultados de la aplicación del modelo de inteligencia artificial en el conjunto de prueba. **b)** Imágenes representativas de todas las clases. En sentido horario desde la esquina superior izquierda: “célula maligna”, “granuloma”, “inadecuado” y “linfocitos adecuados”. **c)** Mapa de características de un grupo de células malignas, como se observa en la primera capa convolucional en VGG19. Adaptado de Asfahan S et al. Eur Respir J 2021;58(4):2100915.



Además, en un artículo de revisión, se desarrolló un modelo de aprendizaje automático para analizar imágenes broncoscópicas de pacientes con cáncer de pulmón, con el objetivo de diferenciar entre adenocarcinoma y carcinoma de células escamosas. Para mejorar la detección de patrones visuales, las imágenes fueron transformadas del formato tradicional rojo-verde-azul (RGB) al espacio tono-saturación-valor (HSV), lo que permitió resaltar mejor las texturas. El clasificador resultante alcanzó una precisión del 86%, una sensibilidad del 90% y una especificidad del 83%, lo que demostró un rendimiento diagnóstico prometedor.<sup>62</sup>

- **Medicina de sueño e inteligencia artificial**

La medicina del sueño es una de las áreas más prometedoras para la aplicación de la IA y el análisis de grandes volúmenes de datos. La puntuación de las polisomnografías (PSG) si-

que siendo un proceso manual que exige la revisión visual de múltiples parámetros del sueño. Un modelo de redes neuronales convolucionales profundas (RCNN), entrenado con más de 15.000 estudios, automatizó este análisis con una precisión superior al 87% en la identificación de eventos clave, comparable a la de expertos humanos. Además, mantuvo buen rendimiento con señales reducidas, como las obtenidas por dispositivos de monitoreo domiciliario, lo que sugiere su utilidad tanto en laboratorios como en el hogar.<sup>63</sup>

En esta misma línea, según la Academia Americana de Medicina del Sueño (AASM), una de las primeras aplicaciones prácticas de la IA es la puntuación automatizada de las fases del sueño y eventos respiratorios en la polisomnografía (PSG), lo que acelera el análisis y mejora su precisión. Además, se proyectan usos más amplios, como el apoyo diagnóstico, el seguimiento individualizado y una mejor comprensión del impacto del sueño en salud pública. Así, la IA se perfila como una herramienta clave para hacer la medicina del sueño más eficiente y centrada en el paciente.<sup>60,64</sup>

- **Monitorización y pronóstico en EPOC y asma mediante inteligencia artificial**

Las enfermedades respiratorias crónicas como la EPOC y el asma imponen una alta carga al sistema de salud por su elevada prevalencia, morbilidad y frecuencia de exacerbaciones. En este escenario, la IA se presenta como una herramienta prometedora para anticipar desenlaces clínicos, mejorar el seguimiento y optimizar la calidad de vida de los pacientes.<sup>44,65</sup> En el caso de la EPOC, los sistemas de apoyo clínico basados en IA han mostrado utilidad tanto en el diagnóstico como en el tratamiento, siguiendo guías clínicas y, más recientemente, adaptándose a plataformas móviles que facilitan su uso en la práctica diaria.<sup>66</sup> Se evaluó el uso del aprendizaje automático para estratificar a 524 pacientes hospitalizados por exacerbación, identificando cuatro grupos clínicos y sociales con distintos perfiles de riesgo. Se desarrolló un sistema de apoyo a decisiones clínicas (ICDSS) basado en Random Forest, que alcanzó un área bajo la curva (AUC) superior a 0,90, lo que indicó excelente capacidad para distinguir entre diferentes desenlaces clínicos. La AUC, que oscila entre 0,5 (azar) y 1 (precisión perfecta), confirmó la utilidad de este enfoque para anticipar evolución clínica, personalizar el manejo y optimizar recursos en EPOC y otras enfermedades crónicas.<sup>45</sup>

A su vez, la monitorización remota de los sonidos respiratorios, asistida por inteligencia artificial, ha demostrado ser una herramienta prometedora para anticipar exacerbaciones en enfermedades respiratorias crónicas. En un estudio reciente, un modelo de máquinas de vectores de soporte (SVM) logró predecir el inicio de exacerbaciones con una anticipación promedio de  $5 \pm 1,9$  días en el 75,8% de los casos, lo que destacó su potencial para facilitar intervenciones tempranas y reducir complicaciones clínicas.<sup>67</sup>

En el asma, la IA ha mostrado alta precisión diagnóstica mediante modelos que integran variables clínicas, espirométricas, sonidos respiratorios y biomarcadores como espectros Raman. Algoritmos como redes neuronales profundas y máquinas de soporte vectorial han superado el 90% de precisión diagnóstica.<sup>65</sup> Además, se han utilizado para anticipar exacerbaciones asmáticas con un rendimiento moderado (AUC: 0,70) y para evaluar sonidos respiratorios mediante un estetoscopio digital, alcanzando un AUC de 0,94 en la detección de sibilancias y roncus.<sup>65,68,69</sup> En paralelo, modelos híbridos que combinan reglas clínicas con aprendizaje automático han predicho el nivel de control del asma con una precisión del 91,7%, integrando datos clínicos y ambientales.<sup>65,70</sup>

Finalmente, la IA ha demostrado utilidad en la estratificación de pacientes según su respuesta al tratamiento tras una exacerbación de asma o EPOC. Un modelo de Random Forest predijo con buen rendimiento el fracaso terapéutico (definido como reingreso, ajuste del tratamiento o muerte dentro de los 30 días posteriores), con un AUC de 0,<sup>81</sup>. Entre las variables predictoras destacaron la disnea (evaluada mediante escala analógica visual) y la purulencia del esputo. Incluso utilizando solo datos sencillos, como la presencia de sibilancias y el porcentaje de eosinófilos en sangre, el modelo fue capaz de predecir la necesidad de corticosteroides sistémicos con un AUC de 0,69. Estos hallazgos respaldan el uso de IA para identificar

pacientes que podrían beneficiarse de un manejo personalizado frente a quienes responden mejor a protocolos estándar.<sup>65,71</sup>

En conjunto, estas aplicaciones confirman que la inteligencia artificial no solo mejora la predicción y el monitoreo en EPOC y asma, sino que también impulsa un enfoque clínico más preciso, oportuno y personalizado, con alto potencial para transformar la gestión de enfermedades respiratorias crónicas.

- **Asistentes neumológicos basados en inteligencia artificial**

Los asistentes neumológicos basados en inteligencia artificial representan una de las aplicaciones más prometedoras en la práctica médica. Están diseñados para apoyar al profesional en el diagnóstico, tratamiento y toma de decisiones, integrando información clínica, funcional y ambiental en tiempo real. Entre sus funciones destacan la interpretación automatizada de pruebas de función pulmonar, la clasificación de imágenes radiológicas, la predicción de exacerbaciones en EPOC o asma y el monitoreo remoto a través de sensores o dispositivos conectados. Algunos incluso consideran factores ambientales como la calidad del aire o el clima para personalizar las recomendaciones clínicas.<sup>44,72</sup>

Entre estas herramientas, los sistemas conversacionales clínicos o chatbots médicos entrenados en neumología constituyen una línea emergente con alto potencial. Un ejemplo prometedor es la “Inteligencia artificial para la detección de la disnea usando la red telefónica”, desarrollada en el Hospital Clínico de la Universidad de Chile. Este sistema logró identificar disnea con un 11% de falsos positivos, 5% de falsos negativos y un error medio de 0,94 puntos respecto al puntaje mMRC, cifras comparables a otras pruebas clínicas estándar.<sup>73</sup>

Estas soluciones no solo pueden asistir en la evaluación respiratoria y la recopilación de antecedentes, sino también en la educación del paciente y la resolución de dudas frecuentes. Aunque no sustituyen la evaluación médica presencial, se perfilan como herramientas valiosas para mejorar la eficiencia, reducir errores y personalizar la atención. Para una implementación segura y efectiva, será fundamental contar con validación científica rigurosa, supervisión humana constante y un diseño centrado tanto en el paciente como en el profesional.

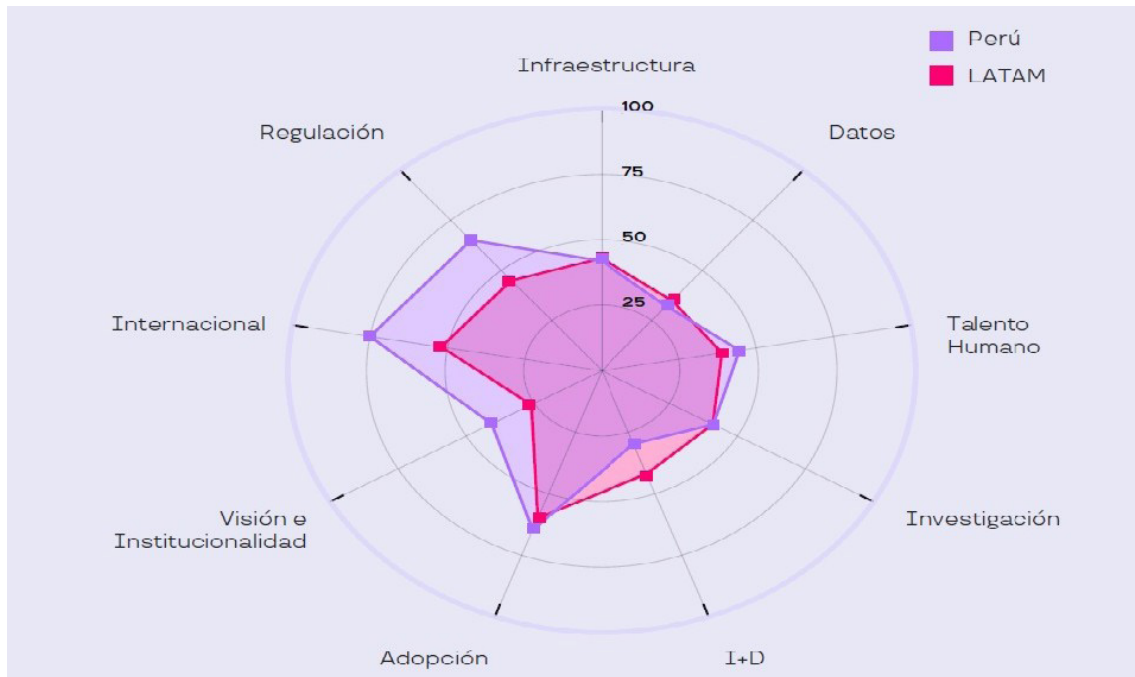
## **Desafíos en la implementación de la IA en neumología en Perú**

A pesar del creciente interés por la IA en el ámbito médico, su adopción en la práctica clínica en neumología en el Perú enfrenta importantes barreras. Estas limitaciones no solo son tecnológicas, sino también estructurales, formativas y normativas, lo cual contrasta con los avances observados en otros países latinoamericanos.<sup>11</sup> (Figura 2)

### **Figura 2.**

Análisis comparativo de subdimensiones estratégicas para la implementación de inteligencia artificial: Perú vs. Promedio Regional LATAM. Comparación del nivel de desarrollo de Perú respecto al promedio regional en nueve subdimensiones clave para la adopción nacional de inteligencia artificial, con implicancias en el sector salud. Adaptado de “Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial 2024”, BID y CENIA.





La figura 2 ilustra las brechas estructurales que presenta el Perú en comparación con el promedio regional latinoamericano en cuanto a capacidades estratégicas para la implementación de IA. Las principales deficiencias se observan en infraestructura digital, gobernanza, disponibilidad de datos y formación de talento humano, elementos fundamentales para una integración efectiva de la IA en el sector salud.<sup>74</sup>

Uno de los principales desafíos para implementar IA en neumología en el Perú es la limitada infraestructura tecnológica, especialmente fuera de Lima. Muchos centros carecen de conectividad, equipamiento digital y sistemas de historia clínica electrónica, lo que dificulta la adopción de estas herramientas.<sup>75</sup> Si bien existen iniciativas como el “Datathon del SIS” (2024) y el Proyecto Piloto EmpatIA de EsSalud (enfocados en modelos predictivos y monitoreo remoto en zonas de difícil acceso), su alcance sigue siendo limitado y mayormente experimental.<sup>76,77</sup>

Aunque existen iniciativas destacables, la realidad del sistema sanitario peruano refleja limitaciones significativas en investigación, desarrollo y adopción efectiva de la IA. Según el Índice Latinoamericano de IA, Perú muestra avances en gobernanza, pero está rezagado frente a países como Chile, Brasil y Uruguay, que lideran la región por sus logros en infraestructura, desarrollo tecnológico y políticas de implementación.<sup>78</sup>

En el Perú, uno de los principales obstáculos para integrar la IA en medicina es la limitada formación del personal de salud.<sup>79,80</sup> Actualmente, los programas de pregrado y posgrado en medicina ofrecen una capacitación limitada o inexistente en IA, salud digital y análisis de datos. Esta deficiencia formativa no solo genera un profundo desconocimiento sobre las capacidades y aplicaciones de estas tecnologías, sino que también fomenta la desconfianza entre los futuros y actuales profesionales de la salud. Si bien el Estado ha impulsado cursos gratuitos de IA a través de plataformas como Talento Digital ('Gen IA', 'IA para la Gestión Pública'), estos valiosos esfuerzos aún no se han extendido efectivamente al ámbito de la salud, donde la formación médica específica en IA es mínima o inexistente.<sup>81,82</sup> Para lograr una implementación segura y efectiva, será clave adaptar estas políticas educativas a las necesidades del personal sanitario y los contextos clínicos nacionales.

Existe un riesgo real de que la implementación de la inteligencia artificial en salud profundice las inequidades si se limita a instituciones urbanas de gran escala. Según el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en América Latina solo 1 de cada 4 personas en zonas rurales tiene acceso a banda ancha, frente a 3 de cada 4 en áreas urbanas, lo que evidencia una brecha digital significativa.<sup>83</sup> Para evitar que estas desigualdades se agraven, toda estrategia de IA en el sistema de salud peruano debe priorizar la equidad, la formación médica y la integración territorial como ejes fundamentales. (Tabla 4)

**Tabla 4.**

Desafíos para la implementación de IA en neumología en Perú y posibles soluciones.

| Desafío   | Evidencia  | Posible solución   |
|---|--|--|
| Infraestructura tecnológica limitada            | Muchos centros de salud fuera de Lima no cuentan con conectividad, historia clínica electrónica ni equipos digitales <sup>74</sup> | Inversión en conectividad y digitalización básica como prerrequisito para proyectos de IA.   |
| Falta de formación del personal médico          | La formación en IA es escasa en pre y posgrado; desconfianza y mal uso de la tecnología <sup>78</sup>                              | Incluir IA y salud digital en los programas de especialización médica y formación continua.  |
| Adopción desigual entre zonas urbanas y rurales | Solo 1 de cada 4 personas en zonas rurales tiene acceso a banda ancha vs. 3 de cada 4 en zonas urbanas <sup>78,82</sup>            | Diseñar políticas de implementación progresiva con prioridad en zonas vulnerables.   |
| Ausencia de validación local de algoritmos      | Muchos sistemas de IA están entrenados con datos extranjeros que no reflejan la realidad peruana <sup>83</sup>                     | Impulsar estudios con datos clínicos peruanos para adaptar y validar algoritmos localmente. Incluir comités de IA y bioética en hospitales y centros académicos para evaluar riesgos y orientar su implementación ética. |
| Falta de marco ético nacional específico        | No existen guías específicas sobre el uso ético de IA en salud en Perú <sup>84</sup>   | Elaborar lineamientos nacionales sobre ética en IA, con enfoque en equidad, autonomía y justicia distributiva.   |

### Ética en la implementación de la IA en neumología en Perú

La aplicación de inteligencia artificial (IA) en neumología plantea desafíos bioéticos que deben abordarse cuidadosamente para garantizar una implementación segura, equitativa y centrada en el paciente. Una revisión peruana señala que la IA puede contribuir significativamente a mejorar el diagnóstico, la atención centrada en el paciente y la eficiencia clínica; no obstante, también genera preocupaciones éticas vinculadas a la autonomía, la justicia, la privacidad de los datos y el posible debilitamiento de la relación médico-paciente.<sup>86</sup> Frente a estos retos, se propone un marco de análisis basado en los siete principios bioéticos de nivel medio descritos por Schröder-Bäck et al., no maleficencia, beneficencia, maximización de la salud, eficiencia, respeto por la autonomía, justicia y proporcionalidad.<sup>87</sup>

Desde el principio de no maleficencia, es esencial asegurar que los algoritmos de IA no causen daño. En la práctica clínica, un modelo mal entrenado o basado en datos no representativos puede generar errores diagnósticos o terapéuticos, especialmente si el personal médico confía ciegamente en sus resultados. En el ámbito investigativo, el uso de bases de datos no anonimizados, o la exposición de información sensible, también puede poner en riesgo a los participantes. Por ello, toda herramienta de IA debe ser validada cuidadosamente y sometida a supervisión clínica constante.

El principio de beneficencia implica que la IA debe aportar beneficios concretos al paciente o a la salud pública. En neumología, esto se traduce en diagnósticos más rápidos, seguimiento personalizado de enfermedades crónicas o mayor precisión en la interpretación de imágenes pulmonares. En investigación, la IA puede acelerar la identificación de patrones clínicos útiles, seleccionar mejor a los participantes de estudios o generar hipótesis con base en grandes volúmenes de datos. Pero el desarrollo de estas herramientas debe estar orientado al impacto clínico real y no solo a avances técnicos.

La maximización de la salud y la eficiencia se reflejan en la capacidad de la IA para optimizar recursos, reducir tiempos de espera y mejorar la toma de decisiones médicas. Por ejemplo, en sistemas de salud con recursos limitados como el peruano, una IA bien diseñada puede apoyar al personal en zonas con escaso acceso a especialistas. Sin embargo, para que su uso sea

ético, debe comprobarse que estas soluciones tecnológicas sean costo-efectivas y sostenibles, evitando duplicaciones o inversiones innecesarias.

El principio de autonomía adquiere especial relevancia en un contexto donde la toma de decisiones comienza a ser compartida entre humanos y máquinas. Es fundamental que los pacientes comprendan el rol que desempeña la IA en su diagnóstico o tratamiento, así como que puedan otorgar un consentimiento informado real, especialmente cuando sus datos son utilizados en investigaciones. Esto también exige transparencia por parte de los desarrolladores y una comunicación clara por parte de los equipos de salud.

Por otro lado, la justicia demanda que las herramientas de IA en neumología no amplíen las desigualdades existentes. Si los sistemas se entrenan solo con datos de poblaciones urbanas o de centros privados, podrían no funcionar adecuadamente en zonas rurales o en pacientes con otras características clínicas. En investigación, también existe el riesgo de que los avances se concentren en instituciones académicas de élite y no lleguen a los sistemas públicos. Por ello, la equidad en el acceso, el desarrollo y los beneficios de la IA debe ser un eje transversal.

Finalmente, el principio de proporcionalidad exige valorar si los beneficios que aporta la inteligencia artificial realmente compensan los riesgos que conlleva su uso, tanto para los pacientes como para la sociedad. Entre estos riesgos se incluyen la posible pérdida de confidencialidad de los datos, la dependencia excesiva de la tecnología, la despersonalización de la atención—cuando las decisiones clínicas se automatizan sin participación activa del profesional— e incluso la ausencia de marcos regulatorios adecuados. Una implementación ética de la IA implica sopesar cuidadosamente estos factores y asegurar que cada decisión tomada esté orientada a proteger la dignidad, los derechos y el bienestar del paciente.

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume cómo estos principios se relacionan con el uso de IA en el campo de la neumología, tanto en el contexto clínico como en la investigación. (Tabla 5)

**Tabla 5.**

Análisis ético de la inteligencia artificial en neumología basado en los siete principios bioéticos de nivel medio descritos por Schröder-Bäck et al.<sup>87</sup>

| Principio Bioético       | Aplicación en IA en neumología  |
|--------------------------|---|
| No maleficencia          | Evitar que algoritmos causen daño, como errores diagnósticos por sesgos en los datos.                 |
| Beneficencia             | Desarrollar herramientas que realmente mejoren el diagnóstico, tratamiento o monitoreo.               |
| Maximización de la salud | Usar IA para mejorar la salud respiratoria a nivel poblacional (ej. predicción de brotes de TB).      |
| Eficiencia               | Optimizar recursos como tiempo y personal mediante automatización de tareas clínicas.                 |
| Respeto por la autonomía | Garantizar consentimiento informado y transparencia en el uso de IA para decisiones médicas.          |
| Justicia                 | Evitar que las tecnologías agraven desigualdades en el acceso a atención neumológica.                 |
| Proporcionalidad         | Evaluar si los beneficios superan los riesgos éticos como pérdida de privacidad o despersonalización. |

### Tensiones entre principios

En el proceso de implementación de inteligencia artificial (IA) en neumología, es común que los principios bioéticos entren en conflicto entre sí. Estas tensiones reflejan la complejidad de tomar decisiones que respeten simultáneamente la autonomía del paciente, la equidad, la eficiencia y la seguridad clínica. A continuación, se presenta una tabla que resume algunos de los conflictos más frecuentes entre principios bioéticos en el contexto de la IA aplicada a la práctica neumológica. (Tabla 6)

Estas tensiones no deben verse como obstáculos para el uso de IA, sino como elementos críticos que exigen reflexión, discusión multidisciplinaria y políticas claras de implementación. Reconocerlas y enfrentarlas desde una perspectiva ética fortalece el proceso de integración tecnológica y garantiza que esta se oriente verdaderamente hacia el bienestar del paciente y de la sociedad.

**Tabla 6.**

Tensiones entre principios basados en los siete principios bioéticos de nivel medio descritos por Schröder-Bäck et al.<sup>87</sup>

| Principios en tensión                        | Ejemplo práctico en neumología   | Explicación   |
|--|--|---|
| Autonomía vs. maximización de la salud       | Uso obligatorio de IA para detección de tuberculosis en comunidades vulnerables.           | Se busca proteger la salud pública, pero se limita la decisión individual del paciente.               |
| Justicia vs. eficiencia                      | Implementación de IA solo en clínicas privadas por razones de costo.                       | Optimiza recursos pero genera inequidad al excluir poblaciones vulnerables.                           |
| No maleficencia vs. proporcionalidad         | Algoritmos que generan falsos positivos en detección de fibrosis pulmonar.                 | Puede causar daño por ansiedad o procedimientos innecesarios; el beneficio debe justificar el riesgo. |
| Beneficencia vs. autonomía                   | IA recomienda cambiar tratamiento, pero el paciente desea continuar con su régimen actual. | El médico busca el mayor beneficio, pero debe respetar la elección del paciente.                      |
| Eficiencia vs. privacidad                    | Uso de bases de datos sin consentimiento explícito para entrenar algoritmos.               | Se acelera el desarrollo de IA, pero puede comprometer la confianza y la privacidad.                  |
| Maximización de la salud vs. no maleficencia | IA prioriza tratamientos para pacientes con mayor esperanza de vida.                       | Puede excluir a los más frágiles en nombre de un bien poblacional mayor.                              |

### Recomendaciones

Recomendaciones para la práctica clínica: Implementar IA como herramienta de apoyo, nunca como sustituto del juicio médico, asegurar supervisión médica humana en decisiones clínicas automatizadas e incorporar criterios de validación local (población peruana, datos de hospitales nacionales) y comités en hospitales y centros privados.

Recomendaciones para la investigación: Promover estudios que incluyan datos de poblaciones diversas, especialmente zonas rurales y sectores vulnerables, garantizar el consentimiento informado real en el uso de datos para entrenamiento de IA y evaluar el impacto ético de los algoritmos antes de su implementación.

Recomendaciones para la gestión y políticas públicas: Crear lineamientos éticos nacionales para el uso de IA en salud, incentivar el desarrollo de IA con código abierto validado en el contexto peruano e incluir formación ética y digital en los programas de especialización médica.

El siguiente gráfico presenta una propuesta de ruta para una implementación responsable de la inteligencia artificial en el ámbito de la salud peruana. (Figura 3)

**Figura 3.**  
Hacia una hoja de ruta peruana para la IA en salud



### Conclusiones

La inteligencia artificial (IA) es una herramienta que ha irrumpido en la medicina con una velocidad sin precedentes. Como profesionales de la salud, no solo debemos estar conscientes de este avance, sino también asumir la responsabilidad de caminar junto a él, comprendiendo sus implicancias éticas, técnicas y humanas. Así como en su momento se temió que la calculadora inhibiera la capacidad de razonamiento y terminó siendo una aliada para realizar cálculos con mayor rapidez y precisión, la IA debe entenderse como un complemento que potencia nuestras capacidades clínicas y no como una amenaza.

Lejos de reemplazar al profesional, la IA puede convertirse en un valioso aliado del neumólogo peruano si se utiliza con conciencia, prudencia y siempre orientada al beneficio de los pacientes. Su uso debe estar guiado por principios éticos sólidos, buscando mejorar la calidad de la atención y reducir inequidades, y no ser un instrumento de lucro o deshumanización. La IA ya está presente, ha comenzado a transformar la práctica médica y, sin duda, ha llegado para quedarse. Es nuestra misión crecer con ella, comprenderla y dirigir su aplicación para que esté siempre al servicio de la salud y del bien común. Pero, sobre todo, debemos asegurarnos de que este avance tecnológico no deje a nadie atrás y que sus beneficios lleguen también a quienes más lo necesitan, sin agravar las desigualdades ya existentes.

En ese camino, no debemos perder lo esencial: nuestro juicio clínico, nuestra capacidad de pensar con espíritu crítico y de tomar decisiones centradas en las personas, no en los algoritmos.

**Financiamiento:** el autor declara que el trabajo no tuvo financiamiento.

**Conflicto de intereses:** el autor declara no tener conflictos de intereses relacionados con esta publicación.

**Declaración de uso de inteligencia artificial:** se utilizaron herramientas de inteligencia artificial generativa para la redacción como ChatGPT (versión GPT-4, OpenAI, mediante cuenta personal ChatGPT Plus) y Google Gemini (Google LLC). Estas herramientas fueron empleadas como apoyo académico para estructurar ideas, sugerir descriptores, clarificar conceptos técnicos y mejorar la redacción científica. No se utilizaron para redactar contenido automatizado, interpretar datos ni formular conclusiones.

**Contribuciones de autor:** conceptualización, investigación, metodología, curaduría de datos, redacción – borrador original, visualización, revisión y edición, validación.

Los Editores en Jefe, Dres. Carlos Luna y Francisco Arancibia, realizaron el seguimiento del proceso de revisión y aprobaron este artículo.

## Referencias

1. Segura RE. Inteligencia artificial y administración de justicia: desafíos derivados del contexto latinoamericano. *Rev Bioética y Derecho* 2023;58:45-72. <https://doi.org/10.1344/rbd2023.58.40601>
2. Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0: concepto e historia. REPSOL n.d. [Internet]. [Consultado 8 jun 2025]. Disponible en: <https://www.repsol.com/es/energia-futuro/tecnologia-innovacion/cuarta-revolucion-industrial/index.cshtml>
3. Briganti G, Le Moine O. Artificial Intelligence in Medicine: Today and Tomorrow. *Frontiers in Medicine* 2020;7. <https://doi.org/10.3389/fmed.2020.00027>
4. WHO. Ethics and Governance of Artificial Intelligence for Health: Large Multi-Modal Models. WHO Guidance 2024. [Internet]. [Consultado 8 jun 2025]. Disponible en: <https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/375579/9789240084759-eng.pdf>
5. Nunes H da C, Guimarães RMC, Dadalto L. Desafíos bioéticos del uso de la inteligencia artificial en los hospitales. *Rev Bioética* 2022;30:82-93. <https://doi.org/10.1590/1983-80422022301509ES>
6. FAPESP. Empresas desarrollan un sistema remoto de detección de la fiebre en quienes ingresan a los hospitales. AGÊNCIA FAPESP n.d. [Internet]. [Consultado 8 jun 2025]. Disponible en: <https://agencia.fapesp.br/empresas-desarrollan-un-sistema-remoto-de-deteccion-de-la-fiebre-en-quienes-ingresan-a-los-hospitales/33063>
7. IBM: empresas de Latinoamérica aceleraron el uso de Inteligencia Artificial en 67%. Newsroom de IBM Latinoamérica n.d. [Internet]. [Consultado 7 jun 2025]. Disponible en: <https://latam.newsroom.ibm.com/2024-03-20-IBM-empresas-de-Latinoamerica-aceleraron-el-uso-de-Inteligencia-Artificial-en-67>
8. Mandujano E. La Inteligencia Artificial en Perú: una oportunidad de desarrollo - Caretas Nacional. *Caretas* 2025. [Internet]. [Consultado 7 jun 2025]. Disponible en: <https://caretas.pe/nacional/la-inteligencia-artificial-en-peru-una-oportunidad-de-desarrollo/>
9. Saban M, Esteban S, Rubinstein A et al; CLIAS. The Impact of Artificial Intelligence on Healthcare: Perspectives and Approaches for Latin America and the Caribbean. *The Global Health Network* 2023. <https://doi.org/10.48060/tghn.126>
10. Riofrío MM. Perú ocupa el octavo lugar regional en adopción y desarrollo de IA. *eBIZ* 2024. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://ebiz.pe/noticias/peru-ocupa-el-octavo-lugar-regional-en-adopcion-y-desarrollo-de-ia/>
11. Inteligencia artificial: Por una salud más inteligente en el Perú | Conexión ESAN n.d. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/inteligencia-artificial-por-una-salud-mas-inteligente-en-el-peru/>
12. Espezúa S. La Inteligencia Artificial en Perú: una oportunidad de desarrollo, por Soledad Espezúa 2024. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://ciup.up.edu.pe/analisis/soledad-espezua-la-inteligencia-artificial-en-peru-una-oportunidad-de-desarrollo/>
13. Madrid Médico. 2023: salto exponencial en Salud con la IA generativa 2023. [Internet]. [Consultado 10 jun 2025]. Disponible en: <https://secure.webpublication.es/210352/1961907/#page=1>
14. López Baroni MJ. Las narrativas de la inteligencia artificial. *Rev Bioética y Derecho* 2019;46.
15. ASALE R., RAE. inteligencia | Diccionario de la lengua española. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario n.d. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://dle.rae.es/inteligencia>
16. Karalis VD. The Integration of Artificial Intelligence into Clinical Practice. *Applied Biosciences* 2024;3:14-44. <https://doi.org/10.3390/applbiosci3010002>
17. AI is confusing — here's your cheat sheet | The Verge n.d. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.theverge.com/24201441/ai-terminology-explained-humans?>
18. ¿Qué es el PLN (procesamiento del lenguaje natural)? | IBM 2021. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/natural-language-processing>
19. Procesamiento del Lenguaje Natural (PLN): Qué es y por qué es importante n.d. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: [https://www.sas.com/es\\_es/insights/analytics/what-is-natural-language-processing-nlp.html](https://www.sas.com/es_es/insights/analytics/what-is-natural-language-processing-nlp.html)
20. Definiendo el procesamiento de lenguaje natural para principiantes n.d. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.getguru.com/es/reference/what-is-natural-language-processing-definition>
21. Moreira M. Aplicaciones del Big Data en la salud. *Blog SYDLE* null. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.sydle.com/es/blog/aplicaciones-big-data-salud-6511fd80f8955c2bef737329>
22. Mina A. Big data e inteligencia artificial en el futuro manejo de pacientes. ¿Por dónde empezar? ¿En qué punto nos encontramos? ¿Quo tendimus? *Adv Lab Med* 2020;1:20200052. <https://doi.org/10.1515/almed-2020-0052>
23. BBVA. Las cinco uves del big data. *BBVA NOTICIAS* n.d. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/innovacion/las-cinco-uves-del-big-data/>
24. ¿Qué es un modelo de transformador? | IBM 2024. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/transformer-model>
25. Jáuregui R. Cómo los Transformers están transformando la inteligencia artificial 2025. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://mindfulml.vialabsdigital.com/post/los-transformers-están-transformando-la-inteligencia-artificial/>
26. Nowak S. Modelos predictivos ¿Qué son y para qué se usan? - Nuclio School. *Nuclio Digital School* 2022. [Internet]. [Consultado 22 feb 2025]. Disponible en: <https://nuclio.school/blog/modelos-predictivos-que-son-y-usos/>
27. jefferson.mera. Modelos de predicción: ¿qué son y para qué se utilizan? Canal Informática y TICS 2023. [Internet]. [Consultado 22 feb 2025]. Disponible en: <https://www.inesem.es/revistadigital/informatica-y-tics/modelos-de-prediccion/>
28. CORPORATIVA I. Descubre los principales beneficios del Machine Learning. *Iberdrola* n.d. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.iberdrola.com/innovacion/machine-learning-aprendizaje-automatico>
29. Diferencias entre Data Science, Inteligencia Artificial, Machine Learning y Deep Learning. *PROGRAMMATIC SPAIN* n.d. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.programmaticaly.com/education/las-diferencias-que-hay-entre-data-science-artificial-intelligence-machine-learning-y-deep-learning>
30. Sarmiento Ramos JL. Aplicaciones de las redes neuronales y el deep learning a la ingeniería biomédica. *Revista UIS Ingenierías* 2020;19(4):1-18, 2020. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n4-2020001>
31. Aracena C, Villena F, Arias F, Dunstan J. Aplicaciones de aprendizaje automático en salud. *Rev Med Clin Condes* 2022;33:568-75. <https://doi.org/10.1016/j.rmclc.2022.10.001>
32. ¿Qué es el deep learning? | IBM 2024. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>
33. ¿Qué es el deep learning y por qué es clave para la inteligencia artificial? *APD España* 2024. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://www.apd.es/que-es-deep-learning/>



34. Daniel. Deep Learning o Aprendizaje profundo : ¿qué es? Formación en ciencia de datos | DataScientest.com 2022. [Internet]. [Consultado 13 feb 2025]. Disponible en: <https://datascientest.com/es/deep-learning-definicion>
35. ¿Qué es el deep learning y por qué es clave para la inteligencia artificial? APD España 2024. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.apd.es/que-es-deep-learning/>
36. Daniel. Convolutional Neural Network : definición y funcionamiento. Formación en ciencia de datos | DataScientest.com 2021. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://datascientest.com/es/convolutional-neural-network-es>
37. Badillo FL, Hernández CAR, Narváez BM, Trillos YEA. Redes neuronales convolucionales: un modelo de Deep Learning en imágenes diagnósticas. Revisión de tema. *Rev Col Radiol* 2021;32:5591-9. <https://doi.org/10.53903/01212095.161>
38. ¿Qué es una red neuronal recurrente (RNN)? | IBM 2021. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/think/topics/recurrent-neural-networks>
39. Lipton ZC, Kale DC, Elkan C, Wetzel R. Learning to Diagnose with LSTM Recurrent Neural Networks 2017. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1511.03677>
40. Aprendizaje profundo frente al aprendizaje automático. Google Cloud n.d. [Internet]. [Consultado 15 feb 2025]. Disponible en: <https://cloud.google.com/discover/deep-learning-vs-machine-learning>
41. Aprendizaje profundo y machine learning: diferencia entre tecnologías de datos. AWS. Amazon Web Services, Inc n.d. [Internet]. [Consultado 15 feb 2025]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/es/compare/the-difference-between-machine-learning-and-deep-learning/>
42. Diferencia entre Machine Learning y Deep Learning + ejemplos. Zendesk 2021. [Internet]. [Consultado 15 feb 2025]. Disponible en: <https://www.zendesk.com.mx/blog/machine-learning-deep-learning-diferencias/>
43. Administrador. Interpretabilidad de los modelos de Machine Learning. Primera parte. Quanam 2020. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://quanam.com/interpretabilidad-de-los-modelos-de-machine-learning-primera-parte/>
44. Vargas-Ramírez L, Ayazo RB. Inteligencia artificial en neumología. *Medicina* 2021;43:570-81. <https://doi.org/10.56050/01205498.1646>
45. Agusti A, Vila M. Artificial Intelligence in COPD. *Arch Bronconeumol* 2025;61:257-258. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2024.12.013>
46. Kaplan A, Cao H, FitzGerald JM et al. Artificial Intelligence/Machine Learning in Respiratory Medicine and Potential Role in Asthma and COPD Diagnosis. *J Allergy Clin Immunol Pract* 2021;9:2255-61. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2021.02.014>
47. Kostic N. GPUs for Deep Learning: Why Use Them & Which Ones? phoenixNAP Blog 2024. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://phoenixnap.com/blog/gpus-for-deep-learning>
48. Best GPU for Deep Learning: Considerations for Large-Scale AI. [Internet]. [Consultado 14 feb 2025]. Disponible en: <https://www.run.ai/guides/gpu-deep-learning/best-gpu-for-deep-learning>
49. Pérez G. Artificial Intelligence in COPD 2025. [Internet]. [Consultado 16 feb 2025]. Disponible en: <https://catedrasaludrespiratoria.com/artificial-intelligence-in-copd/>
50. Cobañas RL, de Vedia M, Florez J, Jaramillo D, Ferrari L, Re R. Rendimiento diagnóstico de algoritmos de inteligencia artificial para detección de compromiso pulmonar por COVID-19 basados en radiografía portátil. *Med Clin (Barc)* 2023;160:78-81. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2022.04.016>
51. Allena N, Khanal S. The Algorithmic Lung Detective: Artificial Intelligence in the Diagnosis of Pulmonary Embolism. *Cureus* 2023;15:e51006. <https://doi.org/10.7759/cureus.51006>
52. Curioso WH, Brunette MJ. Inteligencia artificial e innovación para optimizar el proceso de diagnóstico de la tuberculosis. *Rev Peru Med Exp Salud Publica* 2020;37:554-8. <https://doi.org/10.17843/rpmpesp.2020.373.5585>
53. Dack E, Christe A, Fontanellaz M et al. Artificial Intelligence and Interstitial Lung Disease. *Invest Radiol* 2023;58:602-9. <https://doi.org/10.1097/RLI.0000000000000974>
54. Shi F, Wang J, Shi J et al. Review of Artificial Intelligence Techniques in Imaging Data Acquisition, Segmentation, and Diagnosis for COVID-19. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering* 2021;14:4-15. <https://doi.org/10.1109/RBME.2020.2987975>
55. Pei Q, Luo Y, Chen Y, Li J, Xie D, Ye T. Artificial intelligence in clinical applications for lung cancer: diagnosis, treatment and prognosis. *Clin Chem Lab Med* 2022;60:1974-83. <https://doi.org/10.1515/cclm-2022-0291>
56. Zhang Y, Jiang B, Zhang L et al. Lung Nodule Detectability of Artificial Intelligence-assisted CT Image Reading in Lung Cancer Screening. *Curr Med Imaging* 2022;18:327-34. <https://doi.org/10.2174/1573405617666210806125953>
57. Sharma M, Kirby M, McCormack DG, Parraga G. Machine Learning and CT Texture Features in Ex-smokers with no CT Evidence of Emphysema and Mildly Abnormal Diffusing Capacity. *Acad Radiol* 2024;31:2567-78. <https://doi.org/10.1016/j.acra.2023.11.022>
58. Topalovic M, Das N, Burgel P-R et al. Artificial intelligence outperforms pulmonologists in the interpretation of pulmonary function tests. *Eur Respir J* 2019;53:1801660. <https://doi.org/10.1183/13993003.01660-2018>
59. Das N, Happaerts S, Gyselincx I et al. Collaboration between explainable artificial intelligence and pulmonologists improves the accuracy of pulmonary function test interpretation. *Eur Resp J* 2023;61. <https://doi.org/10.1183/13993003.01720-2022>
60. Chauhan NK, Asfahan S, Dutt N, Jalandra RN. Artificial intelligence in the practice of pulmonology: The future is now. *Lung India* 2022;39:1-2. [https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia\\_692\\_21](https://doi.org/10.4103/lungindia.lungindia_692_21)
61. Asfahan S, Elhence P, Dutt N, Niwas Jalandra R, Chauhan NK. Digital-Rapid On-site Examination in Endobronchial Ultrasound-Guided Transbronchial Needle Aspiration (DEBUT): a proof of concept study for the application of artificial intelligence in the bronchoscopy suite. *Eur Respir J* 2021;58:2100915. <https://doi.org/10.1183/13993003.00915-2021>
62. Feng P-H, Lin Y-T, Lo C-M. A machine learning texture model for classifying lung cancer subtypes using preliminary bronchoscopic findings. *Medical Physics* 2018;45:5509-14. <https://doi.org/10.1002/mp.13241>
63. Biswal S, Sun H, Goparaju B, Westover MB, Sun J, Bianchi MT. Expert-level sleep scoring with deep neural networks. *J Am Med Inform Assoc* 2018;25:1643-50. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy131>
64. Goldstein CA, Berry RB, Kent DT et al. Artificial intelligence in sleep medicine: an American Academy of Sleep Medicine position statement. *J Clin Sleep Med* 2020;16:605-7. <https://doi.org/10.5664/jcs.m.8288>
65. Antão J, de-Mast J, Marques A, Franssen FME, Spruit, Martijn AS, Deng Q. Demystification of artificial intelligence for respiratory clinicians managing patients with obstructive lung diseases. *Expert Review of Respiratory Medicine* 2023;17:1207-19. <https://doi.org/10.1080/17476348.2024.2302940>
66. Respiratorio A en. Avances en Respiratorio | Revoluciona el manejo de la EPOC con Inteligencia Artificial n.d. [Internet]. [Consultado 23 mar 2025]. Disponible en: <https://www.avancesenrespiratorio.com/revolucion-manejo-EPOC-IA>
67. Fernandez-Granero MA, Sanchez-Morillo D, Leon-Jimenez A. Computerised Analysis of Telemonitored Respiratory Sounds for Predicting Acute Exacerbations of COPD. *Sensors* 2015;15:26978-96. <https://doi.org/10.3390/s151026978>
68. Xiang Y, Ji H, Zhou Y et al. Asthma Exacerbation Prediction and Risk Factor Analysis Based on a Time-Sensitive, Attentive Neural Network: Retrospective Cohort Study. *J Med Internet Res* 2020;22:e16981. <https://doi.org/10.2196/16981>
69. Hafke-Dys H, Kuźnar-Kamińska B, Grzywański T, Maciaszek A, Szarzyński K, Kociński J. Artificial Intelligence Approach to the Monitoring of Respiratory Sounds in Asthmatic Patients. *Front Physiol* 2021;12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.745635>
70. Khasha R, Sepehri MM, Mahdavi SA. An ensemble learning method for asthma control level detection with leveraging medical knowledge-based classifier and supervised learning. *J Med Syst* 2019;43:158. <https://doi.org/10.1007/s10916-019-1259-8>
71. Halner A, Beer S, Pullinger R, Bafadhel M, Russell REK. Predicting treatment outcomes following an exacerbation of airways disease. *PLOS ONE* 2021;16:e0254425. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0254425>

72. Inteligencia artificial en las enfermedades respiratorias n.d. [Internet]. [Consultado 5 abr 2025]. Disponible en: <https://www.archbronconeumol.org/es-pdf-S0300289620300338>
73. Becerra Yoma N, Mendoza Inzunza L. Inteligencia artificial aplicada a la medicina respiratoria. *Rev Chil Enferm Respir* 2021;37:271-4. <https://doi.org/10.4067/s0717-73482021000300271>
74. Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial. Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial n.d. [Internet]. [Consultado 15 jun 2025]. Disponible en: <https://indicelatam.cl/>
75. Capcha PEM. Estudiantes de ingeniería crean sistema de historias clínicas digitales para zonas rurales. *infobae* 2025. [Internet]. [Consultado 13 abr 2025]. Disponible en: <https://www.infobae.com/peru/2025/01/08/estudiantes-de-ingenieria-crean-sistema-de-historias-clinicas-digitales-para-zonas-rurales/>
76. Jornada R|. SIS anuncia concurso de innovación tecnológica 2024. [Internet]. [Consultado 25 mar 2025]. Disponible en: <https://jornada.com.pe/sis-anuncia-concurso-datathon-inteligencia-artificial-y-datos-abiertos-del-sis-2024/>
77. Inteligencia artificial: EsSalud inicia proyecto piloto 2022. [Internet]. [Consultado 25 mar 2025]. Disponible en: <https://consultorsalud.com/essalud-proyecto-inteligencia-artificial/>
78. Índice Latinoamericano de Inteligencia Artificial (ILIA) mantiene a Chile, Brasil y Uruguay como líderes en la región | Comisión Económica para América Latina y el Caribe n.d. [Internet]. [Consultado 25 mar 2025]. Disponible en: <https://www.cepal.org/es/comunicados/indice-latinoamericano-inteligencia-artificial-ilia-mantiene-chile-brasil-uruguay-como>
79. Avances y desafíos de la digitalización de la salud en Perú. *Bitness* 2024. [Internet]. [Consultado 13 abr 2025]. Disponible en: <https://bitness.pe/avances-desafios-digitalizacion-salud-peru>
80. Quispe-Juli CU, Aragón-Ayala CJ. Health informatics in medical education in Peru: are we ready for digital health? *An Fac Med* 2022;83:369-70. <https://doi.org/10.15381/anales.v83i4.23887>
81. PCM pone a disposición de la población más de 40 cursos virtuales gratuitos sobre inteligencia artificial n.d. [Internet]. [Consultado 5 abr 2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/pcm/noticias/1115804-pcm-pone-a-disposicion-de-la-poblacion-mas-de-40-cursos-virtuales-gratuitos-sobre-inteligencia-artificial>
82. Curso online gratis con certificado "Inteligencia Artificial en Salud: nivel intermedio" del INSNSB n.d. [Internet]. [Consultado 5 abr 2025]. Disponible en: [https://www.formate.pe/informacion-curso-virtual-gratuito-certificado-inteligencia-artificial-salud-nivel-intermedio-insnsb-27068.html#google\\_vignette](https://www.formate.pe/informacion-curso-virtual-gratuito-certificado-inteligencia-artificial-salud-nivel-intermedio-insnsb-27068.html#google_vignette)
83. La revolución de la Inteligencia Artificial (IA) ya está aquí: ¿Cómo responderá América Latina y el Caribe? UNDP n.d. [Internet]. [Consultado 5 abr 2025]. Disponible en: <https://www.undp.org/es/latin-america/blog/la-revolucion-de-la-inteligencia-artificial-ia-ya-esta-aqui-como-respondera-america-latina-y-el-caribe>
84. International Organization for Migration. Informe sobre las Migraciones en el Mundo 2022. United Nations. UN iLibrary 2022. <https://doi.org/10.18356/9789213584798>
85. Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial n.d. [Internet]. [Consultado 13 abr 2025]. Disponible en: <https://guias.servicios.gob.pe/creacion-servicios-digitales/inteligencia-artificial/enia>
86. Iza-Stoll A. Inteligencia artificial y ética médica. *Rev Soc Peru Med Interna* 2024;37:120-2. <https://doi.org/10.36393/spmi.v37i3.854>
87. Schröder-Bäck P, Duncan P, Sherlaw W, Brall C, Czabanowska K. Teaching seven principles for public health ethics: towards a curriculum for a short course on ethics in public health programmes. *BMC Medical Ethics* 2014;15:73. <https://doi.org/10.1186/1472-6939-15-73>