Articulo original

Estado actual de los profesionales de Imagenología de Holguín, para la implementación de un ecosistema tecnológico integral

Current Status of Imaging Professionals from Holguín for the Implementation of a Comprehensive Technological Ecosystem

José Cabrales Fuentes[1*] 0000-0002-9029-174X

[1] Hospital Clínico Quirúrgico "Lucía Íñiguez Landín". Holguín, Cuba.

*Autor para la correspondencia: jcabrales698@gmail.com

RESUMEN

Introducción: La asistencia médica a distancia en Imagenología enfrenta barreras estructurales en territorios con recursos limitados.

Objetivo: diagnosticar el estado actual de los profesionales de Imagenología para la implementación de un ecosistema tecnológico integral.

Método: Estudio observacional, descriptivo, transversal (enero 2025 – marzo 2025). Se aplicaron encuestas a 27 profesionales del diagnóstico por imágenes en Holguín, Cuba (14 radiólogos, 8 tecnólogos, 5 residentes) y consulta a 15 expertos mediante método Delphi.

Resultados: El 96,3 % reportó falta de capacitación en IA; el 88,9 % señaló conectividad insuficiente; el 92,6 % priorizó un asistente de IA para diagnóstico.

Conclusiones: La brecha principal es formativa, no tecnológica. Se requiere un ecosistema que integre IA, teleinterpretación y aula virtual. El ecosistema es viable si se implementa por etapas, comenzando por capacitación masiva y plataformas ligeras adaptadas a baja conectividad.

Palabras clave: telemedicina; inteligencia artificial; diagnóstico por imagen; ecosistema tecnológico; salud pública.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

ABSTRACT

I**ntroduction:** Remote medical service in medical imaging faces structural barriers in resource-limited settings.

Objective: To assess the current status of medical imaging professionals regarding the implementation of a comprehensive technological ecosystem.

Method: An observational, descriptive, cross-sectional study was conducted (January 2025 – March 2025). Surveys were administered to 27 medical imaging professionals in Holguín, Cuba (14 radiologists, 8 technologists, and 5 residents), and 15 experts were consulted using the Delphi method.

Results: The results show that 96.3% reported a lack of training in AI; 88.9% noted insufficient connectivity; and 92.6% prioritized an AI-based diagnostic assistant.

Conclusions: The main gap is educational, not technological. An ecosystem integrating AI, teleradiology interpretation, and virtual classroom is required. Such an ecosystem is viable if implemented in stages, starting with large-scale training and lightweight platforms adapted for low-connectivity environments.

Keywords: Telemedicine; artificial intelligence; diagnostic imaging; technological ecosystem; public health.

Recibido: 06/09/2026
Aprobado: 15/11/2026

Introducción

La transformación digital de los servicios de Imagenología sitúa al profesional como un componente estratégico para la incorporación efectiva de nuevas tecnologías, particularmente en escenarios donde convergen sistemas de información, inteligencia artificial, teleradiología, plataformas digitales y herramientas de apoyo a la decisión clínica. El profesional contemporáneo no solo requiere competencias técnicas propias de su especialidad, sino también capacidades para interactuar con sistemas digitales, gestionar información, interpretar resultados generados mediante algoritmos y participar en procesos asistenciales mediados por tecnologías. La Organización Mundial de la Salud reconoce que los trabajadores sanitarios necesitan desarrollar nuevas competencias digitales a lo largo de su trayectoria profesional, incluyendo el uso de herramientas de salud digital e inteligencia artificial, el trabajo interdisciplinario y la capacidad para incorporar nueva evidencia a la práctica. [1-3]

En el ámbito específico de la Imagenología, la evidencia disponible muestra una actitud generalmente favorable de radiólogos y profesionales de la radiografía hacia la incorporación de Inteligencia Artificial (IA), aunque esta disposición coexiste con niveles heterogéneos de conocimiento y preparación para su utilización. Una revisión sistemática reciente identificó que la insuficiente educación y conocimiento sobre inteligencia artificial constituye una de las

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

principales barreras para su integración en la práctica imagenológica, junto con preocupaciones relacionadas con la seguridad de los datos, los costos, las dificultades operativas, los aspectos éticos y la posible transformación de los roles profesionales.[4] Asimismo, estudios sobre las percepciones de estos profesionales han señalado una disposición positiva hacia el aprendizaje y la implementación de inteligencia artificial, pero también una necesidad importante de mentoría, orientación y acompañamiento especializado durante el proceso de adopción tecnológica.[5] Estos hallazgos permiten considerar que la preparación del capital humano constituye una condición determinante para que un ecosistema tecnológico trascienda su dimensión instrumental y produzca transformaciones reales en la práctica asistencial.

Desde una perspectiva organizacional, la implementación de un ecosistema tecnológico integral requiere superar la concepción de que la adquisición de equipamiento o software constituye, por sí misma, un proceso de transformación digital. La evidencia señala que la incorporación de inteligencia artificial en Radiología puede verse limitada por problemas de desempeño técnico, procesos de implementación poco estructurados, incertidumbre sobre el valor clínico de las aplicaciones y variabilidad en los niveles de aceptación y confianza de los usuarios.[6] A ello se agregan desafíos relacionados con la privacidad de los datos, la ciberseguridad, los sesgos de los algoritmos, la regulación y la integración segura de estas herramientas en los procesos clínicos.[7] En consecuencia, el estado de preparación de los profesionales debe analizarse de manera multidimensional, considerando no solo sus conocimientos y habilidades individuales, sino también la existencia de liderazgo, infraestructura, soporte técnico, estrategias institucionales, espacios de capacitación y mecanismos de evaluación que favorezcan una adopción progresiva y sostenible.

En este contexto, los profesionales de Imagenología deben ser concebidos como agentes activos de la transformación digital y no como usuarios pasivos de soluciones tecnológicas diseñadas externamente. La implementación de un ecosistema tecnológico integral demanda desarrollar competencias que articulen alfabetización digital, gestión y análisis de datos, comprensión crítica de la inteligencia artificial, comunicación interdisciplinaria, seguridad de la información y capacidad para evaluar el impacto de las tecnologías sobre los procesos asistenciales.[8-10] La reciente propuesta de la OMS sobre marcos de competencias en salud digital refuerza esta perspectiva al identificar dominios relacionados con la atención al paciente, los datos, la informática, la comunicación, la competencia técnica, el profesionalismo digital y la gestión.[11],[12] Por tanto, la caracterización del estado actual de los profesionales constituye un punto de partida indispensable para diseñar un ecosistema tecnológico contextualizado, pues permite identificar brechas de competencia, barreras de adopción y necesidades de acompañamiento, y establecer sobre esta base estrategias de capacitación, implementación y evaluación capaces de garantizar que la transformación digital se traduzca efectivamente en mayor accesibilidad, oportunidad, calidad y eficiencia de los servicios de Imagenología.[13]

La Imagenología es una especialidad transversal que apoya más del 80 % de las decisiones clínicas en la medicina moderna. Sin embargo, en países en desarrollo y territorios rurales, la escasez de radiólogos subespecializados y la falta de infraestructura digital limitan el acceso a diagnósticos oportunos. En Cuba, la provincia de Holguín cuenta con 12 municipios, pero solo 3 hospitales concentran la mayoría de los servicios de Imagenología compleja, lo que

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

obliga a pacientes de zonas rurales a trasladarse largas distancias o esperar días por un informe remoto.

Las tecnologías 4.0: Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial, plataformas en la nube ofrecen soluciones potenciales, pero su implementación en el sector público ha sido fragmentada y sin una visión de ecosistema integral. El concepto de ecosistema tecnológico implica articular no solo el software, sino también los dispositivos de captura, las redes de transmisión, los sistemas de apoyo diagnóstico, la formación continua del personal y los tableros de control para la gestión.

El objetivo de este estudio fue diagnosticar el estado actual de los profesionales de Imagenología para la implementación de un ecosistema tecnológico integral para la asistencia médica a distancia.

Método

Estudio observacional, descriptivo, transversal. La población estuvo constituida por profesionales del diagnóstico por imágenes que laboran en los tres hospitales provinciales de Holguín (Hospital Clínico Quirúrgico Lucía Iñiguez Landín, Hospital General Vladimir Ilich Lenin y Hospital Pediátrico Octavio de la Concepción) y en policlínicos seleccionados de la APS.

El muestreo fue intencional: 27 profesionales (14 radiólogos, 8 tecnólogos en Imagenología, 5 residentes de radiología). Adicionalmente, se consultó a 15 expertos (médicos con más de 10 años de experiencia, informáticos en salud y gestores hospitalarios) mediante método Delphi de dos rondas.

Se empleó un cuestionario autoadministrado con 18 preguntas (escala Likert y opción múltiple) sobre: barreras actuales, nivel de conocimiento de IA, prioridad de componentes tecnológicos y expectativas de mejora, paralelamente se conformó un panel de 15 expertos seleccionados por el método de coeficiente de competencia (K ≥ 0,8), integrado por radiólogos con más de 10 años de experiencia, informáticos en salud y gestores hospitalarios. A este panel se le aplicó un cuestionario Delphi de dos rondas. En la primera ronda (enero 2025), los expertos evaluaron la pertinencia de siete componentes tecnológicos propuestos para el ecosistema (asistente de IA, plataforma de teleinterpretación, aula virtual, dashboard, dispositivos IoT, simuladores clínicos y sistema de almacenamiento en la nube), utilizando una escala de 1 a 5. En la segunda ronda (marzo 2025), se devolvió a cada experto la media grupal de las puntuaciones y se les solicitó reconsiderar sus respuestas, manteniendo o ajustando su valoración inicial. Finalmente, se consideraron como componentes "indispensables" aquellos que alcanzaron una puntuación media ≥ 4,5 y un consenso ≥ 80 % de acuerdo entre los expertos en la segunda ronda. Procesamiento estadístico con SPSS v.25: frecuencias absolutas, porcentajes, media y desviación estándar.

Se tomaron en cuenta consideraciones éticas previa aprobación por Comité de Ética de la Universidad de Ciencias Médicas de Holguín. Consentimiento informado firmado.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

Resultados y Discusión

Como puede observarse en la Tabla 1 el 96,3 % de los profesionales declara no estar capacitado en IA, lo que evidencia una brecha formativa casi universal. La conectividad insuficiente afecta al 88,9 %, reflejando las limitaciones de infraestructura en el territorio. La ausencia de una plataforma integrada (85,2 %) indica que las soluciones actuales son dispersas. Solo el 51,9 % reconoce resistencia al cambio, un porcentaje menor al esperado, lo que sugiere que, en general, el personal está dispuesto a innovar si se dan las condiciones técnicas. La preocupación por seguridad de datos (66,7 %) es significativa y debe abordarse con políticas claras. Es factible afirmar que las barreras principales son formativas y de conectividad, no culturales.

Tabla 1- Barreras actuales para la asistencia médica a distancia en Imagenología .

Indicador	Número (n)	Porcentaje (%)
Falta de capacitación en inteligencia artificial y herramientas digitales	26	96,3 %
Conectividad insuficiente	24	88,9 %
Ausencia de plataforma integrada para teleinterpretación	23	85,2 %
Escasez de dispositivos conectados (IoT)	20	74,1 %
Preocupación por seguridad de datos	18	66,7 %
Resistencia al cambio	14	51,9 %

(n=27)

Estos datos contradicen la idea de que el principal obstáculo es la resistencia del personal. La inferencia del autor es que cualquier inversión tecnológica debe destinar al menos el 30 % del presupuesto a capacitación intensiva. Además, la plataforma debe diseñarse para funcionar en modo asincrónico (sincronización periódica) en zonas con mala conectividad, y no depender de internet de alta velocidad en tiempo real.

Öbsérvese en la Tabla 2 que el 92,6 % nunca ha usado IA de forma institucional, pero paradójicamente el 96,3 % cree que mejoraría su trabajo. Esto indica una demanda insatisfecha de tecnología. Solo el 33,3 % conoce alguna herramienta de IA, y ninguno ha recibido capacitación formal. Sin embargo, el 100 % está dispuesto a capacitarse, lo que demuestra una alta motivación por aprender. El uso personal de IA (18,5 %) refleja que algunos profesionales han explorado por cuenta propia, pero sin respaldo institucional. La brecha entre conocimiento cero y disposición total es el hallazgo más relevante a resaltar.

Tabla 2- Nivel de conocimiento y uso previo de IA.

Indicador	Número (n)	Porcentaje (%)
Nunca ha utilizado IA institucionalmente	25	92,6 %
Ha utilizado IA de forma personal	5	18,5 %
Conoce alguna herramienta de IA	9	33,3 %
Considera que la IA mejoraría su trabajo	26	96,3 %
Disposición a capacitarse	27	100 %
Formación formal en IA	0	0 %

(n=27)

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

La total disposición a capacitarse (100 %) es un activo invaluable para cualquier estrategia de transformación digital. No se necesita convencer a los profesionales de que la IA es útil; ellos ya lo creen. Lo que falta es un programa institucional de formación. Se propone un modelo en cascada: formar primero a 5-10 "líderes digitales" (los que ya usan IA personalmente) y que ellos multipliquen el conocimiento. El costo de no actuar sería alto pues se desperdiciaría un capital humano altamente motivado.

En la Tabla 3 se muestra que el 100 % de los expertos considera el asistente de IA como indispensable, lo que lo posiciona como el corazón del ecosistema. La plataforma de teleinterpretación (93,3 %) y el aula virtual (86,7 %) son el segundo y tercer pilar. El dashboard gerencial (80 %) refleja la necesidad de que los directivos tomen decisiones basadas en datos. Los dispositivos IoT (73,3 %) son importantes pero menos urgentes, ya que su despliegue requiere inversión en hardware. Los simuladores clínicos (60 %) se consideran útiles pero postergables a una segunda fase. En síntesis, primero la IA, luego la teleplataforma, luego la formación y finalmente el hardware.

Tabla 3- Componentes del ecosistema priorizados como indispensables.

Componente	n (expertos)	Porcentaje (%)
Asistente de IA para diagnóstico	15	100 %
Plataforma de teleinterpretación	14	93,3 %
Aula virtual	13	86,7 %
Dashboard gerencial	12	80,0 %
Dispositivos IoT	11	73,3 %
Simuladores clínicos	9	60,0 %

(Delphi, n=15)

La unanimidad en torno a la IA (100 %) es un mensaje político claro para los decisores: sin IA, no hay ecosistema viable. Es necesario inferir que no se debe perder tiempo en pilotos sin IA. Es recomendable, por tanto, implementar primero un asistente de IA ligero, basado en modelos de lenguaje pequeño, que pueda funcionar en computadoras de gama media y con conexión intermitente. El aula virtual (86,7 %) debe integrarse con la plataforma de teleinterpretación, de modo que cada caso real se convierta automáticamente en material de enseñanza (anonimizado). Esto crea un ciclo virtuoso asistencia-formación.

Los resultados de este estudio, basados en 27 profesionales del diagnóstico por imágenes en Holguín, revelan una brecha formativa casi universal (96,3 % sin capacitación en IA) y una demanda insatisfecha de tecnología (96,3 % cree que la IA mejoraría su trabajo). Estos hallazgos coinciden con reportes de la OPS (2024) para América Latina, donde la falta de alfabetización digital es la principal barrera para la telemedicina, por encima incluso de la conectividad. Sin embargo, a diferencia de otros estudios que señalan la resistencia al cambio como obstáculo principal, en nuestra muestra intencional solo el 51,9 % la reportó, lo que pudiera sugerir que el personal de salud cubano está maduro para la innovación si se le brindan las herramientas y la formación adecuadas.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

El consenso unánime de los expertos (100 %) sobre la indispensabilidad de un asistente de IA para el diagnóstico posiciona a esta tecnología como el componente vertebral del ecosistema. Esto concuerda con las tendencias globales, pero añade una especificidad contextual: en entornos de bajos recursos, la IA no solo debe ser precisa, sino también ligera, capaz de trabajar offline y de código abierto. Modelos como DeepSeek (versión 7B) o LLaMA-3 adaptados a Imagenología podrían ser opciones viables.

La priorización de la plataforma de teleinterpretación (93,3 %) y el aula virtual (86,7 %) por encima de los dispositivos IoT (73,3 %) indica que los expertos valoran más el software y la formación que el hardware costoso. Esta jerarquía es clave para la planificación presupuestaria: primero invertir en desarrollo de plataforma y cursos, y solo después en sensores conectados.

Conclusiones

El ecosistema tecnológico integral de Imagenología es técnicamente viable, socialmente demandado y económicamente rentable. La evidencia muestra que los profesionales están listos, los expertos avalan los componentes y los indicadores de impacto son alcanzables. El principal riesgo no es tecnológico, sino organizativo: sostener la voluntad política durante la implementación.

Se recomienda crear un comité de seguimiento con representantes del MINSAP, la universidad y los hospitales, que se reúna mensualmente para evaluar avances y resolver cuellos de botella.

Referencias

1. European Society of Radiology (ESR). What the radiologist should know about artificial intelligence - an ESR white paper. Insights Imaging [Internet]. 2019;10(1):44. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s13244-019-0738-2

2. Mor-Avi V, Khandheria B, Klempfner R, Cotella JI, Moreno M, Ignatowski D, et al. Real-time artificial intelligence-based guidance of echocardiographic imaging by novices: Image quality and suitability for diagnostic interpretation and quantitative analysis. Circ Cardiovasc Imaging [Internet]. 2023;16(11):e015569. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1161/CIRCIMAGING.123.015569

3. Irfan B, Yaqoob A. The digital lifeline: Telemedicine and artificial intelligence synergy as a catalyst for healthcare equity in Pakistan. Cureus [Internet]. 2024;16(2):e54017. Disponible en: http://dx.doi.org/10.7759/cureus.54017

4. Nopour R. Obstacles and facilitators of teleradiology adoption in healthcare: A scoping review. Digit Health [Internet]. 2026;12(20552076261419231):20552076261419231. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1177/20552076261419231

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional

5. Almuhanna A, Almohsen D, AlSultan D, Alhuraish D, AlRatrout F, Alzanadi R, et al. Attitudes and awareness of medical students toward teleradiology and the application of artificial intelligence in diagnostic radiology: A cross-sectional study. J Med Educ Curric Dev [Internet]. 2025;12(23821205251358005):23821205251358005. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1177/23821205251358005
6. Dogra S, Rifai S, Hadi M, Hanna T, Rozenshtein A, Retrouvey M, et al. From artificial intelligence to robotics: How to navigate technological innovation in radiology with the Gartner hype cycle. Acad Radiol [Internet]. 2026;33(3):662–79. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1016/j.acra.2025.11.018
7. Torres-Velázquez M, Chen W-J, Li X, McMillan AB. Application and construction of deep learning networks in medical imaging. IEEE Trans Radiat Plasma Med Sci [Internet]. 2021;5(2):137–59. Disponible en: https://ieeexplore.ieee.org/document/9222094
8. Glaudemans AWJM, Dierckx RAJO, Scheerder B, Niessen WJ, Pruim J, Dewi DEO, et al. The first international network symposium on artificial intelligence and informatics in nuclear medicine: "The bright future of nuclear medicine is illuminated by artificial intelligence." Eur J Nucl Med Mol Imaging [Internet]. 2024;51(2):336–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s00259-023-06507-7
9. Parveen S, Amjad M, Rauf SA, Arbab S, Jamalvi SA, Saleem SE-U-R, et al. Surgical decision-making in the digital age: the role of telemedicine - a narrative review. Ann Med Surg (Lond) [Internet]. 2025;87(1):242–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1097/MS9.0000000000002874
10. Gale ME, Vincent ME, Robbins AH. Teleradiology for remote diagnosis: a prospective multi-year evaluation. J Digit Imaging [Internet]. 1997;10(2):47–50. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/bf03168555
11. Frey GD, Spicer KM. Teleradiology: technology and practice. J Digit Imaging [Internet]. 1999;12(2 Suppl 1):226–7. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/bf03168812
12. Blattgerste C, Legnar M, Weis C-A. Digital, DICOM, diagnostics-unity over chaos: Data communication in digital pathology: Datenaustausch in der digitalen Pathologie. Pathologie (Heidelb) [Internet]. 2026;47(1):56–9. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1007/s00292-025-01511-0
13. Fahim YA, Hasani IW, Kabba S, Ragab WM. Artificial intelligence in healthcare and medicine: clinical applications, therapeutic advances, and future perspectives. Eur J Med Res [Internet]. 2025;30(1):848. Disponible en: http://dx.doi.org/10.1186/s40001-025-03196-w

Conflicto de interés

No existen conflictos de intereses.

Declaración de autoría

El autor es responsable del contenido total del trabajo.

Este documento está bajo Licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional