

# INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN PET/CT Y PET/RM EN ONCOLOGÍA: LOS CUATRO ESCENARIOS

LUIS COLMENTER, MARÍA TORRES, SERGIO ZÚÑIGA, LUIS BERNAL, MARIO LEÓN, HERNÁN LUPERA, FERNANDO TERÁN, JAVIER VILAR, HANS BOWLES.

GAMMANUCLEAR LTD CALI, COLOMBIA, CLÍNICA SANTA SOFÍA, CARACAS, VENEZUELA, HOSPITAL UNIVERSITARIO. UNIVERSIDAD NACIONAL COLOMBIA, PET/CT LIMA, PERÚ, SOLCA, GUAYAQUIL, ECUADOR. HOSPITAL METROPOLITANO DE QUITO, CIRUGÍA ONCOLÓGICA Y HEMATOLOGÍA, ECUADOR. CENTRO DE MEDICINA NUCLEAR MONTEVIDEO, URUGUAY, HOSPITAL MARTIN DOCKWEILER, BOLIVIA.

## RESUMEN

La incorporación de Inteligencia Artificial en imágenes multimodales por PET/CT y PET/RM está revolucionando la atención de pacientes con cáncer. **OBJETIVO:** Este artículo explora cuatro aspectos clave. La academia, el ahorro de tiempo, personalización de los escritos, confiabilidad de la información sintetizada y la facilidad de escribir en forma interdisciplinaria resaltan entre los beneficios más significativos que la Inteligencia Artificial aporta a la esfera académica. Las técnicas, múltiples parámetros han cambiado en lo que llamamos rutinas tecnológicas, esta mejora la captura y procesamiento de imágenes médicas, resultando en diagnósticos más rápidos y confiables. La interpretación de imágenes médicas, está revolucionando la manera en que se elaboran los informes médicos mejorando significativamente la productividad, precisión y calidad del diagnóstico. En el paciente, definitivamente reduce la carga emocional y física asociada al examen y al diagnóstico en forma personalizada. **CONCLUSIÓN:** La fusión de Inteligencia Artificial con técnicas de imagenología multimodales está reescribiendo las reglas de la oncología. Este avance tecnológico representa un capítulo, donde la tecnología actúa como un puente hacia tratamientos más humanos y efectivos.

**PALABRAS CLAVE:** Inteligencia artificial, imágenes multimodales, PET/CT, oncología.

## SUMMARY

The incorporation of Artificial Intelligence in the multimodal imaging with PET/CT and PET/MRI is a revolution in the cancer patient care. **OBJECTIVE:** This article explores four key aspects. The academy, the time savings, the personalization of writings, reliability of the synthesized information, and ease of interdisciplinary writing are among the most significant benefits that Artificial Intelligence brings to the academic sphere. Technologically, multiple parameters have changed in what we call technological routine; The Artificial Intelligence improves the capture and processing of the medical images, resulting in faster and more reliable diagnoses. In medical image interpretation, The Artificial Intelligence is revolutionizing the way medical reports are created and significantly enhancing the productivity, accuracy, and quality of diagnosis. For patients, the Artificial Intelligence definitely reduces the emotional and physical burden associated with the examination and diagnosis in a personalized manner. **CONCLUSION:** The fusion of the Artificial Intelligence with the multimodal imaging techniques is rewriting the rules of oncology. This technological advancement represents a chapter where technology acts as a bridge towards more humane and effective treatments.

**KEYWORDS:** Artificial intelligence, multimodal imaging, PET/CT, oncology.

---

Recibido: 28/09/2024 Revisado: 03/10/2024

Aceptado para publicación: 04/11/2024

Correspondencia: Dr. Luis Colmener. Gammanuclear. LTD y Gammagrafía del Valle. Cali, Colombia. Grupo Conceptualizando. E-mail: luiscolmener@hotmail.com

---

---

Esta obra está bajo una Licencia *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International* Licens

---

## INTRODUCCIÓN

**L**a Inteligencia Artificial (IA) ha emergido como un recurso valioso en el ámbito de la oncología, particularmente en la optimización e interpretación de imágenes morfomoleculares y metabólicas. La sinergia entre la IA y estas avanzadas modalidades de imagenología ofrece una promesa significativa para el diagnóstico, manejo y seguimiento del cáncer. Las aplicaciones de la IA en la interpretación de la tomografía por emisión de positrones (PET) han sido objeto de un número creciente de estudios, destacando su capacidad para asistir en la detección, diferenciación, segmentación, estadificación y evaluación de respuesta al tratamiento, así como en la determinación del pronóstico en pacientes con cáncer. Sin embargo, la implementación de modelos basados en IA derivada de la PET aún enfrenta desafíos relacionados con la estandarización y reproducibilidad de las técnicas <sup>(1,2)</sup>.

En este artículo nos enfocaremos en cuatro escenarios críticos que consideramos como la vanguardia en cuanto al impacto de estas técnicas en la práctica diaria. En el escenario académico, la IA está diseñando investigación y formación educativa en el desarrollo de una nueva era para diagnósticos precisos y tratamientos innovadores. Desde un punto de vista tecnológico, la IA está refinando las capacidades de adquisición y procesamiento de imágenes; se anuncia el comienzo de una nueva eficiencia en la imagenología oncológica. En el campo de la interpretación de imágenes, esto implica encontrar los patrones más predictivos, pero aún interpretables por humanos. La IA está reduciendo los errores diagnósticos, mejorando la precisión mediante la disminución de la vaguedad y estandarizando la interpretación. En el aspecto más humano de la medicina, la mejora

de la atención al paciente, la IA personaliza la gestión clínica ofreciendo terapias a medida y predicciones basadas en datos. La integración de la IA en la imagenología PET-CT y PET-RM está redefiniendo radicalmente el campo de la oncología.

Este conjunto de avances nos lleva a una atención más personalizada a los pacientes y a una reducción significativa de procedimientos invasivos, lo que a su vez está permitiendo el desarrollo de una medicina de precisión.

Este artículo tiene como objetivo proporcionar una comprensión integral del estado actual y el potencial futuro de la IA en las imágenes multimodalidad en oncología, enfatizando cómo su uso puede mejorar tanto la calidad como la seguridad y potenciar nuestra capacidad para interpretar los escaneos y seguir lesiones a lo largo del tiempo para un mejor cuidado del paciente.

## INTRODUCCIÓN A LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN MEDICINA NUCLEAR

La medicina nuclear es una especialidad médica que utiliza trazadores radioactivos, también conocidos como radiofármacos. Estos trazadores permiten a los médicos rastrear su recorrido en el cuerpo a través de cámaras especialmente diseñadas, como la PET. Estas imágenes proporcionan en particular, un medio único para estudiar la biología del cáncer en vivo con información detallada sobre los procesos metabólicos o moleculares en el cuerpo de forma no invasiva, permitiendo una proyección del pronóstico del paciente más precisa <sup>(3,4)</sup>.

La importancia de la IA en la medicina nuclear radica en su capacidad para mejorar significativamente los procesos de estudio anteriormente descrito. Además, contribuye al desarrollo de otras áreas del método como el diseño de nuevos radiofármacos. Esto puede acelerar el proceso de investigación y desarrollo al modelar cómo los radiofármacos interactúan con diferentes tipos de tejidos y enfermedades,

lo que lleva a un diseño más eficiente de estudios clínicos y a una rápida implementación de terapias innovadoras.

La PET/CT y PET/RM conocida como un sistema de modalidad dual o multimodalidad, es un sistema que utiliza técnicas de medicina nuclear donde combina la capacidad de la tomografía por emisión de positrones (PET) para visualizar procesos metabólicos o moleculares y la tomografía computarizada (CT) o resonancia magnética (RM) que ofrece detalles anatómicos con alta resolución espacial. Esta integración permite una evaluación simultánea de la anatomía y la función, lo que es crucial para el mejor manejo de estos pacientes <sup>(5)</sup>.

La IA ha potenciado la eficacia de las imágenes de la PET/CT y PET/RM al mejorar la precisión y la velocidad de las interpretaciones de las imágenes como factores técnicos pero también han complementado y disminuido los factores de error humano mejorando en el ámbito diagnóstico, los algoritmos avanzados de aprendizaje profundo que pueden detectar patrones complejos asociados con distintas patologías, lo que mejora la sensibilidad y especificidad en la detección y el diagnóstico de enfermedades.

Las investigaciones en este campo están en constante evolución, con estudios que exploran nuevas aplicaciones de la IA para mejorar aún más la precisión y eficiencia de la modalidad compuesta PET/CT y PET/RM en la medicina nuclear <sup>(2)</sup>.

## **LOS 4 ESCENARIOS QUE MUESTRAN EL IMPACTO DE LA IA EN LA PET/CT Y PET/RM**

### **ACADÉMICO**

La incursión de la Inteligencia Artificial (IA) en el ámbito de las imágenes PET-CT y PET-RM ha marcado una nueva propuesta

en la generación y difusión del conocimiento académico, abarcando desde la producción de material escrito (libros y artículos) hasta innovadoras formas de presentación como audiolibros, podcasts y artículos en audio. Esta revolución tecnológica está redefiniendo las metodologías de investigación y publicación en múltiples aspectos.

### **AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN**

La IA permite analizar grandes conjuntos de datos de imágenes PET-CT y PET-RM de manera más eficiente y detallada, mejorando los tiempos de recopilación de datos, lo que conduce a descubrimientos y perspectivas innovadoras. Esto se traduce en una investigación más robusta y profunda.

### **MEJORA EN LA CALIDAD DE LAS PUBLICACIONES**

La integración de la IA en la investigación científica ofrece una notable mejora en la calidad de las publicaciones académicas. Proporcionando una visión más objetiva y matizada de los datos, liberando a los investigadores de posibles sesgos cognitivos inherentes a la selección de fuentes basada en preferencias personales. Además, es evidente que ha mejorado la calidad de presentaciones y fomentado más la investigación.

La IA también promueve la individualización del discurso científico. Al procesar y sintetizar información de múltiples fuentes, genera perspectivas únicas alineadas con los objetivos y conceptos específicos de cada estudio, dando lugar a textos más originales y menos repetitivos. Esto no solo incrementa la calidad editorial, sino que también refuerza la integridad académica al proporcionar análisis imparciales.

### **INTERDISCIPLINARIEDAD Y COLABORACIÓN**

La aplicación de la IA en la imagenología PET-CT y PET-RM promueve una colaboración

sin precedentes entre disciplinas como la informática, ingeniería, física y medicina. Esta colaboración multidisciplinaria conduce a publicaciones que reflejan una comprensión más completa y profunda del campo, enriqueciendo el cuerpo de conocimiento disponible.

En resumen, el ahorro de tiempo, la personalización de los escritos, la confiabilidad de la información sintetizada y la facilidad de escribir en forma interdisciplinaria resaltan

entre los beneficios más significativos que la IA aporta a la esfera académica. Estas ventajas colectivas están sentando las bases para una nueva era de eficiencia y excelencia en la publicación científica.

### TECNOLOGÍA

El impacto de la IA en la tecnología de imágenes PET-CT y PET-RM es considerable y sigue evolucionando.

**Cuadro 1.**

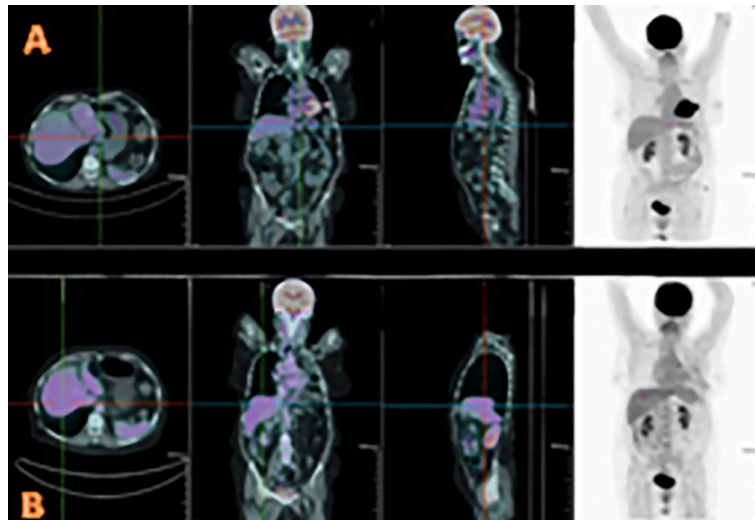
Aspecto	Equipos Análogos (sin IA)	Equipos Digitales (con IA)
Tecnología de Detectores Dosis de radio trazador Calidad de imagen	Menor sensibilidad y resolución 10 mCi (sin optimización) Calidad aceptable	Mayor sensibilidad y resolución 8 mCi (con potencial de reducción) Mejorada, con menor ruido y mayor claridad
Riesgo de radiación Eficacia en detección	Potencialmente más alto Bueno	Reducido, debido a optimizaciones Mejorado, especialmente en lesiones pequeñas
Tiempo de adquisición Uso de la IA	Estándar 20 min No aplicable	Potencialmente reducido. 8 a 10 min Optimización de dosis y mejora de calidad imagen

Múltiples parámetros han cambiado en lo que llamamos rutinas tecnológicas, del manejo de estas imágenes. Aquí analizamos algunos de los aspectos clave:

### MEJORA EN LA CALIDAD DE LAS IMÁGENES

La IA ha permitido avances significativos en la calidad de las imágenes PET-CT y PET-RM. Los algoritmos pueden mejorar la nitidez, reducir el ruido y optimizar el contraste, lo que resulta en imágenes más claras y detalladas <sup>(2)</sup>.

La IA permite obtener imágenes de alta resolución incluso cuando la cantidad de datos disponibles es limitada. Estas mejoras son particularmente útiles cuando la adquisición completa de datos no es posible, ya sea por restricciones de tiempo de escaneo o para reducir la dosis de radiación a los pacientes. Además, la IA ha facilitado la implementación de métodos de reconstrucción avanzados que pueden compensar el ruido y mejorar la calidad de las imágenes. Además, aprovechando la capacidad de la IA para aprender cómo capturar y codificar información clave de los datos de un



**Figura 1.**

Agradecimiento al Prof. Luis Bernal.

A. PET/CT digital Dosis 4,43 mCi tiempo 10 min imagen usando HYPHER Dpr que usa IA para proceso de reconstrucción de imagen. B. Dosis 7,72 tiempo de estudio 16 min.

escaneo PET. Esta capacidad se traduce en la generación de imágenes PET reconstruidas de baja dosis con alta resolución.

Por último, se está investigando el uso de arquitecturas de redes neuronales más avanzadas, como las que utilizan mecanismos de autoatención para el aprendizaje rápido de contextos de largo alcance en datos, lo que podría ofrecer aún más formas poderosas de aprovechar todos los datos adquiridos en PET para generar, incorporar y analizar características complejas, beneficiando las tareas de imagenología clínica y, en última instancia, ayudando en la gestión del camino del paciente <sup>(2-6)</sup>.

## REDUCCIÓN DEL TIEMPO DE ADQUISICIÓN

La IA puede acelerar el proceso de adquisición de imágenes, lo que es especialmente útil en PET-

RM, donde los tiempos de exploración suelen ser más largos. Esto mejora la experiencia del paciente y aumenta la eficiencia operativa.

Loft y col., evalúan el desempeño de un escáner PET/CT con programas de IA, comparándolo con un escáner PET/CT analógico 128 mCT. Se incluyeron cinco pacientes con neoplasias neuroendocrinas (NEN) grados 1 y 2 y enfermedad estable en TC, escaneados en ambos sistemas dentro de 6 meses como parte de su manejo clínico rutinario. El tiempo de adquisición digital PET fue menos de 1/3 del tiempo de adquisición analógico PET (digital PET, media (min:s): 08:20 (rango, 07:59-09:45); PET analógico, 25:28 (24:39-28:44),  $P < 0,001$ ). Todas las 44 lesiones detectadas en el PET analógico con correlatos estructurales correspondientes en el TC también se encontraron en el PET digital. Los hallazgos iniciales sugieren que el PET digital puede realizarse utilizando

un tiempo de adquisición de imagen de solo 1/3 (corresponde al 66,67 %) de lo que se usa para un PET analógico <sup>(7)</sup>.

### DOSIS DE RADIACIÓN OPTIMIZADA

En PET-CT, la IA puede ser crucial para optimizar la dosis de radiación. Los algoritmos pueden calcular la cantidad mínima necesaria de radio trazador para obtener imágenes de alta calidad, minimizando la exposición del paciente a la radiación <sup>(2,7)</sup> (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** Ejemplo simplificado y las dosis reales pueden variar dependiendo de múltiples factores, incluyendo el tipo de equipo (analógico vs. digital), el protocolo específico de CT (baja vs. alta dosis), y cómo se aplican específicamente los programas de IA para la reducción de dosis. Las cifras de dosis de CT son ejemplares y pueden variar considerablemente entre diferentes equipos y protocolos. La aplicación de IA en PET/CT digital no solo permite reducir la dosis de radiación sino también mejorar la calidad de las imágenes, lo que potencialmente puede traducirse en mejor diagnóstico y seguimiento de los pacientes.

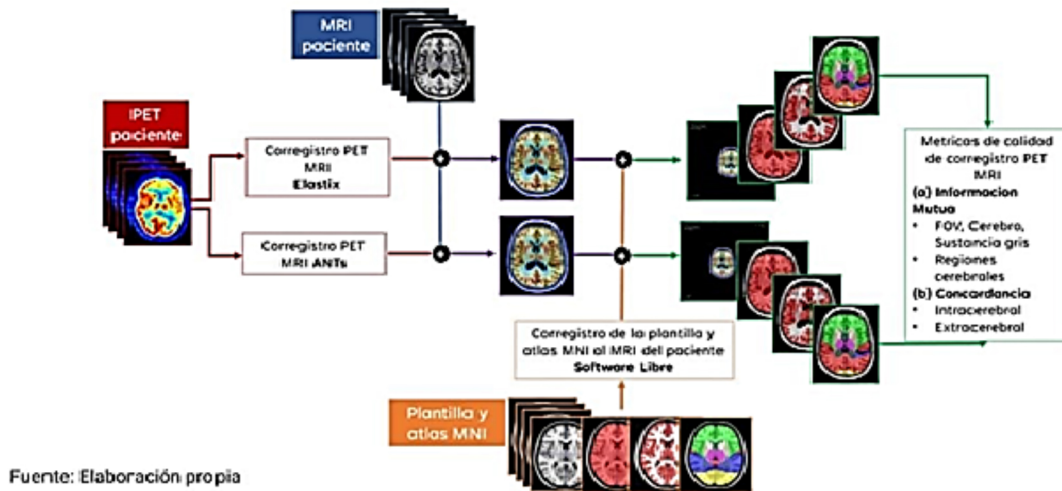
Característica	PET/CT Analógico (10 mCi)	PET/CT Digital (8 mCi)	Notas
Dosis de radio-trazador	10 mCi	4 - 8 mCi	Dosis menor en equipos digitales debido a una mayor sensibilidad y eficiencia en la detección.
Dosis de CT (Baja)	~2 mSv	~1,6 mSv (Con IA)	La dosis puede reducirse mediante programas de IA que optimizan la adquisición y reconstrucción de imágenes.
Dosis de CT (Alta)	~10 mSv	~8 mSv (Con IA)	La dosis alta se utiliza para adquisiciones diagnósticas detalladas. La IA puede ajustar la dosis sin comprometer la calidad.
Dosis total estimada	12 mSv (Baja) / 20 mSv (Alta)	9,6 mSv (Baja con IA) / 16 mSv (Alta con IA)	Estimaciones basadas en la reducción de dosis proporcionada por la IA y la eficiencia de los detectores digitales.
Impacto de la IA	Limitado o no aplicable	Reducción significativa de la dosis y mejora en la calidad de imagen	La IA tiene un rol crucial en la optimización de dosis en equipos digitales, permitiendo reducir la dosis del radio trazador y CT.

### FUSIÓN DE IMÁGENES

Anteriormente los estudios de medicina nuclear pasaban por procesos de interpolación ya que las resoluciones no eran compatibles con las imágenes de otras modalidades como CT o RM. Eso llevaba a que estas imágenes

muchas veces eran corregidas inicialmente en forma manual y luego pasaban a un manejo automatizado. Actualmente gracias a la IA esto se ha automatizado con puntos de referencias creados por la IA y resultados más precisos y confiables <sup>(8)</sup>.





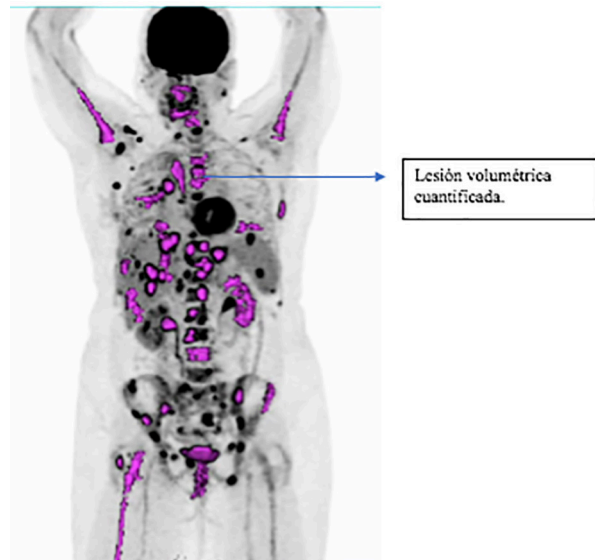
Las imágenes PET de cada paciente serán registradas a sus respectivas MRI a través de dos métodos de software open source (Elastix y ANTs), asimismo se realizará un corregistro del template y atlas MNI hacia el MRI de cada paciente con la finalidad de obtener máscaras segmentadas de cerebro, sustancia gris y regiones cerebrales (parietal, frontal, temporal, occipital, cerebelo tálamo, núcleo caudado, tronco encefálico, globo pálido, putamen y ventrículos laterales). Finalmente se calculará las métricas de información mutua en el FOV, cerebro, sustancia gris y regiones cerebrales, así como la

Figura 2. <sup>(8)</sup>

## SEGMENTACIÓN AUTOMATIZADA Y ANÁLISIS DE IMÁGENES

La IA puede identificar y segmentar automáticamente regiones de interés en las imágenes PET-CT y PET-RM. Esto incluye la identificación de tumores, órganos y otros tejidos.

Las innovaciones recientes en este espacio incluyen el desarrollo de herramientas como el *software MOOSE*, que emplea principios de IA centrados en los datos para realizar segmentaciones semánticas automatizadas de imágenes PET/CT de todo el cuerpo con una precisión notable. El *software* ha demostrado ser capaz de segmentar automáticamente más de 100 tipos de tejidos diferentes con una alta precisión, facilitando el análisis sistemático de alto rendimiento del cuerpo humano mediante imágenes PET. Estas herramientas han permitido el desarrollo de cálculos de biomarcadores como el MTV y cálculos radiómicos.



**Figura 3.** La imagen de proyección de máxima intensidad (MIP) adquirida en un sistema PET con 18F FDG muestra en colores morado la Segmentación Automatizada basadas en parámetros pre establecido que definen áreas con anormales que pueden estar relacionadas con lesiones neoplásicas. Estas áreas son valoradas por el médico nuclear selecciona las de su interés y puede a su vez realizar cálculos que definen el comportamiento metabólico o molecular de las lesiones.

El MTV es un parámetro crucial derivado de las imágenes de PET que representa el volumen de actividad metabólica del tumor. Estudios han demostrado que el MTV es útil en la predicción de resultados de pacientes y en la evaluación de

la respuesta al tratamiento. Estos pueden ser calculados por lesión o realizar un análisis de múltiples lesiones y mostrar cuantitativamente la carga metabólica tumoral del paciente.

INFO_SeriesDescription	INFO_Modality	INFO_ZYXspacing	INFO_ActualFrameDuration	INFO_NumberOfROI	INFO_NameOfROI	PARAMETERS: PARAMS_AbsoluteSUV_ThresholdMin
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R1	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R13	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R5	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R4	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R2	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R7	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R3	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R10	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R11	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R12	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R6	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R16	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R15	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R9	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R14	2.5
2001_PET WB CORREGIDO 9 CTE PETCT_PSMA_WholeBodyCONTRASTADO (Adulto)	PT	23.0 y4.07284 x4.07284	2.0000000949949026(min)	16	R8	2.5



**Figura 4.** Muestra las cuantificaciones segmentarias que permiten definir actividad volumétrica de lesiones en imágenes PET.

Estos avances son de gran importancia para la medicina personalizada, ya que permiten una evaluación más precisa del comportamiento y la progresión del tumor, ayudando a los clínicos a diseñar planes de tratamiento más efectivos.

Sin embargo, la estandarización y validación de estos métodos en diferentes poblaciones de pacientes y tipos de cáncer sigue siendo un área de investigación activa <sup>(9,10)</sup>.



## **MANTENIMIENTO PREDICTIVO Y OPERACIONES**

La IA no solo mejora las capacidades clínicas de las imágenes PET-CT y PET-RM, sino que también puede ser utilizada para el mantenimiento predictivo de los equipos, mejorando así su disponibilidad y fiabilidad <sup>(9)</sup>.

Estos avances apuntan hacia una imagenología más objetiva y menos subjetiva, marcando el cambio de una habilidad perceptual subjetiva a una ciencia más objetiva <sup>(11)</sup>.

## **INTERPRETACIÓN DE IMÁGENES EN ONCOLOGÍA**

La aplicación de la IA en la interpretación de imágenes PET-CT y PET-RM tiene una importancia creciente, especialmente en lo que respecta a los informes médicos y la productividad. A continuación, se detallan algunos aspectos clave:

**Precisión en la interpretación de imágenes:** la IA puede identificar patrones complejos en las imágenes PET-CT y PET-RM que podrían ser difíciles de detectar por el ojo humano. Esto incluye la identificación precisa de tumores, metástasis y otras anomalías <sup>(2)</sup>.

**Análisis cualitativo y cuantitativo avanzado:** la IA no solo facilita una evaluación cualitativa de las imágenes, sino que también extiende sus capacidades hacia el análisis cuantitativo. Esto abarca la medición precisa del metabolismo tumoral, la densidad tisular, entre otras métricas críticas, ofreciendo así una perspectiva más exhaustiva y detallada sobre la patología del paciente.

Los algoritmos de IA están diseñados para identificar patrones complejos y realizar evaluaciones cuantitativas de las características radiográficas, las cuales pueden resultar arduas de discernir mediante la observación directa. Este nivel de análisis adquiere una importancia

capital en el campo de la oncología, donde la IA se emplea en diversas modalidades de imagenología a lo largo de las distintas fases del tratamiento, incluyendo la delimitación tumoral y la evaluación de la respuesta terapéutica <sup>(12)</sup>.

Dichos algoritmos han propiciado el desarrollo de múltiples biomarcadores, los cuales prometen incrementar significativamente la precisión en el análisis de imágenes (Cuadro 3).

## **REDUCCIÓN DE ERRORES Y VARIABILIDAD**

La interpretación asistida por IA puede reducir la variabilidad inter-observador y los errores en los informes médicos. Esto se traduce en diagnósticos más consistentes y confiables. Más cuantitativo y menos interpretativos.

## **AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD Y TOMA DE DECISIONES CLÍNICAS**

La IA puede procesar y analizar imágenes rápidamente, lo que reduce significativamente el tiempo necesario para interpretar cada estudio además proporcionar recomendaciones basadas en los hallazgos.

Esto aumenta la productividad y permite a los médicos nucleares enfocarse en aspectos más complejos de la interpretación y en la toma de decisiones clínicas <sup>(17)</sup>.

En resumen, la IA aplicada a la interpretación de imágenes PET-CT y PET-RM está revolucionando la manera en que se elaboran los informes médicos y mejorando significativamente la productividad, precisión y calidad del diagnóstico por imágenes en la medicina nuclear y la radiología.

## **PACIENTE: BENEFICIOS Y CONSIDERACIONES**

El empleo de la IA en la interpretación de imágenes PET-CT y PET-RM conlleva múltiples beneficios y consideraciones significativas para

**Cuadro 3.** Biomarcadores cuantitativos impulsados por la IA en las imágenes PET/CT y PET/RM <sup>(13-16)</sup>.

Biomarcador	Bases
Radiómica <sup>(13)</sup>	Implica la extracción de un gran número de características de las imágenes con un enfoque de alto rendimiento, se ha convertido en uno de los temas de investigación más populares en la imagenología médica. La IA impulsa el procesamiento de un número masivo de imágenes médicas y, por tanto, descubre características de la enfermedad que no se aprecian a simple vista.
Autorradiografía multiplexada <sup>(14)</sup>	La autorradiografía, la obtención de imágenes directas de la distribución radiactiva en secciones de tejido, esto permite la localización y cuantificación de la distribución de trazadores radiactivos en secciones de tejido, combinando este enfoque con otras técnicas como la inmunofluorescencia o la hibridación <i>in situ</i> .
Métodos de modelado cinético <sup>(15)</sup>	El modelado cinético de los datos de imágenes PET puede ser fundamental para evaluar y cuantificar la cinética del radio trazador <i>in vivo</i> mediante modelos matemáticos que describen el mecanismo de Administración, Distribución, Interacción con el tejido diana, Eliminación.

los pacientes, impactando positivamente en el diagnóstico, tratamiento y la experiencia global del paciente (Cuadro 4).

La integración de la inteligencia artificial en los estudios PET/CT y PET/RM representa un avance significativo en la medicina nuclear,

ofreciendo no solo mejoras en la precisión diagnóstica y la eficacia del tratamiento, sino también en la calidad de vida del paciente, al reducir la carga emocional y física asociada con el diagnóstico y seguimiento de enfermedades complejas <sup>(18,19)</sup>.

**Cuadro 4.** Algunos de los beneficios y sus impactos al paciente que la inteligencia artificial ha complementado los estudios PET/CT y PET/RM.

Beneficios	Impacto
Diagnósticos más precisos y tempranos	Personalización de imágenes. permitiendo detectar anomalías sutiles que podrían ser inadvertidas, lo que resulta en diagnósticos más precisos y tempranos.
Mejora en la experiencia del paciente	Menor tiempo de examen con respuestas más rápidas y más seguros.
Seguimiento eficaz de la enfermedad y la respuesta al tratamiento	Ajustes oportunos en el seguimiento permite una monitorización más efectiva de la evolución de la enfermedad y la respuesta al tratamiento, facilitando decisiones clínicas más informadas.
Reducción de procedimientos no necesarios:	Biopsias de seguimientos reduciendo así el riesgo de complicaciones y la ansiedad del paciente.
Aspectos psicológicos y de confianza del paciente	Estudios más precisos mejoran la confianza del paciente en el proceso de atención médica y en las estrategias terapéuticas propuestas, contribuyendo a una mayor tranquilidad y disposición positiva hacia el tratamiento.

Concluimos que, en conjunto, la IA está transformando el campo de la oncología a través de las imágenes PET-CT y PET-RM, mejorando cada aspecto, desde la investigación académica hasta la atención al paciente. No solo está cambiando la forma en que se realizan y se interpretan las imágenes médicas, sino que también está abriendo nuevas vías para el tratamiento personalizado y efectivo del cáncer, marcando un hito en la historia de la medicina moderna.

## REFERENCIAS

- Sadaghiani MS, Rowe SP, Sheikhabaei S. Applications of artificial intelligence in oncologic <sup>18</sup>F-FDG PET/CT imaging: A systematic review. *Ann Transl Med.* 2021;9(9):823. doi: 10.21037/atm-20-6162.
- Zaharchuk G, Davidzon G. Artificial Intelligence for optimization and interpretation of PET/CT and PET/MR images. *Semin Nucl Med.* 2021;51(2):134-142. doi: 10.1053/j.semnuclmed.2020.10.001.
- Wagner HN Jr, North W. What is nuclear medicine all about? *Dis Mon.* 1976;23(2):1-50. doi: 10.1016/s0011-5029(76)80014-4.
- Vahidfar N, Farzanefer S, Ahmadzadehfar H, Molloy EN, Eppard E. A Review of Nuclear Medicine approaches in the diagnosis and the treatment of gynecological malignancies. *Cancers (Basel).* 2022;14(7):1779. doi: 10.3390/cancers14071779.
- Townsend D. Dual-modality imaging: Combining anatomy and function. *J Nucl Med.* 2008;49(6):938-955. doi: <https://doi.org/10.2967/jnumed.108.051276>
- Reader AJ, Schramm G. Artificial Intelligence for PET image reconstruction. *J Nucl Med.* 2021;62(10):1330-1333
- Loft M, Johnbeck CB, Carlsen EA, Johannesen HH, Oturai P, Langer SW, et al. Initial Experience with <sup>64</sup>Cu-DOTATATE Digital PET of patients with neuroendocrine neoplasms: Comparison with analog PET. *Diagnostics (Basel).* 2021;11(2):350. doi: 10.3390/diagnostics11020350.
- Salinas N, Bernal L. Corregistro de imágenes cerebrales por tomografía por emisión de positrones y resonancia magnética en estudios de Alzheimer. Tesis de grado Universidad Mayor de San Marcos. Universidad del Perú. 2023. Disponible en: URL: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/item/6c78672b-197b-446d-a969-aa405bc602d4>
- Lee JW, Lee SM. Radiomics in oncological PET/CT: Clinical applications. *Nucl Med Mol Imaging.* 2018;52(3):170-189. doi: 10.1007/s13139-017-0500-y.
- Esfahani SA, Torrado-Carvajal A, Amorim BJ, Groshar D, Domachevsky L, Bernstine H, et al. PET/MRI and PET/CT Radiomics in primary cervical cancer: A pilot study on the correlation of pelvic PET, MRI, and CT derived image features. *Mol Imaging Biol.* 2022;24(1):60-69. doi: 10.1007/s11307-021-01658-1.
- Pesapane F, Codari M, Sardanell, F. Artificial intelligence in medical imaging: Threat or opportunity? Radiologists again at the forefront of innovation in medicine. *Eur Radiol Exp.* 2018;2(1):35.
- Tang X. The role of artificial intelligence in medical imaging research. *BJR Open.* 2019;2(1):20190031. doi: 10.1259/bjro.20190031.
- Lambin P, Rios-Velazquez E, Leijenaar, Carvalho S, van Stiphout R, Granton P, et al Radiomics: Extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer.* 2012;48(4):441-446.
- Kennedy C, Des Rosiers MH, Sakurada O, Shinohara M, Reivich M, Jehle JW, et al. Metabolic mapping of the primary visual system of the monkey by means of the autoradiographic [<sup>14</sup>C]deoxyglucose technique. *Proc Natl Acad Sci U S A.* 1976;73(11): 4230-4234. <https://doi.org/10.1073/pnas.73.11.4230>
- Kuntner C, Stout D. Quantitative pre-clinical PET imaging: Opportunities and challenges. Disponible en: URL: <https://www.frontiersin.org/journals/physics/articles/10.3389/fphy.2014.00012/full>
- Witney T, Shuhendler A, editores. Positron Emission Tomography Methods and Protocols. *Methods in Molecular Biology.* Nueva York: Edición Kindle Humana; 2024.
- Zhao K, Ma S, Sun Z, Liu X, Zhu Y, Xu Y, et al. Effect of AI-assisted software on inter- and intra-observer variability for the X-ray bone age assessment of preschool children. *BMC Pediatr.* 2022;22(1):644. doi: 10.1186/s12887-022-03727-y.
- Yang J. AI applications for quantitative and qualitative PET in PET/MR-where do we stand? *Eur Radiol.* 2023;33(11):7530-7531. doi: 10.1007/s00330-023-09778-8.
- Veziroglu E, Farhadi F, Hasani N, Nikpanah M, Roschewski M, Summers R, et al. Role of Artificial Intelligence in PET/CT imaging for management of lymphoma. *Semin Nucl Med.* 2023;53(3):426-448.