

Implementación de Informes PET/CT 2.0.1: De Descriptivo a Cuantitativo en la Práctica Oncológica Personalizada.

Implementation of PET/CT Reports 2.0.1: From Descriptive to Quantitative in Personalized Oncology Practice.

Autores:

Moreno Carol¹, Bowles Hans², Colmener Luis³.

¹ Médica Oncóloga. Hospital Metropolitano de Quito. Quito, Ecuador.

² Médico Nuclear. Editorial Asesor Grupo Conceptualizando. Santa Cruz, Bolivia.

³ Médico Nuclear. Editor General Grupo Conceptualizando. Quito, Ecuador.

Palabras clave:

Informe estructurado, PET/CT, TMTV, Radiómica, Inteligencia Artificial.

Key words:

Structured reporting, PET/CT, MTV, Radiomics, Artificial Intelligence.

Comité de ética: Este artículo de revisión no requirió aprobación por un comité de ética de investigación.

Correo para correspondencia del autor principal:

Dr. Luis Felipe Colmener
luiscolmener@hotmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4219-9559>

Fecha de recepción:

Octubre de 2025

Fecha de aceptación:

Diciembre de 2025

Resumen: La medicina nuclear ha revolucionado el informe PET/CT en oncología, llevándolo a un enfoque cuantitativo que integra parámetros metabólicos como el TMTV y el TLG con la radiómica y la inteligencia artificial, para proporcionar datos objetivos y predictivos. Este artículo presenta y analiza el modelo PET/CT 2.0.1, fundamentado en una revisión narrativa de la literatura científica desde 2015 hasta 2025 en PubMed, Scopus y Web of Science, que incluyó estudios clínicos, revisiones sistemáticas y guías de consenso como las de la EANM Asociación Europea de Medicina Nuclear.

Los resultados demuestran la utilidad de este modelo integrado en todas las fases clínicas (estudio basal, interinicial, postratamiento y reestadificación), mejorando la evaluación terapéutica y la predicción pronóstica. Las conclusiones destacan su perfecta alineación con los objetivos de la medicina personalizada, subrayando la necesidad crítica de estandarización de protocolos, formación continua y colaboración multidisciplinaria para superar las barreras tecnológicas y facilitar su implementación efectiva en diversos contextos asistenciales.

Abstract: Nuclear medicine has revolutionized PET/CT reporting in oncology, shifting it toward a quantitative approach that integrates metabolic parameters such as MTV and TLG with radiomics and artificial intelligence to provide objective and predictive data. This article presents and analyzes the PET/CT 2.0.1 model, based on a narrative review of the scientific literature from 2015 to 2025 in PubMed, Scopus, and Web of Science, which included clinical studies, systematic reviews, and consensus guidelines such as those from the EANM.

The results demonstrate the utility of this integrated model across all clinical phases (baseline, interim, post-treatment, and restaging), enhancing therapeutic assessment and outcome prediction. The conclusions highlight its perfect alignment with the goals of personalized medicine, underscoring the critical need for protocol standardization, continuous training, and multidisciplinary collaboration to overcome technological barriers and facilitate its effective implementation in diverse healthcare settings.

Integración de Esquemas Estandarizados y Métricas Cuantitativas en el Informe PET/CT Oncológico.

Introducción

El informe PET/CT en oncología ha evolucionado desde un enfoque descriptivo hacia uno cuantitativo y estructurado, denominado PET/CT 2.0.1. Este nuevo paradigma combina métricas metabólicas objetivas como Volumen Tumoral Metabólico (TMTV), Glicólisis Lesional Total (TLG), con tecnologías avanzadas como la radiómica y la inteligencia artificial (IA)¹.

Este avance se construye sobre la base sólida de los esquemas de clasificación estandarizados (Deauville, Lugano, Hopkins, PROMISE) que han unificado la interpretación visual y semicuantitativa².

La convergencia de ambos enfoques: la estandarización y la cuantificación avanzada, define el estado del arte actual, transformando el informe en una

herramienta fundamental para la estratificación de riesgo, la predicción de respuesta y la guía de terapias personalizadas en la práctica oncológica³.

Sin embargo, la utilidad clínica última de este informe integrado no depende únicamente de la precisión técnica, sino de su interpretación contextualizada y su aplicación específica para cada escenario terapéutico. Aquí, el rol del oncólogo y del hematólogo se vuelve indispensable.

Son estos especialistas quienes, al enfrentar decisiones críticas como desescalar quimioterapia en un linfoma de Hodgkin con PET interino negativo, seleccionar candidatos para terapias dirigidas basadas en biomarcadores de imagen, o diferenciar progresión verdadera de pseudoprogresión en pacientes bajo inmunoterapia requieren que el informe trascienda los datos crudos. Necesitan una síntesis clínica que traduzca los valores de TMTV, los patrones radiómicos y los scores estandarizados en implicaciones pronósticas y recomendaciones accionables para su paciente individual^{1,2,3}.

Por lo tanto, la estandarización del informe PET/CT 2.0.1 y su éxito en la personalización de la atención dependen de un diálogo continuo y bidireccional entre el médico nuclear, que genera los datos cuantitativos objetivos, y el clínico tratante, quien aporta el contexto integral del paciente. Esta colaboración es la que asegura que la precisión métrica se alinee con la precisión médica, cerrando el ciclo entre la imagen avanzada y la decisión terapéutica óptima.

Métodos

Se realizó una revisión narrativa de la literatura científica publicada entre 2015 y 2025 en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. Las búsquedas utilizaron combinaciones de términos clave: “PET/CT”, “TMTV”, “TLG”, “radiomics”, “artificial intelligence”, “standardized reporting”, “Deauville”, y “personalized oncology”. Los criterios de inclusión priorizaron estudios clínicos prospectivos y retrospectivos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y guías de práctica clínica de sociedades científicas relevantes (p. ej., EANM).

Tras un proceso de cribado que incluyó la evaluación de títulos, resúmenes y textos completos, se seleccionaron 25 referencias de alta relevancia para fundamentar este análisis.

El análisis se estructuró enfocándose en cuatro escenarios clínicos fundamentales para la toma de decisiones en oncología:

Estudio basal **Evaluación interina (durante el tratamiento)** **Postratamiento** **Reestadificación.**

Para cada uno de estos escenarios, se recopilaron y sintetizaron datos específicos sobre:

- 1) Aplicación y valores de parámetros metabólicos (SUVmax, Volumen Tumoral Metabólico, Glicólisis Lesional Total)
- 2) Uso de técnicas de radiómica para extraer características de heterogeneidad tumoral
- 3) Aplicaciones de inteligencia artificial (IA) en la segmentación, análisis predictivo e integración de datos.

Se extrajo información específica sobre el impacto pronóstico y el valor predictivo de estas herramientas en cada fase clínica. Los hallazgos fueron organizados de manera lógica y se discutieron en relación con las guías clínicas y los esquemas de reporte estandariza-

dos vigentes, asegurando así una metodología transparente y reproducible para futuras revisiones sobre el modelo PET/CT 2.0.1

Modelo Integrado PET/CT 2.0.1 en la Práctica Clínica

La aplicación del modelo PET/CT 2.0.1 se despliega a lo largo de la trayectoria del paciente, complementando los esquemas cualitativos con datos cuantitativos accionables.

Su utilidad se demuestra en cuatro escenarios clínicos fundamentales:

- **Estudio Basal (PET-B):** En esta fase inicial, el modelo va más allá de la estadificación descriptiva. La cuantificación objetiva del Volumen Tumoral Metabólico (TMTV) y la Glicólisis Lesional Total (TLG) establece una línea base pronóstica cuantificable. Por ejemplo, un TMTV elevado se asocia de forma independiente con un peor desenlace en linfomas⁴ y en carcinoma de pulmón no microcítico (CPNM)⁵. Complementariamente, el análisis radiómico enriquece la caracterización tumoral al identificar patrones de heterogeneidad en la imagen que se correlacionan con sustratos genómicos específicos, como la presencia de mutaciones en EGFR, ofreciendo así un “fenotipo de imagen” inicial⁶.

- **Evaluación Interina (PET-I):** Durante el tratamiento, el modelo permite una evaluación dinámica y objetiva de la respuesta. La reducción cuantitativa del TMTV (generalmente >30-45%) después de los primeros ciclos de quimioterapia emerge como un marcador metabólico temprano de respuesta favorable, particularmente valioso en linfomas agresivos donde puede guiar decisiones de adaptación terapéutica⁷. Este parámetro ofrece una medición complementaria y reproducible a la evaluación visual mediante sistemas como el score de Deauville.

- **Evaluación Postratamiento (PET-R):** Al finalizar la terapia, la distinción entre enfermedad residual y cambios postratamiento benignos (como fibrosis o inflamación) es crítica. Aquí, criterios cuantitativos estandarizados como PERCIST (Criterios de Respuesta a la PET en Tumores Sólidos)⁸ y los algoritmos de inteligencia artificial para la comparación secuencial de estudios se vuelven herramientas cruciales. Facilitan una evaluación objetiva de la respuesta metabólica completa, minimizando la subjetividad.

- **Reestadificación (PET-F):** En la vigilancia o ante sospecha de recaída, el modelo integrado es fundamental para detectar progresión o recurrencia. El análisis radiómico longitudinal y los algoritmos de IA pueden identificar cambios sutiles en la textura o el volumen metabólico que preceden a la progresión morfológica evidente⁹. Esto permite una detección más temprana y precisa, crucial para reorientar la terapia de manera oportuna.

Discusión

Integración de Avances Cuantitativos y Desafíos en la Práctica Clínica.

La evolución hacia el informe PET/CT 2.0.1, con su enfoque cuantitativo y estructurado, representa un avance significativo que se alinea con los principios de la medicina de precisión³. Este modelo integra métricas metabólicas validadas, como el TMTV y el TLG, cuyo valor pronóstico independiente está bien establecido en neoplasias como los linfomas y el carcinoma de pulmón no microcítico, donde se correlacionan directamente con la supervivencia global^{4,5}.

La fortaleza de este paradigma se amplía sustancialmente con la incorporación de la radiómica y la inteligencia artificial (IA), tecnologías que están redefiniendo la frontera cuantitativa.

La radiómica permite extraer cientos de características matemáticas de la imagen que capturan la heterogeneidad intratumoral, un biomarcador de agresividad biológica que refleja aspectos subyacentes como la densidad celular o la hipoxia¹⁰. Su integración con la IA es sinérgica y multifacética: por un lado, los algoritmos de IA optimizan la segmentación automatizada de lesiones, mejorando la reproducibilidad de parámetros como el TMTV y reduciendo la variabilidad interobservador, un límite histórico en la interpretación de PET/CT^{1,3}.

Por otro lado, esta combinación permite el desarrollo de modelos predictivos sofisticados. Por ejemplo, se han desarrollado firmas radiómicas a partir de PET/CT que predicen la respuesta a inmunoterapia en cáncer de pulmón¹¹ o que se asocian con perfiles moleculares específicos, como en la leucemia linfocítica crónica¹². Este campo, conocido como “radiogenómica”, posibilita inferir características biológicas a partir de la imagen no invasiva, ofreciendo información que complementa o, en algunos contextos, suple a los biomarcadores moleculares tradicionales, democratizando así el acceso a perfiles de precisión.

Entre los beneficios clínicos más destacados de esta integración se encuentra la mejora en la diferenciación entre progresión verdadera e inflamación postratamiento, una distinción crítica y a menudo compleja con ¹⁸F-FDG. La capacidad de la radiómica y la IA para analizar patrones de textura y cambios sutiles han demostrado reducir los falsos positivos, facilitando una evaluación de respuesta más precisa.

Sin embargo, para que estas promesas se materialicen en una práctica clínica generalizada y robusta, es imperativo superar una serie de desafíos fundamentales.

La estandarización es el pilar más crítico. La comparabilidad de las métricas cuantitativas y las firmas radiómicas entre diferentes centros, equipos y protocolos de adquisición y reconstrucción requiere una armonización urgente y consensuada¹³. En segundo lugar, la validación clínica rigurosa es indispensable.

Se necesitan estudios prospectivos multicéntricos a gran escala que demuestren de manera inequívoca que la implementación de estos biomarcadores avanzados se traduce en una mejora real de los resultados clínicos finales de los pacientes, como la supervivencia global¹⁴.

Además, el éxito depende de una integración efectiva y una formación especializada. Esto demanda una colaboración multidisciplinaria genuina (entre médico nuclear, oncólogo, físico médico e ingeniero de datos) y programas de capacitación que empoderen a los clínicos para interpretar y aplicar estos datos complejos en la toma de decisiones.

Finalmente, la cuestión de la accesibilidad no puede ser ignorada; el costo y la complejidad del software especializado pueden limitar la adopción en entornos con recursos limitados, lo que exige el desarrollo de soluciones más asequibles y abiertas.

Resultados de la Evaluación Clínica y Estructura del Informe PET/CT 2.0.1

La evaluación práctica del modelo de informe PET/CT 2.0.1, basada en su aplicación en casos prototipo y el análisis de especialistas clínicos, confirma su utilidad como un puente entre los datos cuantitativos avanzados y la decisión terapéutica personalizada. La estructura propuesta organiza la información en secciones lógicas, integrando los hallazgos de la tomografía por emisión de positrones (PET) y la tomografía computarizada (CT), parámetros metabóli-

Tabla 1. Evaluación Multidisciplinaria del Modelo de Informe PET/CT 2.0.1: Impresiones Clínicas y Recomendaciones.

Especialista Evaluador	Impresiones y Ventajas Percibidas	Desafíos y Puntos de Atención Identificados	Recomendaciones Clave para la Implementación
Oncólogo Médico	- Decisión terapéutica más objetiva: El TMTV y la respuesta cuantitativa interina ofrecen un soporte robusto para decisiones de desescalada o cambio de terapia. - Pronóstico personalizado: La integración de parámetros cuantitativos en el informe facilita una estratificación de riesgo más precisa en la consulta.	- Interpretación contextual: Necesidad de que el informe no solo reporte números, sino que los relacione con el escenario clínico específico del paciente (línea de tratamiento, comorbilidades). - Curva de aprendizaje: Requiere familiarizarse con el significado pronóstico de nuevos parámetros como el TLG.	1. Incluir un párrafo de “Implicaciones Clínicas” que traduzca los hallazgos cuantitativos a opciones de manejo. 2. Formación conjunta con el servicio de Medicina Nuclear sobre la interpretación de los nuevos indicadores.
Hematólogo	- Precisión en evaluación de respuesta: Crucial para enfermedades como linfoma y mieloma. La combinación del score de Deauville con el TMTV aumenta la confianza en la evaluación de respuesta completa metabólica. - Monitorización de enfermedades mínima residual: El modelo es prometedor para seguir enfermedades residuales de bajo volumen.	- Estándares en enfermedades específicas: Necesidad de definir umbrales cuantitativos consensuados (ej., TMTV) para guiar decisiones en subtipos específicos de neoplasias hematológicas. - Integración con biomarcadores moleculares: El informe debe poder correlacionarse con datos de biología molecular (ej., mutaciones, citometría de flujo).	1. Desarrollar guías locales que adapten criterios internacionales (Lugano) con parámetros cuantitativos. 2. Diseñar plantillas de informe específicas por patología (ej., linfoma vs. mieloma).
Médico Nuclear (Generador del Informe)	- Estructura y reproducibilidad: El formato estructurado reduce la omisión de datos clave y mejora la consistencia entre distintos reportantes. - Valor agregado: La radiómica y la IA posicionan al informe como una herramienta de medicina de precisión, más allá de la imagen descriptiva.	- Tiempo de reporte: La extracción y análisis de parámetros avanzados puede incrementar inicialmente el tiempo dedicado a cada informe. - Validación local de software: Necesidad de verificar la confiabilidad de las herramientas de segmentación automática y análisis radiómico en la propia población paciente.	1. Automatización inteligente.

Fuente: Propia de resumen de los autores.

cos cuantificados (SUVmax, TMTV, TLG) y una interpretación sintetizada que vincula los hallazgos con los sistemas de puntuación estandarizados relevantes (Deauville, PERCIST, etc.).

Las impresiones consensuadas por los diferentes especialistas que analizaron el modelo destacan su potencial transformador, al tiempo que señalan áreas críticas para su implementación exitosa. La Tabla 1 resume estas perspectivas multidisciplinarias.

Esta evaluación transversal subraya que el éxito del PET/CT 2.0.1 depende de su capacidad para ser un documento clínico colaborativo. La implementación debe abordar no solo la estandarización técnica, sino también la creación de canales de comunicación que aseguren que la información cuantitativa generada por el médico nuclear sea interpretada y aplicada de manera óptima por el oncólogo o hematólogo tratante, cerrando así el ciclo de la medicina personalizada.

Declaración de conflicto de interés: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Fuente de financiamiento: Propia de los autores.

Grado de contribución de los autores: Los autores declaran haber contribuido de forma similar en la idea, diseño del estudio, análisis, interpretación de datos y redacción del artículo final y tabla.

Conclusiones

El informe PET/CT oncológico ha completado su evolución hacia una plataforma integral de biomarcadores. El modelo PET/CT 2.0.1 representa la sinergia esencial entre la solidez de los esquemas de reporte estandarizados y el poder predictivo de la cuantificación avanzada, la radiómica y la IA.

Al abordar los desafíos de estandarización y validación, este modelo integrado posiciona al médico nuclear como un pilar central en los equipos de oncología de precisión, capaz de generar informes que no solo comunican hallazgos, sino que fundamentan de manera objetiva y personalizada las decisiones terapéuticas más complejas.

Bibliografía

- Gillies RJ, Kinahan PE, Hricak H. Radiomics: images are more than pictures, they are data. *Radiology*. 2016;278(2):563-77.
- Murad V, Kulanthavelu R, Ortega C, Veit-Halbach P, Metser U. Standardized classification schemes in reporting oncologic PET/CT. *Front Med*. 2023;9:1051309.
- Meikle SR, et al. Quantitative PET in the 2020s: a roadmap. *Phys Med Biol*. 2021;66(6):06RM01.
- Cottreau AS, et al. Metabolic tumor volume predicts outcome in patients with advanced stage follicular lymphoma from the RELEVANCE trial. *Ann Oncol*. 2023;35(1):130-7.
- Yildirim F, et al. Total lesion glycolysis by 18F-FDG PET/CT is independent prognostic factor in patients with advanced non-small cell lung cancer. *Clin Respir J*. 2017;11(5):602-11.
- Liu Y, et al. Radiomic Features Are Associated With EGFR Mutation Status in Lung Adenocarcinomas. *Clin Lung Cancer*. 2016;17(5):441-8.
- Barrington SF, et al. The role of imaging in the staging and response assessment of lymphoma: consensus of the ICML Imaging Working Group. *J Clin Oncol*. 2014;32(27):3048-58.
- Wahl RL, et al. From RECIST to PERCIST: evolving considerations for PET response criteria in solid tumors. *J Nucl Med*. 2009;50(Suppl 1):122S-50S.
- Aerts HJ, et al. Decoding tumour phenotype by noninvasive imaging using a quantitative radiomics approach. *Nat Commun*. 2014;5:4006.
- Lambin P, et al. Radiomics: extracting more information from medical images using advanced feature analysis. *Eur J Cancer*. 2012;48(4):441-6.
- Tong H, et al. A Machine Learning Model Based on PET/CT Radiomics and Clinical Characteristics Predicts Tumor Immune Profiles in Non-Small Cell Lung Cancer. *Front Immunol*. 2022;13:859323.
- Esposito F, et al. Association of [18F]-FDG PET/CT-Derived Radiomic Features with Clinical Outcomes and Genomic Profiles in Patients with Chronic Lymphocytic Leukemia. *Diagnostics (Basel)*. 2025;15(10):1281.
- Boellaard R. Standards for PET imaging of measurable uptake: the EANM/EARL position. *J Nucl Med*. 2019;60(1):15-21.
- O'Connor JP, et al. Imaging biomarker roadmap for cancer studies. *Nat Rev Clin Oncol*. 2017;14(3):169-86.