

# Avances y nuevos retos en dosimetría clínica en terapia con radionucleidos. Dosimetría personalizada en 3D

Nuria Carrasco Vela

Radiofísica Adjunta

Servicio de Radiofísica y Protección Radiológica

Hospital Clínico Universitario de Valencia

## Introducción

- ¿Cómo se calcula la dosis en Medicina Nuclear?
- Dosimetría a órgano vs dosimetría 3D

## Últimos avances

- Estado actual de la implantación de la dosimetría personalizada
- Controversia legal

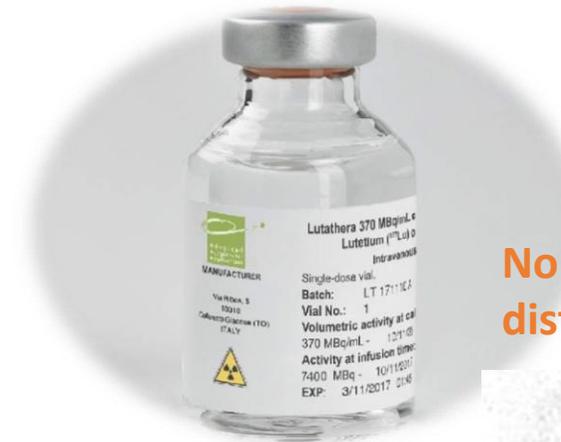
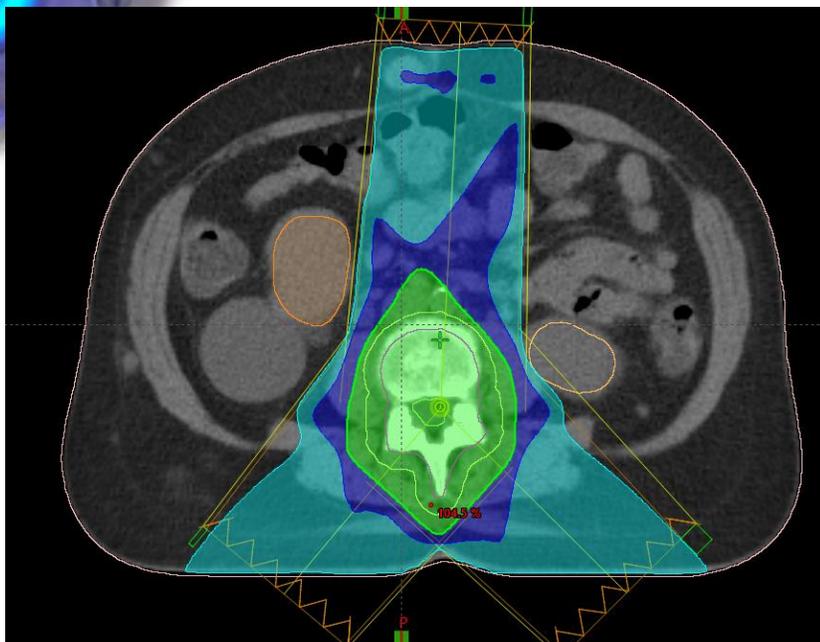
## Retos

- Cuantificación de imagen
- Optimización del número de medidas
- Armonización de protocolos
- Validación de planificadores
- Recursos humanos y materiales. Justificación basada en evidencia clínica.

# Dosis en radioterapia vs medicina nuclear

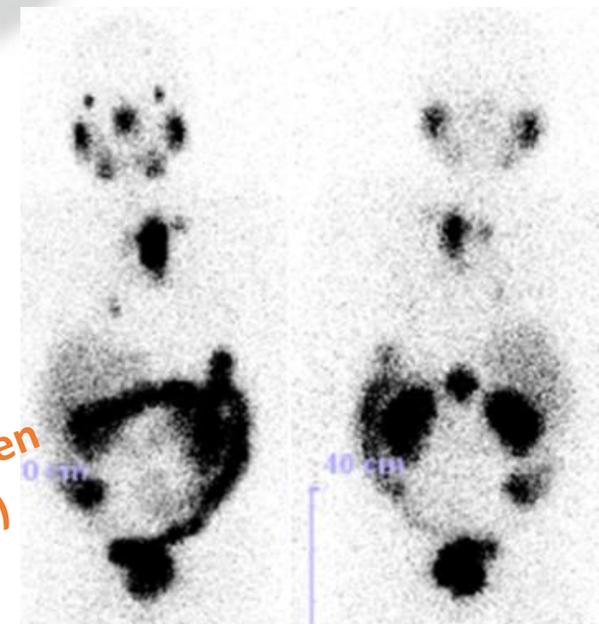


Geometría de la irradiación  
bien definida



No conocemos a priori la  
distribución del radiofármaco

Necesitamos estimarla a  
partir de mediciones  
(tasa de dosis, cuentas en  
muestras, imágenes)

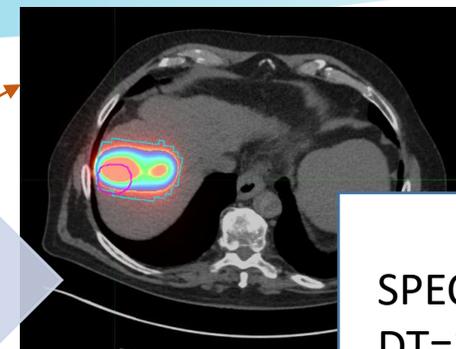


<sup>177</sup>Lu-PSMA I&T whole body scans  
Anterior Posterior

## Planificación

- A partir de un radiofármaco subrogado
- Usando una actividad inferior
- Plan adaptivo o en múltiples ciclos

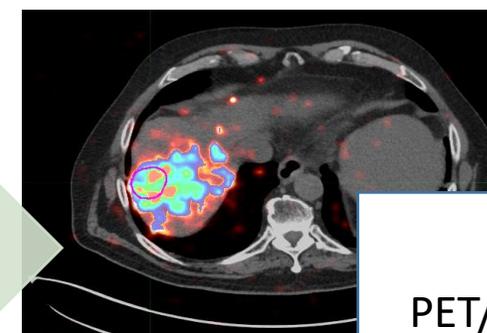
Ej.



SPECT/CT Tc99m:  
DT=223Gy  
DNL=89Gy  
→ A=0.4GBq

## Verificación

- Controlar dosis en tumor y OAR
- Evaluar infratratamiento
- Información para reirradiaciones
- Curvas dosis-efecto



PET/CT Y90:  
DT=184 Gy  
DNL=79 Gy

# ¿Cómo se calcula la dosis en medicina nuclear?

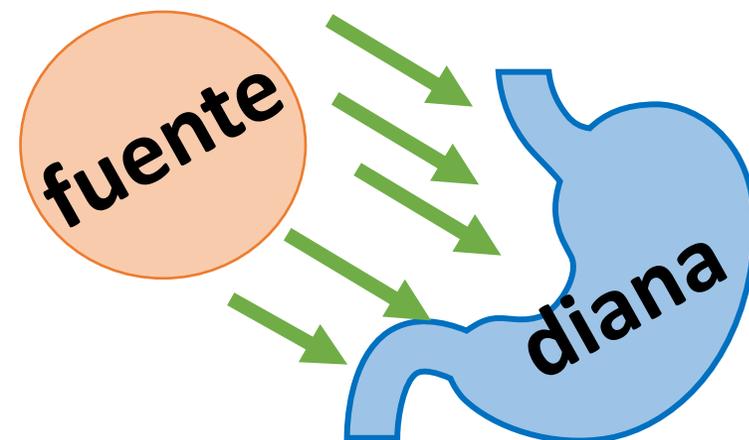
## Dosis depositada por desintegración

*Relacionado con las propiedades físicas del  
radionucleído en el medio*

$$D(d \leftarrow f) = \tilde{A}(f) \times S(d \leftarrow f)$$

**Actividad acumulada.**

*Relacionado con la distribución  
biológica del radiofarmaco: no la  
conocemos, tenemos que estimarla a  
partir de sucesivas mediciones*



**MIRD  
PRIMER**  
FOR ABSORBED  
DOSE CALCULATIONS

Prepared by  
Robert Loevinger  
Thomas F. Budinger  
Evelyn E. Watson

In Collaboration with  
MIRD Committee



$$D(t \leftarrow s) = \tilde{A}(s) \times S(t \leftarrow s)$$

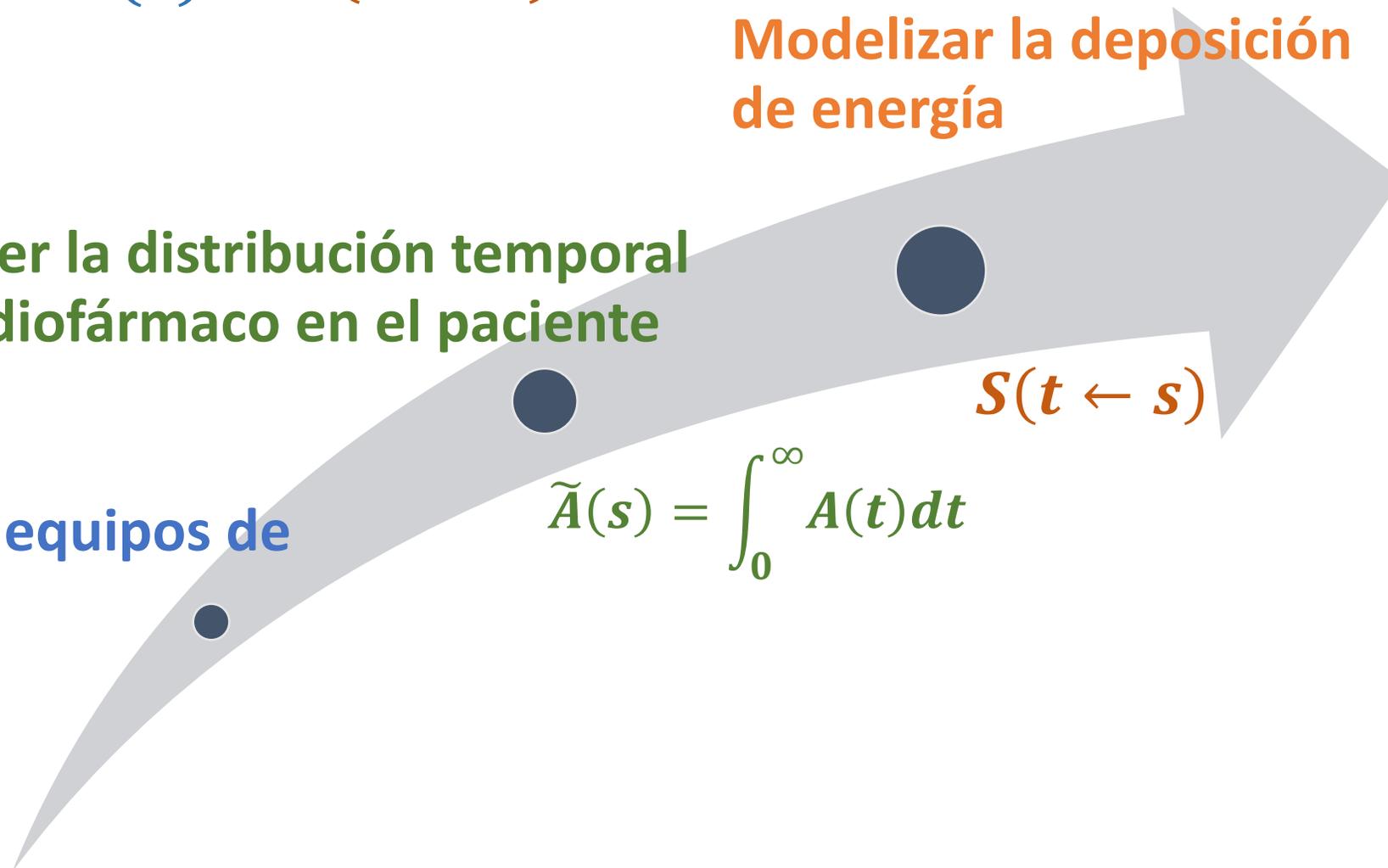
Modelizar la deposición  
de energía

Conocer la distribución temporal  
del radiofármaco en el paciente

Calibrar los equipos de  
medida

$$\tilde{A}(s) = \int_0^{\infty} A(t) dt$$

$S(t \leftarrow s)$

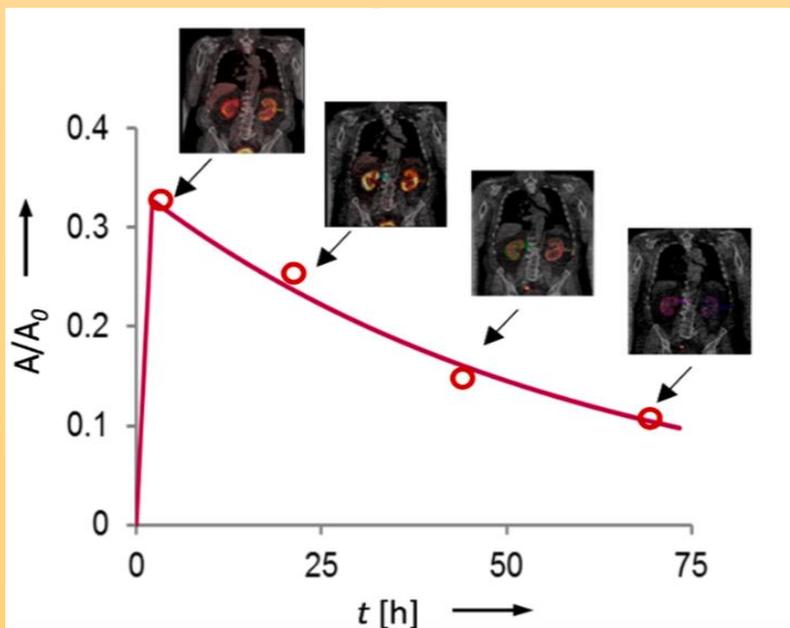


# Cálculo de la actividad integrada

$$\tilde{A}(s) = \int_0^{\infty} A(t) dt$$

## ✗ MRT (Molecular Radiotherapy)

Distribución espacio-temporal es diferente para cada paciente y desconocida a priori → son necesarias varias imágenes en distintos momentos temporales para conocer la distribución temporal de actividad



✓ SIRT (Selective Internal Radiotherapy):  
Basta con considerar desintegración física.

Realizar una **o varias** imágenes al paciente

Segmentar tumores y órganos de riesgo

Registrar imágenes

Ajustar  $A(t)$

# Modelización de la deposición de energía: Cálculo de los factores S

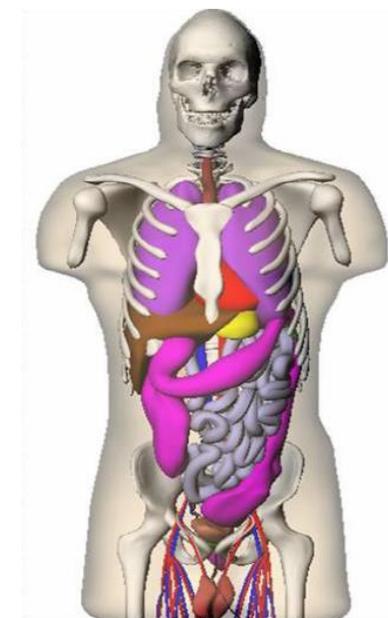
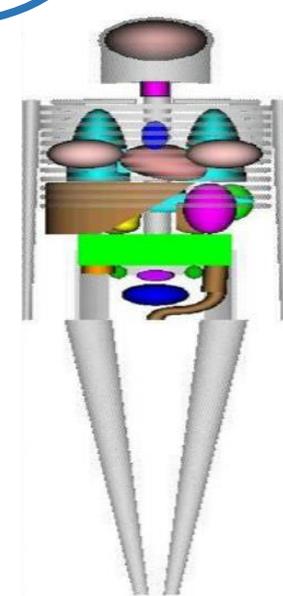
Probabilidad ( $N_i$ ) y Energía ( $E_i$ ) de desintegración  
por cada canal disponible ( $i$ )

$$S = \frac{1}{m_t} \sum_i \varphi_i N_i E_i$$

Dosimetría  
a órgano

Masa del órgano  
diana

Coefficientes específicos  
de absorción



Comercial

OLINDA/  
EXM

Desventajas

Ventajas

Dosimetría  
a órgano



OpenDose

<https://www.opendose.org/>



<https://www.idac-dose.org/>

MIRD  
calc

<https://mirdsoft.org/mirdcalc>

Fantomas de  
referencia

Distribución  
homogénea

Rápido

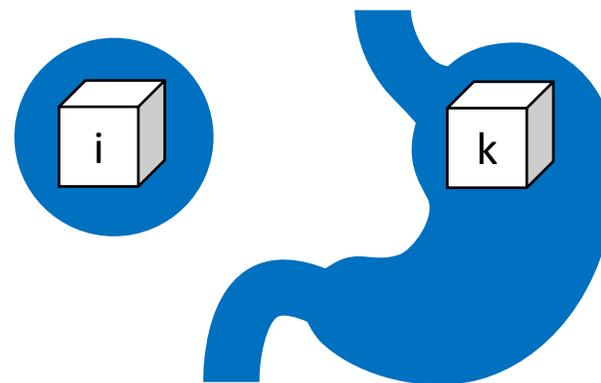
Sencillo

Barato

Software  
libre

# Modelización de la deposición de energía: Cálculo de los factores S

Dosimetría  
3D a voxel



$$D(\text{voxel}_i) = \sum_k \tilde{A}(\text{voxel}_k) \times S(\text{voxel}_i \leftarrow \text{voxel}_k)$$

→ Planificadores para MN

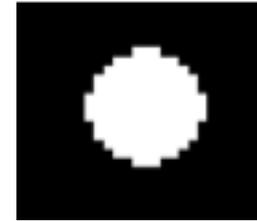
# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



Método de deposición local

*Cada partícula deposita la energía en el vóxel en el cual se ha generado.*

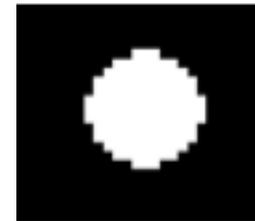
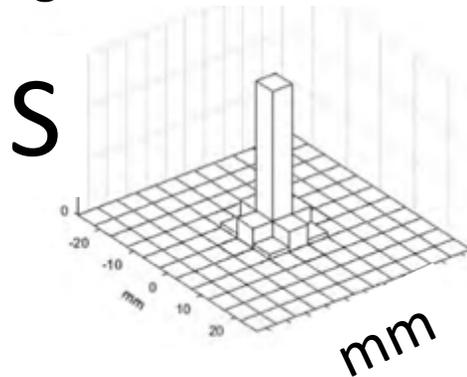


$$D = \tilde{A} \times S$$

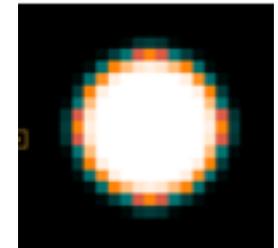


Método de convolución (o VSV)

*Tiene en cuenta el transporte de energía entre voxeles*

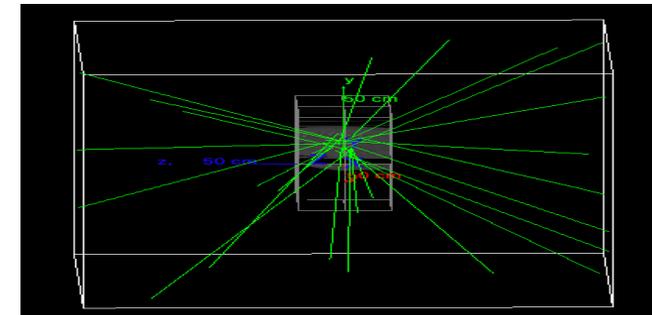


$$D = \tilde{A} \otimes S$$



Monte Carlo

*Se considera el método más preciso... y el que más recursos consume...*



# Últimos avances y retos

# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



Planificadores  
SIRT



PLANET® Dose

SIRT  
90Y & 166Ho



Planificadores  
MRT



PLANET® Dose

MRT  
177Lu & 131I

QDOSE®

HERMES  
MEDICAL  
SOLUTIONS

VOXEL DOSIMETRY

Stratos

# ¿Se realiza dosimetría en terapia con radionucleidos?

Sjögreen Gleisner et al. *EJNMMI Physics* (2017) 4:28  
DOI 10.1186/s40658-017-0193-4

EJNMMI Physics

ORIGINAL RESEARCH

Open Access



Variations in the practice of molecular radiotherapy and implementation of dosimetry: results from a European survey

- ✗ Encuesta realizada por la EANM. Terapias disponibles en 2015, publicado en 2017.
- ✗ 26 países, 211 respuestas (49 italianas, 5 españolas)
- ✗ La terapia donde se realiza dosimetría con mayor frecuencia es la radioembolización (84%).
- ✗ En el 32% de los centros el radiofísico no está involucrado en la dosimetría.
- ✗ Motivos por los que no se realizaba dosimetría: ausencia de radiofísicos (20%), procedimientos (12%), planificadores (16%) o acceso a equipos de imagen (17%)

Physica Medica 117 (2024) 103196



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Physica Medica

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ejmp](http://www.elsevier.com/locate/ejmp)



Original paper

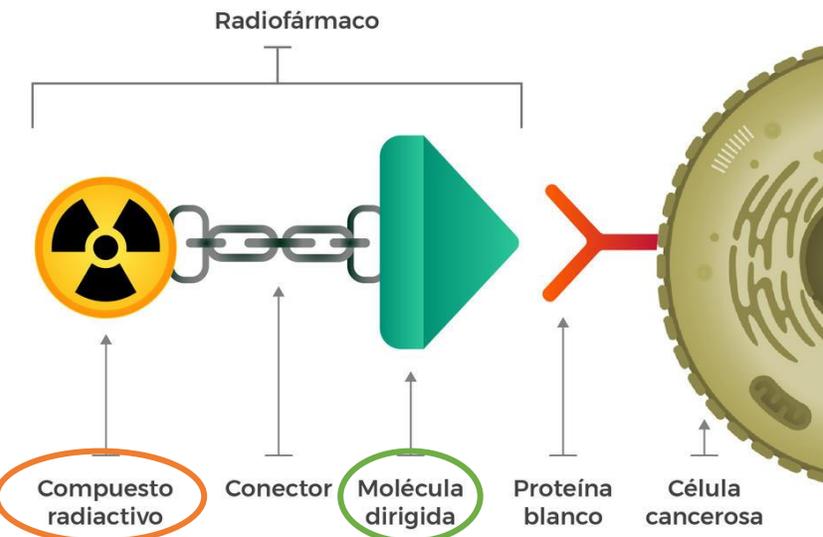
Implementation of dosimetry for molecular radiotherapy; results from a European survey



- ✓ Encuesta lanzada por el grupo SIGFRID de la EFOMP. Realizada entre 2020-2022. Publicada en 2024.
- ✓ 27 países, 173 respuestas (31 italianas, 16 españolas)
- ✓ En la radioembolización, casi el 100% de los centros realiza dosimetría para la planificación.
- ✓ Solo el 2% de los centros reportó realizar dosimetría sin un físico involucrado.
- ✓ 50% de los centros indicó que usaba un software comercial. Casi el 50% de los centros reportó tener más de 0.5 radiofísicos dedicados.

# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



Art. 56.1 EURATOM 2013/59: “Para todas las exposiciones médicas de pacientes con fines **radioterapéuticos**, las exposiciones del volumen blanco se planificarán individualmente y se verificará convenientemente su realización...” -> Art 6.3 RD 601/2019

**Incluye medicina nuclear terapéutica**

Art. 8.2 RD 673/2023: “El/la especialista en radiofísica hospitalaria deberá evaluar la dosis absorbida cuando el/la médico/a especialista en medicina nuclear lo considere necesario...”



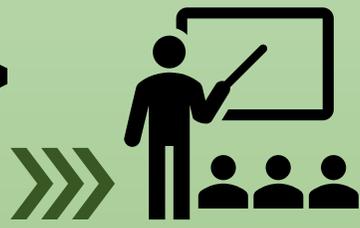
The recommended treatment regimen of Lutathera in adults consists of 4 infusions of 7 400 MBq each. The recommended interval between each administration is 8 weeks ( $\pm 1$  week).

**Nueva (propuesta) directiva fármacos 2023/0132:**

Art 19. This Directive should be without prejudice to the provisions of Council Directive 2013/59/Euratom, including with respect to **justification and optimisation** of protection of patients and other individuals subject to medical exposure to ionising radiation. In the case of radiopharmaceuticals used for therapy, marketing authorisations, posology and administration rules have to notably respect that Directive’s requirements **that exposures of target volumes are to be individually planned, and their delivery appropriately verified taking into account that doses to non-target volumes and tissues are to be as low as reasonably achievable and consistent with the intended therapeutic purpose of the exposure.**



Investigación y desarrollo



Evaluación

**Directiva Ensayos Clínicos CTR (EU) No 536/2014**



Autorización

**Directiva fármacos EMA 2001/83/EC**

# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



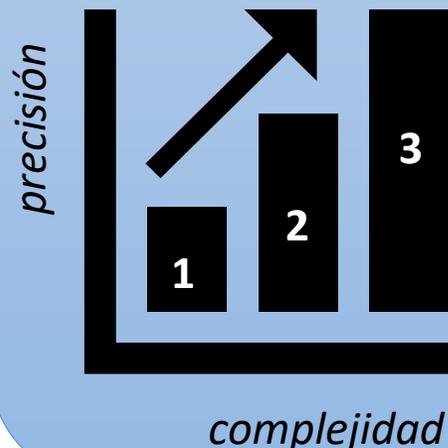
[Eur J Nucl Med Mol Imaging](#). 2021; 48(1): 67–72.

PMCID: PMC7835146

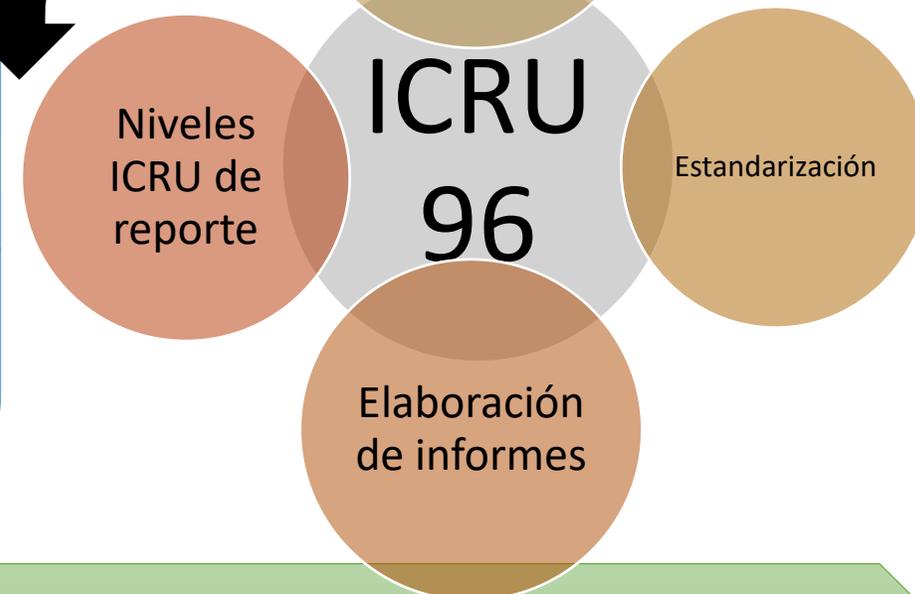
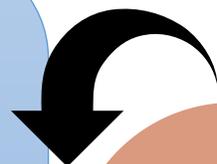
Published online 2020 Oct 15. doi: [10.1007/s00259-020-05038-9](https://doi.org/10.1007/s00259-020-05038-9)

PMID: [33057773](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33057773/)

EANM position paper on article 56 of the Council Directive 2013/59/Euratom (basic safety standards) for nuclear medicine therapy



- Nivel 1: prescripción basada en actividad y dosimetría promedio (tratamientos estándar)
- Nivel 2: prescripción basada en actividad y dosimetría personalizada (tratamientos no estándar)
- Nivel 3: prescripción basada en planificación individualizada y verificación (siempre que sea posible para acelerar la investigación en el campo)



Physica Medica 116 (2023) 103166

Contents lists available at ScienceDirect



ELSEVIER

Physica Medica

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/ejmp](http://www.elsevier.com/locate/ejmp)



EFOMP policy statement NO. 19: Dosimetry in nuclear medicine therapy – Molecular radiotherapy

## Presenta recomendaciones para implementar la dosimetría personalizada:

- Redes para expandir la experiencia, conocimiento y recursos
- Bases de datos multicéntricas
- Protocolos para armonizar resultados
- Programas de investigación y docencia

# Últimos avances y retos

# Retos

Calibrar los  
equipos de  
medida

Cuantificación  
SPECT/CT vs  
PET/CT

Conocer la  
distribución  
temporal de  
actividad

- Optimización
- Simplificación
- Armonización

Modelizar  
la  
deposición  
de energía

- Validación de  
los  
planificadores
- 3D → isodosis,  
HDVs...

# Retos

Calibrar los  
equipos de  
medida

Cuantificación  
SPECT/CT vs  
PET/CT

Conocer la  
distribución  
temporal de  
actividad

- Optimización
- Simplificación
- Armonización

Modelizar  
la  
deposición  
de energía

- Validación de  
los  
planificadores
- 3D → isodosis,  
HDVs...

Factor de  
calibración

cps  
→ Bq/ml

- ✓ **El PET es intrínsecamente cuantitativo.** El factor de calibración está incluido como un factor de escala en la cabecera DICOM
- ✗ **En el SPECT no suele venir implementado sino que debe determinarse experimentalmente y aplicarse post-reconstrucción.** El FC depende de los diferentes radionucleídos, ventanas de energía, colimadores, geometría, parámetros de adquisición y reconstrucción, maniquí utilizado para la calibración → **variabilidad**

Tran-Gia et al. *EJNMMI Physics* (2021) 8:55  
<https://doi.org/10.1186/s40658-021-00397-0>

EJNMMI Physics

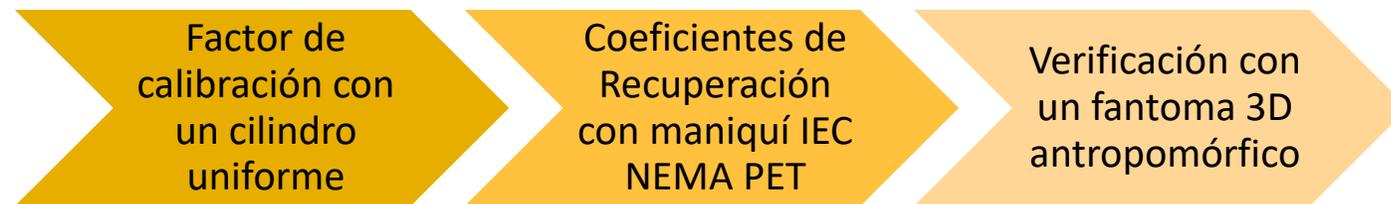
## ORIGINAL RESEARCH

## Open Access

### A multicentre and multi-national evaluation of the accuracy of quantitative Lu-177 SPECT/CT imaging performed within the MRTDosimetry project



Johannes Tran-Gia<sup>1\*</sup>, Ana M. Denis-Bacelar<sup>2</sup>, Kelley M. Ferreira<sup>2</sup>, Andrew P. Robinson<sup>2,3,4</sup>, Nicholas Calvert<sup>3</sup>, Andrew J. Fenwick<sup>2,5</sup>, Domenico Finocchiaro<sup>6,7</sup>, Federica Fioroni<sup>6</sup>, Elisa Grassi<sup>6</sup>, Warda Heetun<sup>2</sup>, Stephanie J. Jewitt<sup>8</sup>, Maria Kotzassarlidou<sup>9</sup>, Michael Ljungberg<sup>10</sup>, Daniel R. McGowan<sup>8,11</sup>, Nathaniel Scott<sup>8</sup>, James Scuffham<sup>2,12,13</sup>, Katarina Sjögren Gleisner<sup>10</sup>, Jill Tipping<sup>3</sup>, Jill Wevrett<sup>2,12,13</sup>, The MRTDosimetry Collaboration and Michael Lassmann<sup>1</sup>



- ✓ Combinaciones similares de sistemas de imagen y reconstrucción implican factores de calibración similares.
- ✓ La actividad recuperada en cada inserto del maniquí antropomórfico en cada centro está dentro de 1SD → **La armonización de los resultados cuantitativos es factible cuando se siguen instrucciones específicas**

# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



Peters et al. *EJNMMI Physics* (2019) 6:29  
<https://doi.org/10.1186/s40658-019-0268-5>

EJNMMI Physics

ORIGINAL RESEARCH

Open Access

## Towards standardization of absolute SPECT/CT quantification: a multi-center and multi-vendor phantom study



Steffie M. B. Peters<sup>1\*</sup>, Niels R. van der Werf<sup>2,3\*</sup>, Marcel Segbers<sup>2</sup>, Floris H. P. van Velden<sup>4</sup>, Roel Wierts<sup>5</sup>, Koos (J.) A. K. Blokland<sup>4</sup>, Mark W. Konijnenberg<sup>2</sup>, Sergiy V. Lazarenko<sup>6</sup>, Eric P. Visser<sup>1</sup> and Martin Gotthardt<sup>1</sup>

European Journal of Nuclear Medicine and Molecular Imaging (2023) 50:980–995  
<https://doi.org/10.1007/s00259-022-06028-9>

GUIDELINES



## EANM practice guideline for quantitative SPECT-CT

John C. Dickson<sup>1</sup> · Ian S. Armstrong<sup>2</sup> · Pablo Minguez Gabiña<sup>3,4</sup> · Ana M. Denis-Bacelar<sup>5</sup> · Aron K. Krizsan<sup>6</sup> · Jonathan M. Gear<sup>7</sup> · Tim Van den Wyngaert<sup>8,9</sup> · Lioe-Fee de Geus-Oei<sup>10,11</sup> · Ken Herrmann<sup>12</sup>

Received: 19 August 2022 / Accepted: 30 October 2022 / Published online: 5 December 2022  
© The Author(s) 2022

Guías para armonizar la cuantificación SPECT/CT

## SOLUCIONES COMERCIALES



Symbia Intevo Bold

xSPECT



NM CT 670/870

Q.Volumetrix

reconstrucción

# Retos

Calibrar los  
equipos de  
medida

Cuantificación  
SPECT/CT vs  
PET/CT

Conocer la  
distribución  
temporal de  
actividad

- Optimización
- Simplificación
- Armonización

Modelizar  
la  
deposición  
de energía

- Validación de  
los  
planificadores
- 3D → isodosis,  
HDVs...

# “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Antequera  
7 de junio 2024



¿Cuál es el número óptimo de imágenes y en qué momento?

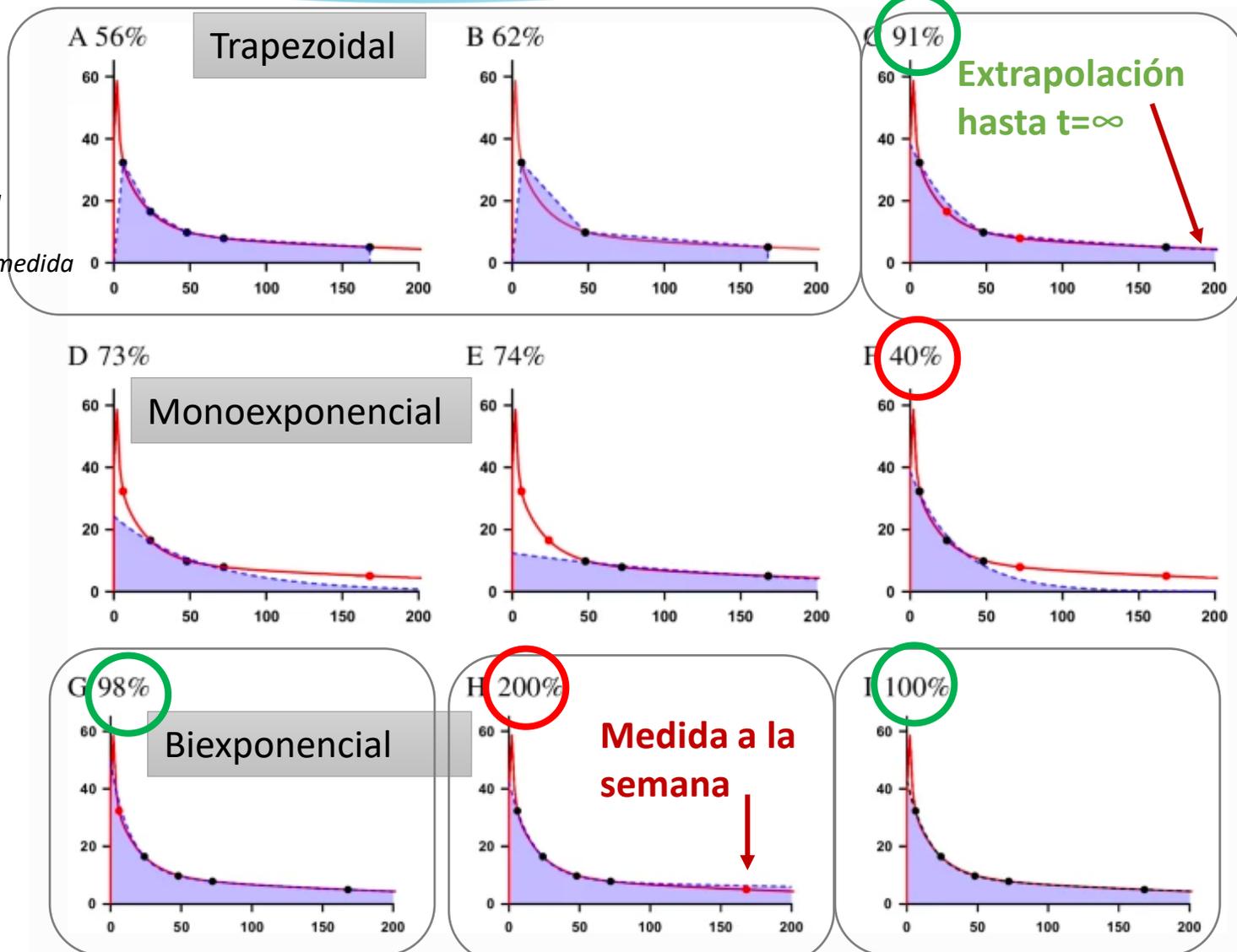
¿Cuál es el mejor ajuste?

—  $A(t)$  teórica  
- - - Ajuste  
• Puntos de medida

Guidelines | [Open Access](#) | Published: 14 March 2022

EANM dosimetry committee recommendations for dosimetry of  $^{177}\text{Lu}$ -labelled somatostatin-receptor- and PSMA-targeting ligands

- A más número de puntos en el fit trapezoidal, mejor ajuste.
- Con un ajuste trapezoidal, extrapolando más allá del último punto, el ajuste mejora
- El ajuste monoexponencial es insuficiente.
- El ajuste biexponencial es suficiente aunque no incluya la fase de captación.
- Es necesario una medida tardía



¿Podemos simplificar?

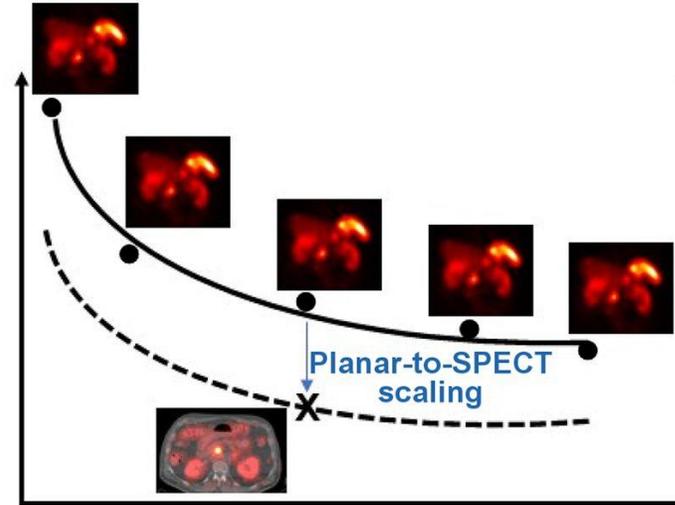
Dosimetría híbrida

Un único punto temporal

$T_{\text{eff}}$  conocido

Metodo de Hanscheid

Planar count rate (cpm)



SPECT activity (%ID)  
X

Mayor precisión

Dosimetría con múltiples SPECT/CTs

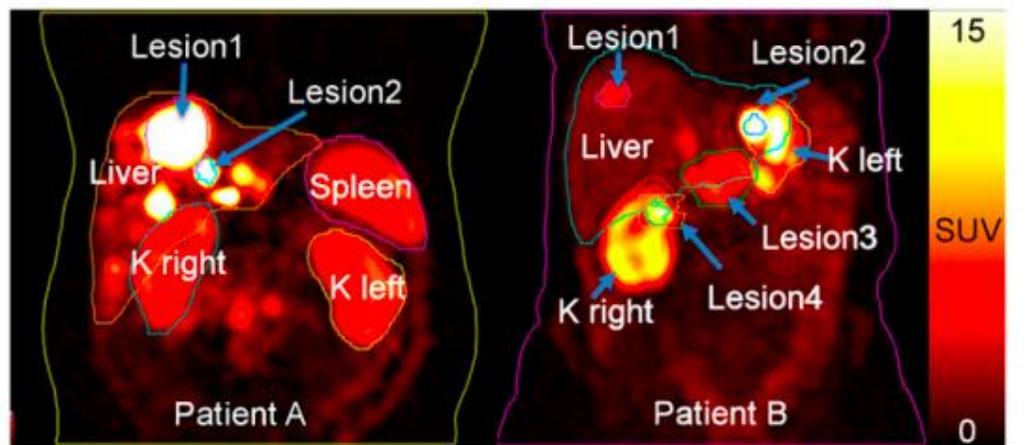
Simplificación con dosimetría híbrida o con un único punto temporal

Mayor incertidumbre

# Armonización de protocolos

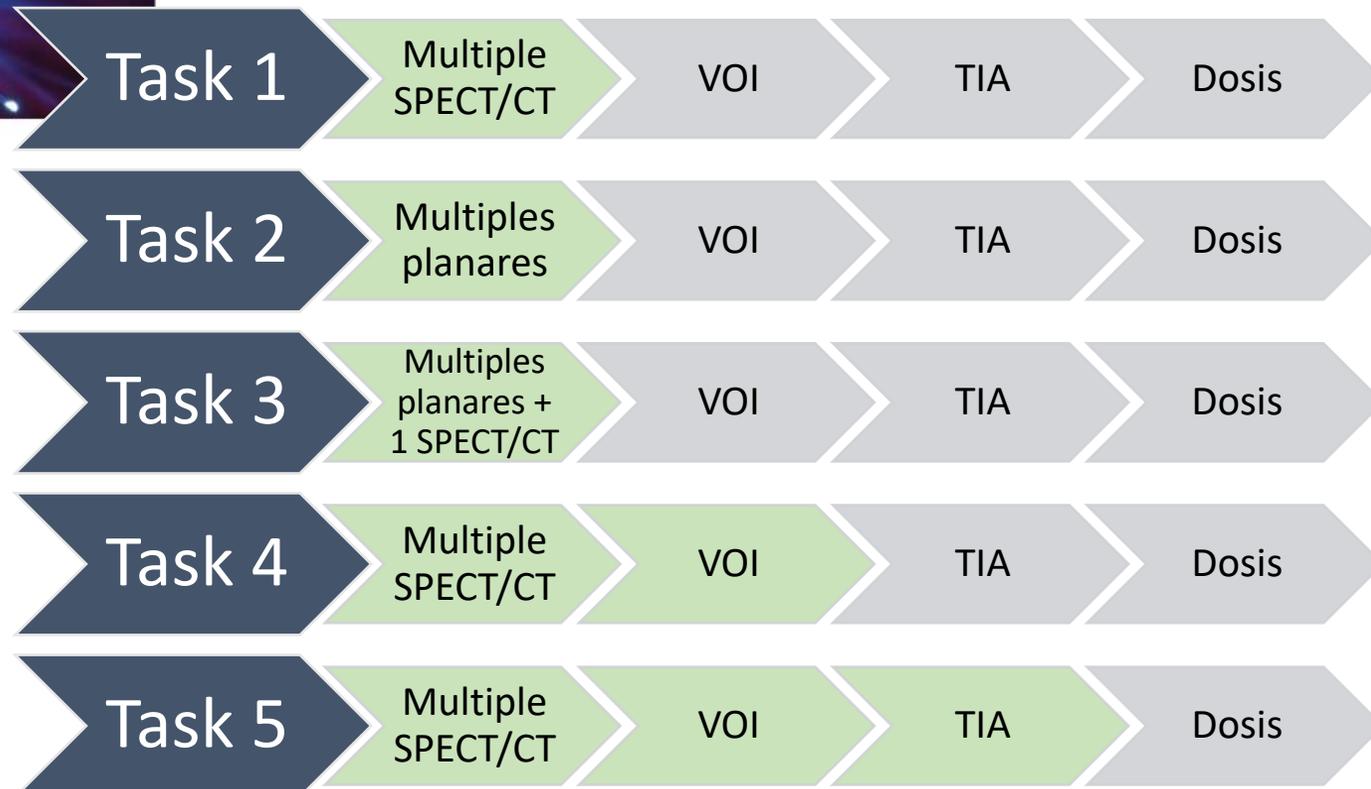
Lu-177  
Dosimetry  
Challenge 2021

119 participantes  
(47% software comercial)

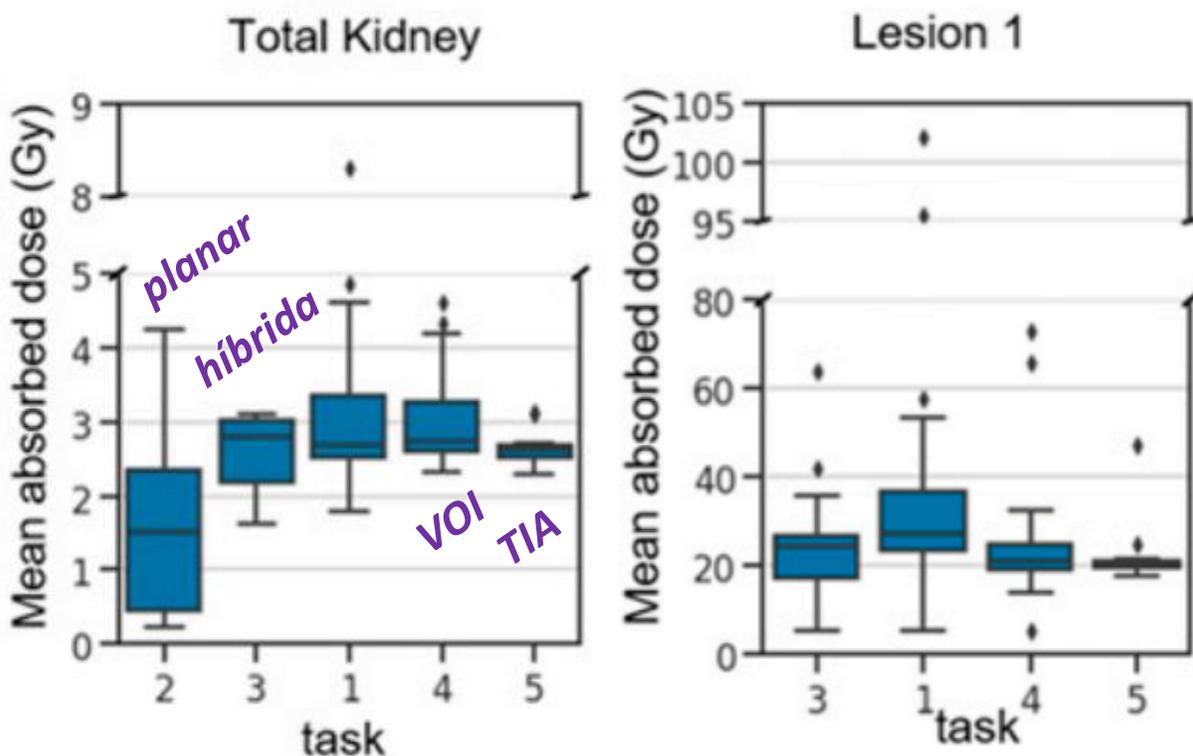


## An International Study of Factors Affecting Variability of Dosimetry Calculations, Part 1: Design and Early Results of the SNMMI Dosimetry Challenge

Carlos Uribe<sup>1,2</sup>, Avery Peterson<sup>3</sup>, Benjamin Van<sup>3</sup>, Roberto Fedrigo<sup>4</sup>, Jake Carlson<sup>5</sup>, John Sunderland<sup>6</sup>, Eric Frey<sup>\*7,8</sup>, and Yuni K. Dewaraja<sup>\*3</sup>



## Lu-177 Dosimetry Challenge 2021



## An International Study of Factors Affecting Variability of Dosimetry Calculations, Part 2: Overall Variabilities in Absorbed Dose

Julia Brosch-Lenz<sup>1</sup>, Suqi Ke<sup>2</sup>, Hao Wang<sup>2</sup>, Eric Frey<sup>3,4</sup>, Yuni K. Dewaraja<sup>5</sup>, John Sunderland<sup>6</sup>, and Carlos Uribe<sup>\*1,7,8</sup>

- La dosimetría planar infraestima la dosis un factor 2.
- Las diferencias entre dosimetría híbrida y con múltiples SPECT/CT no son significativas.
- El rango de variabilidad se reduce al fijar VOIS y curvas de actividad → Necesidad de armonizar

# Retos

Calibrar los  
equipos de  
medida

Cuantificación  
SPECT/CT vs  
PET/CT

Conocer la  
distribución  
temporal de  
actividad

- Optimización
- Simplificación
- Armonización

Modelizar  
la  
deposición  
de energía

- Validación de  
los  
planificadores
- 3D → isodosis,  
HDVs...

## Validación de planificadores

### Quality Assurance Considerations in Radiopharmaceutical Therapy Dosimetry Using PLANETDose: An International Atomic Energy Agency Study

Gunjan Kayal<sup>\*1,2</sup>, Nathaly Barbosa<sup>\*3</sup>, Carlos Calderón Marín<sup>4</sup>, Ludovic Ferrer<sup>5,6</sup>, José-Alejandro Frago-Negrín<sup>7,8</sup>, Darko Grosev<sup>9</sup>, Santosh Kumar Gupta<sup>10</sup>, Nur Rahmah Hidayati<sup>11</sup>, Tumelo C.G. Moalosi<sup>12</sup>, Gian Luca Poli<sup>13</sup>, Parul Thakral<sup>14</sup>, Virginia Tsapaki<sup>15</sup>, Sébastien Vauclin<sup>7</sup>, Alex Vergara-Gil<sup>1</sup>, Peter Knoll<sup>15</sup>, Robert F. Hobbs<sup>†16</sup>, and Manuel Bardiès<sup>†8,17</sup>

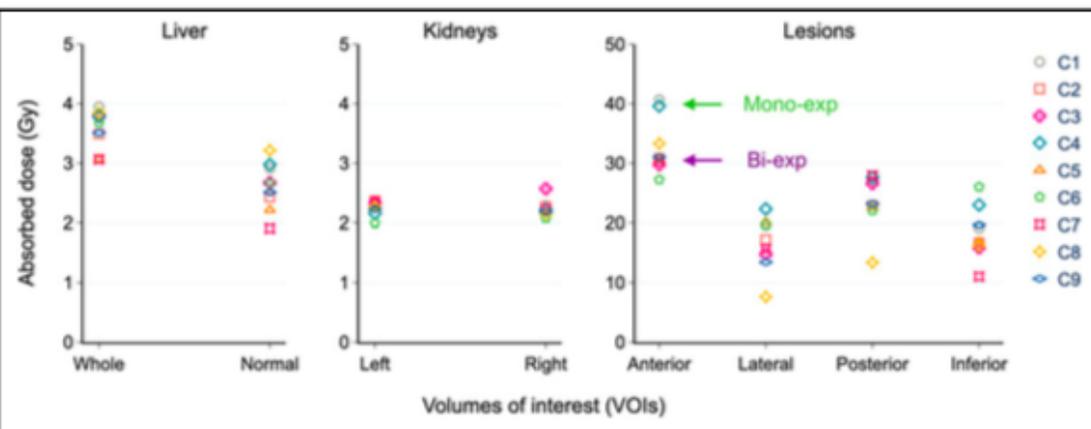
### 1 paciente tratado con <sup>177</sup>Lu-DOTATE

- 3 ciclos
- SPECT/CT en 5 puntos temporales
- Imágenes ya reconstruidas
- Se proporcionaba el CF
- Dosimetría realizada con PLANETDose
- 9 centros formados previamente.

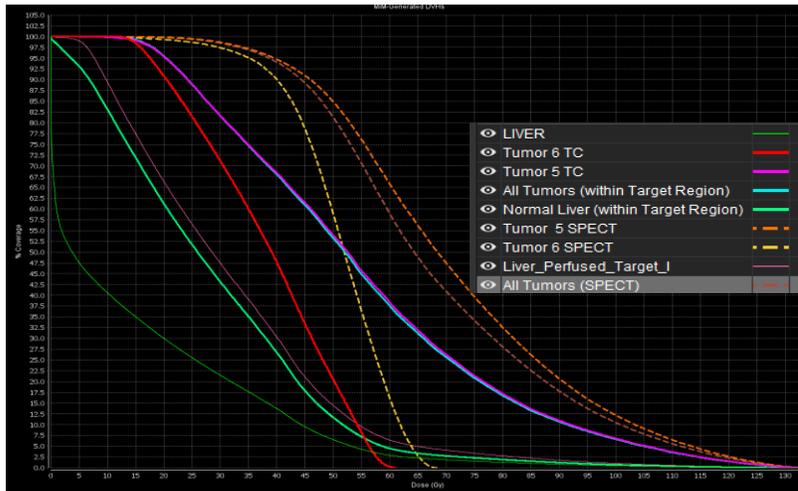
the source of variability. **Conclusion:** When the same patient dataset was analyzed using the same dosimetry procedure and software, significant disparities were observed in the results despite multiple sessions of training and feedback. Variations due to human error could be minimized or avoided by performing intensive training sessions, establishing intermediate checkpoints, conducting sanity checks, and cross-validating results across physicists or with standardized datasets. This finding promotes the development of quality assurance in clinical dosimetry.

- La hipótesis de que usar el mismo programa va a dar como resultado la misma dosis no es tan cierta.
- Existe variabilidad interoperador asociada a la segmentación y el ajuste, además de errores humanos.
- Son necesarias más sesiones de formación, realizar un control de calidad e incluir *checkpoints*.

CV=8% para OAR y  
CV=33% para lesiones



# ¿Cómo interpretamos la información 3D?



- ✓ La dosimetría 3D nos permite calcular HDV y curvas de sodosis...
- ✗ Los HDV y las curvas de isodosis en MN están afectadas por la reconstrucción y el ruido inherente a estas imágenes
- ✗ Las recomendaciones actuales están basadas en dosis media
  - $D_T > 205 \text{ Gy} / 400 \text{ Gy}$  (RE SIRTEX/Terasphere)
  - $D_{\text{riñon}} < 23 \text{ Gy}$  (Lutathera)

## Voxel-Based Dosimetry Predicts Hepatotoxicity in Hepatocellular Carcinoma Patients Undergoing Radioembolization with $^{90}\text{Y}$ Glass Microspheres

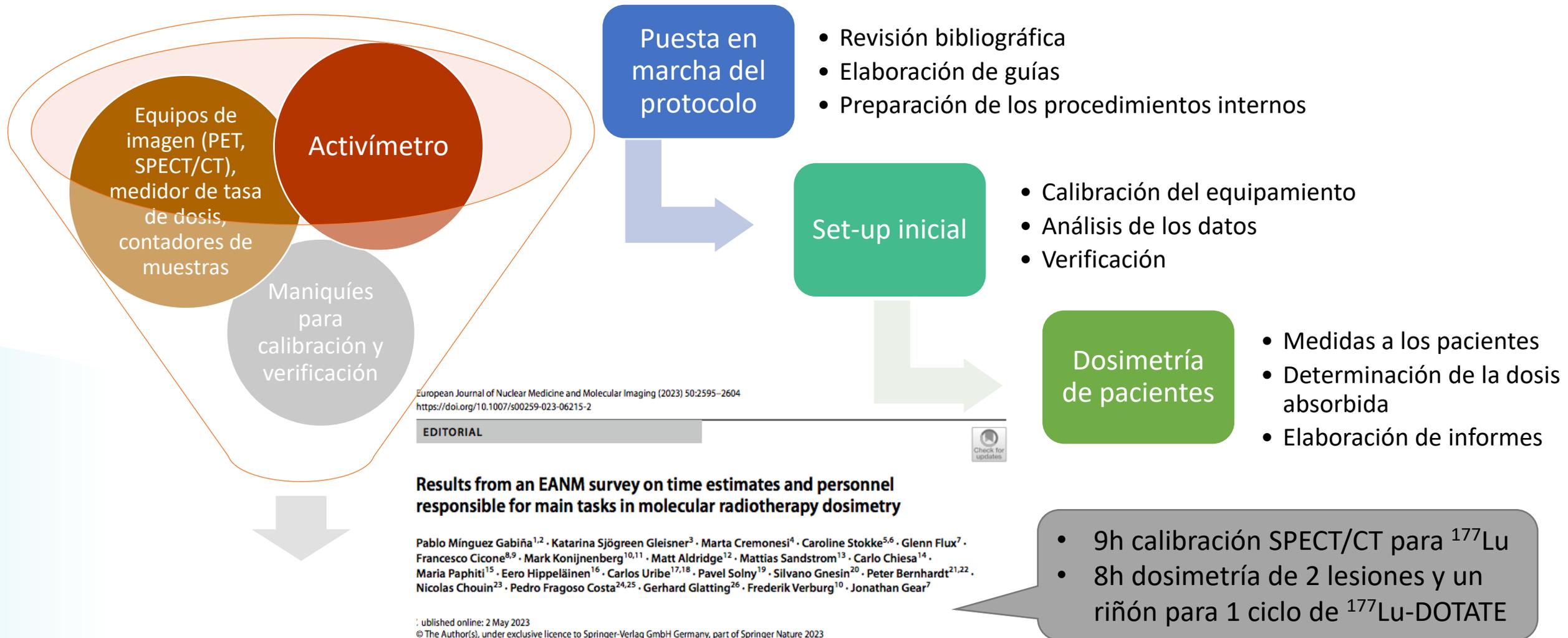
Masao Watanabe<sup>1,2</sup>, Hong Grafe<sup>1,2</sup>, Jens Theysohn<sup>2,3</sup>, Benedikt Scha Leonie Jochheim<sup>2,4</sup>, Matthias Jeschke<sup>2,4</sup>, Hartmut Schmidt<sup>2,4</sup>, Wolfg Ken Herrmann<sup>1,2</sup>, Kelsey L. Pomykala<sup>5</sup>, and Manuel Weber<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Nuclear Medicine, University Clinic Essen, Essen, Germany, Consortium-University Hospital, Essen, Germany; <sup>2</sup>Institute of Diagnostic a University Clinic Essen, Essen, Germany; <sup>3</sup>Department of Gastroenterology and <sup>4</sup>Institute for AI in Medicine, University Medicine Essen, Essen, German

(Marzo 2023)

**Conclusion:** Voxel-based dosimetry may more accurately predict hepatotoxicity than multicompartiment dosimetry in HCC patients undergoing radioembolization, which could enable dose escalation or deescalation with the intent to optimize treatment response. Our results indicate that a V40 of 72% may be particularly useful in whole-liver treatment. However, further research is warranted to validate these results.

# Recursos materiales y humanos necesarios

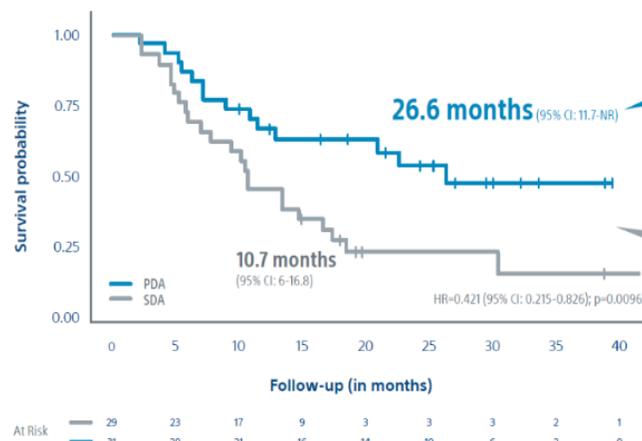


## Justificación basada en la evidencia clínica

Ensayo DOSISPHERE-01  
Noviembre 2020

$^{90}\text{Y}$

MEDIAN OVERALL SURVIVAL (ITT POPULATION)



**16 Month**

Survival Improvement  
(personalized vs. standard dosimetry)

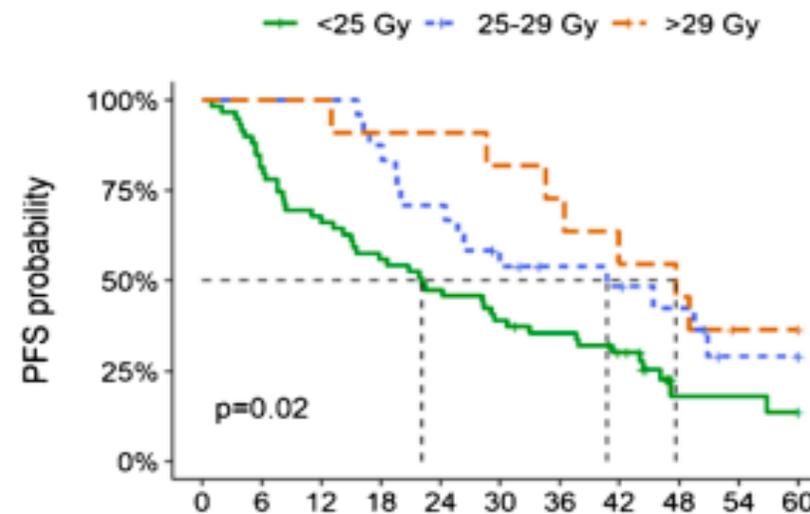
**22.9 Month**

Median Overall Survival for PVT patients  
in personalized arm vs. 9.5  
months in standard arm

- Planificación con dosimetría estándar vs dosimetría personalizada
- Respuesta significativamente mayor en el grupo que se abordó con dosimetría personalizada sin incremento de toxicidad

Ensayo ILUMINET  
Marzo 2022

$^{177}\text{Lu}$ -  
DOTATE



- Los pacientes continúan recibiendo ciclos de 7.4 GBq hasta alcanzar el límite de dosis renal
- Los tratamientos personalizados basados en dosimetría renal aumentan la eficacia manteniendo baja la toxicidad.

## Conclusiones

Calibrar los equipos de medida

- Correcta cuantificación
- Tiempo de máquina

Conocer la distribución temporal de actividad

- ¿Cuál es el mejor ajuste?  
¿Cuándo adquirir?
- Podemos simplificar?

Modelizar la deposición de energía

- Planificadores para dosimetría 3D
- ¿Qué nos aporta la dosimetría 3D?

Desarrollar herramientas (planificadores, segmentación automática, IA ...)

Estimar las incertidumbres.

Guías para armonizar resultados.

Realizar estudios retrospectivos y crear bases de datos multicéntricas.

Redes para compartir conocimientos, experiencia y recursos.

Programas de docencia y/o investigación

Recursos humanos,  
materiales y económicos

Justificación basada en  
la evidencia



*“Everything will be okay in the  
end. If it's not okay, it's not  
the end”*

**i Muchas gracias !**



## “AVANCES EN DOSIMETRÍA, CALIDAD Y SEGURIDAD EN TERAPIA CON RADIONUCLEIDOS”

Hotel Antequera Hills, 7 de junio 2024