



## 1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

**Título:** Emisores beta de interés en la terapia dirigida con radionúclidos y en braquiterapia: Estudio mediante Monte Carlo de la energía depositada

**Descripción general** (resumen y metodología):

La terapia dirigida con radionucleidos (TRT) y la braquiterapia con semillas emisoras beta (BSBT) son ejemplos de técnicas que aprovechan la deposición de energía característica de este tipo de partículas. La TRT utiliza portadores de alta afinidad para administrar radionúclidos de forma selectiva a las células tumorales. Se han utilizado varios tipos de portadores, entre ellos: anticuerpos, antígenos, liposomas, nanotubos de carbono, aptámeros, microesferas, moléculas específicas y nanopartículas. En algunos casos, el propio radionúclido tiene afinidad por los tejidos tumorales, como es el caso del yodo y la glándula tiroides. Entre los emisores beta más utilizados, se encuentran el  $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{153}\text{Sm}$ ,  $^{166}\text{Ho}$  y  $^{177}\text{Lu}$ , cubriendo un rango de energía de unos pocos keV hasta unos 2 MeV. La dosimetría es muy importante en la TRT para determinar la deposición de dosis dentro del volumen tumoral y los órganos en riesgo, es decir, la planificación y el seguimiento del tratamiento. Además, tiene un papel muy importante en estudios microdosimétricos para evaluar la eficacia de un grupo radionucleido/portador basándose en el patrón de acumulación de dosis dentro de la célula. Por otro lado, la técnica BSBT (Beta-emitting seeds brachytherapy), introducida en el año 2000, se basa en el hecho de que se pueden depositar grandes cantidades de energía en la proximidad (pocos milímetros) de la fuente de radiación mediante partículas beta de alta energía en comparación con los emisores de fotones utilizados normalmente en braquiterapia. De este modo, se pueden depositar dosis elevadas en el interior de los tumores y preservar los tejidos sanos. Inicialmente, se propuso el uso de  $^{153}\text{Sm}$ . Desde entonces, se ha evaluado el uso de diferentes emisores beta de alta energía como el  $^{142}\text{Pr}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{188}\text{Re}$ ,  $^{166}\text{Ho}$ ,  $^{64}\text{Cu}$  y  $^{89}\text{Sr}$ .

Para estimar de forma precisa la dosis absorbida se recurre a simulaciones Monte Carlo. En particular, en Medicina Nuclear se suele usar el llamado dose point kernel (DPK) para verificar la exactitud de los cálculos dosimétricos realizados. En este trabajo se pretende determinar el DPK para los diferentes radionúclidos de interés, haciendo uso del código Monte Carlo PENELOPE. En los casos en los que sea posible, se comparará con otros códigos como FLUKA o TOPAS. En el caso de este último código, se hará uso de una versión del mismo, llamada TOPAS-nBIO, que permitirá cuantificar el daño en el ADN, así como el potencial radioterapéutico del radionúclido, en un caso sencillo.

**Tipología:** Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

**Objetivos planteados:**

1. Estudio de la interacción de los electrones con la materia.
2. Estudio del esquema de desintegración de los diferentes radionúclidos de interés.
3. Diseño de la geometría necesaria para el cálculo del dose point kernel (DPK).
4. Comparación de las curvas de DPKs obtenidas para cada radionúclido y para fuentes de electrones monoenergéticas, desde 50 keV hasta 3 MeV.
5. Comparación, en los casos en que sea posible, con otros códigos Monte Carlo.

**Metodología:**

Se comenzará analizando el proceso de interacción de electrones con la materia. Posteriormente se estudiarán los radionúclidos de interés, analizando con detalle su esquema de desintegración en cada caso. Una vez que se haya adquirido suficiente destreza con el código Monte Carlo PENELOPE,

se procederá a diseñar la geometría necesaria para determinar las curvas de DPKs, y se realizarán los cálculos para cada uno de los radioisótopos de interés, así como para fuentes monoenergéticas de electrones, hasta unos 3 MeV. Se estudiará la posibilidad de realizar los cálculos con otros códigos Monte Carlo existentes, como FLUKA o TOPAS. Se usará TOPAS-nBIO para intentar analizar y cuantificar, en el caso de un modelo de célula sencillo, el daño en el ADN.

#### **Bibliografía básica:**

- [1] J.E. Turner, Atoms, radiation and radiation protection (John Wiley and Sons, 1995).
- [2] F. Salvat, J.M. Fernández-Varea and J. Sempau, "PENELOPE- A code system for Monte Carlo simulation of electron and photon transport". Nuclear Energy Agency, Paris (2014).
- [3] Battistoni, G., Boehlen, T., Cerutti, F., Chin, P.W., Esposito, L.S., Fassò, A., Ferrari, A., Lechner, A., Empl, A., Mairani, A., Mereghetti, A., Garcia Ortega, P., Ranft, J., Roesler, S., Sala, P.R., Vlachoudis, V., Smirnov, G., 2015. "Overview of the FLUKA code". Annals of Nuclear Energy 82, 10-18.
- [4] Perl, J., Shin, J., Schuemann, J., Faddegon, B., Paganetti, H., 2012. "TOPAS: An innovative proton Monte Carlo platform for research and clinical application". Medical Physics 39, 6818-6837.
- [5] B. M. Mendes et al., "Calculation of dose point kernel values for monoenergetic electrons and beta emitting radionuclides: Intercomparison of Monte Carlo codes", Rad. Phys. Chem. 181 (2021) 109327.
- [6] J. Carrasco-Hernández et al., "Cellular lethal damage of  $^{64}\text{Cu}$  incorporated in mammalian genome evaluated with Monte Carlo methods", Front. Med. 10:1253746. doi: 10.3389/fmed.2023.1253746

#### **Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:**

**Plazas:** 1

#### **2. DATOS DEL TUTOR/A:**

**Nombre y apellidos:** MARTA ANGUIANO MILLÁN

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

**Correo electrónico:** mangui@ugr.es

#### **3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):**

**Nombre y apellidos:** Lidia Palenciano Castro

**Ámbito de conocimiento/Departamento:** FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR

**Correo electrónico:** lpalenciano@ugr.es

#### **4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):**

**Nombre y apellidos:**

**Correo electrónico:**

**Nombre de la empresa o institución:**

**Dirección postal:**

**Puesto del tutor en la empresa o institución:**

**Centro de convenio Externo:**

**5. DATOS DEL ESTUDIANTE:**

**Nombre y apellidos:** BLANCA CEBRIAN CORTES

**Correo electrónico:** blacebcor@correo.ugr.es