

Formación profesional de tecnólogos en medicina nuclear para la gestión de desechos radiactivos

Professional training of nuclear medicine technologists for radioactive waste management

Maurice José González Basulto^{1*} <https://orcid.org/0000-0003-4752-658X>

Jaqueline García Rodríguez² <https://orcid.org/0000-0001-7735-6265>

¹Facultad de Tecnología de la Salud, Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey, Cuba.

²Departamento de Tecnología Educativa, Universidad de Ciencias Médicas de Camagüey. Camagüey, Cuba.

*Autor para la correspondencia: Correo electrónico: mauricejgb1985@gmail.com

RESUMEN

El creciente empleo de radiaciones y materiales radiactivos en el mundo ha generado una demanda de profesionales en medicina nuclear, tanto a escala internacional como en Cuba. La sociedad requiere de tecnólogos competentes y especializados para trabajar en áreas técnicas de las ciencias médicas, como la medicina nuclear, donde la aplicación de radiaciones ionizantes es esencial para la investigación, el tratamiento y el diagnóstico médico. Esto exige un proceso de profesionalización que garantice una sólida preparación práctica y teórica del tecnólogo, con especial atención al desarrollo de su desempeño y a una comprensión integral de su rol en la gestión de desechos radiactivos.

Palabras clave: tecnólogos; medicina nuclear; capacitación profesional; desempeño profesional; gestión de desechos radiactivos.



ABSTRACT

The growing use of radiations and radioactive materials in the world has generated a demand for professionals in nuclear medicine, both internationally and in Cuba. Society requires competent and specialized technologists to work in technical areas of medical sciences, such as nuclear medicine, where the application of ionizing radiations is essential for research, treatment and medical diagnosis. This requires a professionalization process that guarantees a solid practical and theoretical preparation of the technologist, with special attention to the development of their performance and a comprehensive understanding of their role in the management of radioactive waste.

Keywords: technologists; nuclear medicine; professional training; professional performance; management of radioactive waste.

Recibido: 11/07/2024

Aprobado: 08/10/2024

Introducción

La aplicación de las técnicas de medicina nuclear (MN) y sus avances en diversas áreas de la oncología y otras especialidades médicas, tanto a escala mundial como en Cuba, ha generado una creciente demanda de especialistas en el uso de radiaciones ionizantes con fines diagnósticos, terapéuticos y de investigación. Esta necesidad requiere tecnólogos competentes y especializados que puedan participar en los distintos procesos llevados a cabo en los servicios de MN.⁽¹⁾

Para satisfacer esta demanda, es fundamental implementar un proceso de profesionalización que garantice una sólida preparación práctica y teórica del tecnólogo, especialmente en lo que respecta a la utilización de fuentes radiactivas. Esto asegura una óptima calidad en los procesos de tratamiento y diagnóstico de diversas enfermedades, ya sean de origen maligno o benigno, según corresponda.



Ahora bien, la medicina nuclear es una especialidad médica que emplea técnicas seguras con un alto índice de costo-beneficio, lo que favorece la adquisición de datos funcionales que permiten detectar alteraciones antes de que los pacientes presenten síntomas visibles. Su aplicación facilita tratamientos más tempranos y efectivos, así como pronósticos más favorables.^(2,3)

Los estudios realizados en cualquier servicio de MN generan desechos radiactivos, definidos como aquellos materiales que contienen radionúclidos o están contaminados por estos en concentraciones o actividades que superan los niveles de desclasificación establecidos y para los cuales no se prevé ningún uso futuro.

Cabe agregar que la gestión de desechos radiactivos abarca todas las actividades administrativas y operacionales necesarias para la manipulación, el tratamiento previo, el acondicionamiento, el almacenamiento y la evacuación de estos materiales bajo control regulatorio, incluido el transporte. Esta gestión es fundamental para la profesionalización y el desempeño del tecnólogo en medicina nuclear.⁽⁴⁾

En este sentido, los autores consideran fundamental que dicho tecnólogo desarrolle un conjunto de habilidades y actitudes apropiadas para el desempeño de su profesión, específicamente en la gestión de desechos radiactivos. Esta gestión involucra todos los procesos relacionados con la utilización de isótopos radiactivos en el ámbito médico, tanto para la investigación como para el diagnóstico y tratamiento de varias enfermedades.

Al respecto, es importante destacar que la profesionalización de los tecnólogos vinculados a la MN es una tarea prioritaria, puesto esta categoría garantiza una preparación sistemática y planificada en las actividades relevantes. La profesionalización busca asegurar una formación sólida de los profesionales en medicina nuclear, que garantice no solo una protección efectiva para los trabajadores, sino también la preservación del medioambiente. Esto se fundamenta en la adquisición de conocimientos, habilidades y actitudes esenciales para la gestión de los desechos radiactivos generados por su labor.

Dadas estas consideraciones, la profesionalización se orienta hacia 4 áreas clave: el conocimiento de los elementos radiactivos utilizados en el servicio de MN y su impacto



ambiental; la identificación y prevención de riesgos de contaminación; la gestión adecuada de los desechos radiactivos; y la educación para la prevención de riesgos de contaminación.^(5,6,7)

En el presente artículo se exponen algunas ideas que destacan el proceso de profesionalización y su vínculo con el desempeño profesional. Las propuestas presentadas se sustentan en los principios fundamentales para la gestión de desechos radiactivos, establecidos por organismos reguladores internacionales. Se sistematizan y explican los 2 métodos de gestión de desechos radiactivos, los cuales requieren la integración de diversos saberes para lograr una ejecución efectiva de dicha gestión por parte de los tecnólogos en MN.

La Agenda 2030 fundamenta la necesidad de formación continua y la adquisición de las competencias necesarias para el empleo; por lo tanto, las acciones que promueven esta formación constituyen estrategias adoptadas por las universidades para ajustar la capacitación a las necesidades de las instituciones empleadoras, al mismo tiempo que condicionan los objetivos de la Agenda 2030. En cambio, se reconocen las limitaciones formativas relacionadas con la gestión de desechos radiactivos, lo que hace necesario singularizar este proceso para los tecnólogos en MN.

Desarrollo

El contexto internacional y nacional en el que se desarrollan los diferentes procesos formativos contemporáneos exige una educación de calidad. Para lograrlo, es esencial que los tecnólogos vinculados a distintos ámbitos de actuación mantengan un adecuado desempeño profesional, lo cual está condicionado por su formación y superación continua y permanente.

La educación de posgrado se presenta como una opción indispensable para el desarrollo de los profesionales, con el objetivo de fomentar una evolución significativa hacia un futuro mejor, en consonancia con las condiciones económicas y sociales. El conocimiento



y las prácticas actuales exigen un nivel de profesionalización que responda a las variadas situaciones, habilidades y desempeños esperados de los tecnólogos en MN.

En tal sentido, Olivares *et al*^(8,9) plantean que elaborar y dirigir situaciones de aprendizaje, motivar a los alumnos en su trabajo, promover el trabajo cooperativo, revolver los inconvenientes éticos de la profesión y gestionar su propia formación continuada es un reto para aquellos profesionales que, vinculados al empleo de procesos tan importantes y a la vez peligrosos, buscan mejorar su preparación y encontrar alternativas ante situaciones que puedan surgir debido a un uso inadecuado de estos productos.

Teniendo en cuenta lo anterior, es válido subrayar que el proceso de profesionalización del tecnólogo en MN para la gestión de desechos radiactivos, en lo que respecta a su actuación profesional, permitirá mejorar y desarrollar sus dominios cognitivos, procedimentales y actitudinales; por tanto, este proceso debe definirse claramente, pues representa una herramienta crucial que proporciona la vía para su perfeccionamiento y desempeño profesional.

Cabe destacar que la profesionalización constituye un proceso esencial en la formación del modo de actuación profesional, sustentado en una sólida comprensión del rol, enmarcado dentro de la lógica de la profesión y contextualizado en un entorno histórico específico. Según Añorga *et al*, citado por Lescaille,⁽¹⁰⁾ la profesionalización es un proceso que tiene su génesis en la formación escolarizada del individuo, pero alcanza su plenitud en la educación avanzada. Su esencia radica en la reorientación o especialización, según corresponda, de los recursos laborales calificados, a través de la cual se logra la eficiencia en la adquisición y desarrollo de las competencias básicas exigidas por el modelo profesional.

La formación profesional de los tecnólogos en MN es fundamental para los servicios que utilizan isótopos radiactivos, dado que dicha formación está dirigida no solo a elevar su nivel científico-técnico, sino también a garantizar una mayor seguridad para el paciente, el personal expuesto y el medio ambiente.⁽¹¹⁾

El desempeño profesional, estrechamente relacionado con la profesionalización, se define como la capacidad de un individuo para llevar a cabo acciones, deberes y



obligaciones inherentes a sus funciones profesionales requeridas por un puesto de trabajo. Este desempeño se manifiesta en el comportamiento real del trabajador en relación con las distintas tareas que debe cumplir durante el ejercicio de su profesión, designando así lo que el profesional efectivamente realiza, más allá del mero conocimiento o las habilidades teóricas que posee.⁽¹²⁾

De acuerdo con el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA),⁽¹³⁾ en su Material de Entrenamiento en Protección Radiológica en la Medicina Nuclear, se establecen varios principios fundamentales para la gestión de desechos radiactivos:

- Los desechos deben ser gestionados de manera que se asegure un nivel aceptable de protección a la salud humana.
- Los desechos deben ser gestionados para proporcionar un nivel aceptable de protección del medio ambiente.
- Los desechos deben ser gestionados dentro de un marco legal nacional que incluya asignaciones claras de responsabilidades y provisiones para funciones reguladoras independientes.
- La generación de desechos radiactivos debe ser reducida al mínimo.

En la gestión de desechos radiactivos, se aplica uno de 2 métodos fundamentales: los materiales radiactivos pueden ser liberados o descargados en el medio ambiente, o deben ser confinados y aislados de la biosfera hasta que los radionúclido perjudiciales se desintegren y reduzcan a concentraciones inofensivas. La selección de métodos de procesamiento depende de las características de los desechos radiactivos. Según las normas del OIEA,⁽¹⁴⁾ la caracterización y clasificación de estos desechos son elementos fundamentales en todas las etapas de su gestión, desde su generación hasta la disposición final.

La caracterización es útil para varios propósitos entre los que destacan: identificar los riesgos potenciales inherentes a tipos específicos de desechos; diferenciar aquellos que pueden ser almacenados hasta que decaigan de los que requieren un procesamiento especial, almacenamiento o disposición final; planificar y diseñar las instalaciones de



gestión. Por su parte, la clasificación permite seleccionar la estrategia de gestión de desechos más adecuada y, a menudo, está considerablemente influenciada por el periodo de semidesintegración radiactiva.

Así, se aplican procedimientos tecnológicos en las diferentes etapas de la gestión de desechos radiactivos, que incluyen segregación, acondicionamiento, tratamiento, transporte y almacenamiento, desclasificación o disposición final, según la clasificación de cada tipo de desecho.

Todo lo anterior requiere la integración de saberes cognitivos, procedimentales y actitudinales en áreas radiológicas, ambientales, legales, físicas, químicas, biológicas y tecnológicas, así como la movilización de recursos personales que permitan una gestión óptima por parte de los tecnólogos en medicina nuclear. Estos saberes son esenciales para formar competencias en la gestión de desechos radiactivos.

Este enfoque encuentra respaldo en la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas, que establece metas a cumplir en 15 años, como asegurar el acceso equitativo de todos los hombres y las mujeres a la formación técnica, profesional y superior de calidad, incluida la enseñanza universitaria. Además, se aspira a aumentar el número de jóvenes y adultos con las competencias técnicas y profesionales necesarias para el empleo y el emprendimiento.⁽¹⁵⁾

Por consiguiente, se considera que la profesionalización tiene como objetivo consolidar la formación del individuo como un profesional competente y comprometido, que se identifica con su profesión y fortalece sus conocimientos y habilidades, así como las cualidades profesionales y personales que lo lleven a ejercer su labor de manera responsable. Un trabajador de la salud que genera o manipula desechos contaminados, sin la debida profesionalización o directrices técnicas que resguarden su labor y seguridad, se convierte en un potencial vector de infecciones, tanto en su entorno laboral como en el medio ambiente.

En cuanto a la superación continua, esta es concebida y desarrollada por entidades laborales en coordinación con universidades y programas de educación de posgrado, lo que facilita la especialización, reorientación y actualización permanente de los egresados en diversas especialidades. Este proceso también condiciona el enriquecimiento de sus



habilidades y aspectos cognitivos, encaminados a un mejor desempeño laboral en función de las necesidades presentes y futuras, teniendo en cuenta el contexto económico, social y cultural del país.⁽¹⁶⁾

La profesionalización en gestión de desechos radiactivos se considera una singularidad con respecto a la superación profesional como una categoría general, lo cual constituye un proceso de formación profesional continua que favorece la especialización de los tecnólogos. Esto incluye contenidos radiológicos, ambientales y tecnológicos con un enfoque cognitivo, procedimental y actitudinal, orientados a mejorar su desempeño en la gestión de desechos.^(4,12)

Esta singularidad radica en que los tecnólogos, durante su formación de pregrado, reciben una concepción de perfil amplio; sin embargo, los contenidos radiológicos, ambientales y tecnológicos suelen presentarse de manera fragmentada, que se limita a la protección radiológica y se desconecta de los procedimientos tecnológicos relevantes en el contexto radiológico específico de la medicina nuclear.

No obstante, las concepciones actuales sobre la superación profesional de los tecnólogos en MN no han superado estas limitaciones, puesto que reproducen las deficiencias de la formación de pregrado y restringen la efectividad de las acciones de superación. Esta situación persiste porque, desde la teoría, no se han explicado las relaciones que permitan dotar a este proceso de la integralidad y contextualidad necesarias para complementar la profesionalización de estos tecnólogos.⁽¹²⁾

El desarrollo de los tecnólogos en MN para la gestión de desechos radiactivos, con enfoques cognoscitivos y científicos enmarcados en sus habilidades y desempeños profesionales, conduce a una elevada profesionalización. Esto condiciona un mejor desarrollo de los métodos tecnológicos en este ámbito y mejora la conexión entre la preparación para el empleo y la educación de posgrado.



Conclusiones

La necesidad de profesionalización de los tecnólogos en medicina nuclear en relación con la gestión de desechos radiactivos se presenta como una herramienta indispensable que favorece un proceso continuo, permanente y sistémico de preparación para enfrentar los desafíos profesionales en la actualidad. Esto implica abordar cuestiones como los principios y etapas de su desarrollo, sus características, la profesionalización desde un enfoque basado en competencias, y las regularidades de la formación y superación en el marco de la profesionalización continua.

Referencias bibliográficas

1. Amador Balbona ZH, Torres Valle A, Fundora Sarraff TA. Análisis de los riesgos radiológicos en la medicina nuclear diagnóstica del Instituto de Hematología e Inmunología de Cuba. Rev. cubana hematol. inmunol. hemoter. 2022[citado 26/05/2024];38(1). Disponible en: <https://revhematologia.sld.cu/index.php/hih/article/view/1520/1335>
2. Pérez Arias LL, Caraballo Ponce M. La medicina nuclear en la detección de enfermedades. Rev. cuban. tecn. salud. 2022[citado 26/08/2023];13(4):e3924. Disponible en: <https://revtecnologia.sld.cu/index.php/tec/article/view/3989/1626>
3. Trabanco N. El auge de los radioisótopos en medicina. Alfa. 2023[citado 07/02/2024];56. Disponible en: <https://www.csn.es/documents/10182/13557/Alfa+56/09d1f0cd-800f-6e5b-75f4-526f4543b861>
4. Natarajan V, Karunanidhi M, Raja B. A critical review on radioactive waste management through biological techniques. Environ Sci Pollut Res Int. 2020;27(24):29812-23.
5. Herrmann K, Giovanella L, Santos A, Gear J, Ozgen Kiratli P, Kurth J, et al. Joint EANM, SNMMI and IAEA enabling guide: how to set up a theranostics centre. Eur J Nucl Med Mol



Imaging. 2022[citado 26/04/2024];49(7):2300-9. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9165261/>

6. Vázquez Morán R. Estado del arte de la gestión de los desechos radiactivos generados en actividades no energéticas en México [tesis]. 2019[citado 6/7/2023]. Morelos: Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2265/ROVAM001.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7. Olivares Paizan G, Travieso Ramos N, González García TR, Novo Rodríguez E. Estrategia para la profesionalización de los docentes de la Facultad de Enfermería y Tecnología. Maestro y Sociedad. 2021[citado 26/04/2024];18(2). Disponible en: <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5351/4962>

8. Olivares Paizan G, Fernández Villalón M, Ruiz Marín E, Romero Pardo G. La educación virtual en el contexto de la Educación Médica en tiempos de Covid-19. Revista Científica Del Amazonas. 2022[citado 26/04/2024];5(9):39-46. Disponible en: <https://revistadelamazonas.info/index.php/amazonas/article/view/61/129>

9. Olivares Paizan G, Travieso Ramos N, González García TR. Relación dialéctica entre competencias, desempeño profesional y la profesionalización docente en la Educación Superior. Maestro y Sociedad. 2023[citado 26/04/2024];20(1):126-36. Disponible en: <https://maestrosociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/5881/5771>

10. Lescaille Elias N. Estrategia de superación para el mejoramiento del desempeño profesional del licenciado en imagenología y radiofísica médica en la técnica de ultrasonido diagnóstico [tesis]. La Habana: Universidad de Ciencias Médicas. 2017[citado 3/06/2024]. Disponible en: <https://tesis.sld.cu/index.php?P=DownloadFile&Id=644>

11. Alvernia Lobo GA, Jiménez Rodríguez LA. Riesgo percibido por la exposición a radiaciones ionizantes por parte de las tecnologías blandas en el sector salud. Biociencias (UNAD). 2019[citado 26/04/2024];3(1):1-31. Disponible en: <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/Biociencias/article/view/4405/4248>

12. González Basulto MJ. La gestión de desechos radiactivos como vía a un mejor desempeño laboral en medicina nuclear. Panorama. Cuba y Salud. 2024[citado



- 30/06/2024];19(1). Disponible en: <https://revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/view/1600/pdf>
13. Lennemann WL. Gestión de desechos radiactivos. OIEA Boletín. (s.f)[citado 20/05/2024];18(5/6). Disponible en: https://www.iaea.org/sites/default/files/185_604644047_es.pdf
14. Organismo Internacional de Energía Atómica. Normas de seguridad del OIEA. Gestión de desechos procedentes de la utilización de materiales radiactivos en medicina, industria, agricultura, investigación y educación. Guía de seguridad. No. WS-G-2.7. Viena: OIEA; 2009[citado 30/06/2024]. Disponible en: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1217s_web.pdf
15. Organización de Naciones Unidas. La Agenda para el Desarrollo Sostenible. Nueva York: ONU; 2022[citado 20/05/2024]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/development-agenda/>
16. Cuba. Ministerio de Educación Superior. Resolución Ministerial No. 139/2019. La Habana: MES; 2019[citado 20/05/2024]. Disponible en: <https://www.umcc.cu/wp-content/uploads/2020/06/Resoluci%C3%B3n-No.139-2019-Comisi%C3%B3n-Nacional-Grado-Cient%C3%ADfico.doc>

Conflicto de intereses

Los autores no declaran conflictos de intereses.

Contribución de los autores

Maurice José González Basulto: definió el tema de investigación; realizó la búsqueda sobre el tema en bases de datos; elaboró el diseño metodológico y aprobó el informe final; organizó y acotó las referencias bibliográficas teniendo en cuenta las normas de Vancouver y aprobó el informe final; análisis formal y en la revisión crítica del manuscrito (70 %).

Jaqueline García Rodríguez: organizó y revisó el manuscrito; análisis formal y revisión crítica del manuscrito (30 %).

