



Horizonte sanitario

ISSN (en línea): 2007-7459

Medicina Nuclear e Imagen Molecular: Una visión desde la enseñanza médica de pregrado

*Nuclear Medicine and Molecular Image: A view from
undergraduate medical education*

Artículo Original DOI: 10.19136/hs.a24.1.5849

Julio Isahi Pérez Juárez ¹ 

Nora Estela Kerik Rotenberg ² 

Iván Eudaldo Díaz Meneses ³ 

Alejandra Chávez Ramírez ⁴ 

Guillermo Axayacalt Gutiérrez Aceves ⁵ 

Correspondencia: Julio Isahi Pérez Juárez. Dirección postal: Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”, Centro Médico Nacional La Raza, IMSS. Dirección: Paseo de las Jacarandas S/N, La Raza. Azcapotzalco. C.P. 02990 Ciudad de México. México.
Correo electrónico: dr.isahi.perez@gmail.com



Licencia CC-BY-NC-ND



¹ Médico Cirujano. Hospital de Especialidades “Dr. Antonio Fraga Mouret”. Centro Médico Nacional La Raza, IMSS. Ciudad de México. México.

² Médico Nuclear. Unidad de Imagen Molecular. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Dr. Manuel Velasco Suárez”. Ciudad de México. México.

³ Médico Nuclear. Unidad de Imagen Molecular. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Dr. Manuel Velasco Suárez”. Ciudad de México. México.

⁴ Médico Cirujano. Hospital Regional “1° de Octubre”. ISSSTE. Ciudad de México. México.

⁵ Neurocirujano. Unidad de Radioneurocirugía. Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía “Dr. Manuel Velasco Suárez”. Ciudad de México. México.



Resumen

Objetivo: Conocer la percepción y el nivel de conocimientos que los estudiantes de pregrado de la carrera Médico Cirujano tiene sobre Medicina Nuclear e Imagen Molecular.

Materiales y métodos: Estudio observacional, descriptivo y de corte transversal que consistió en un examen de conocimientos y una encuesta mediante escala de Likert sobre la percepción educativa, sanitaria, social y de interés personal.

Resultados: Un total 82 alumnos. El nivel de conocimientos se correlacionó con el promedio académico (ρ de Spearman 0.254, $p = 0.0211$), la mediana en el examen fue de 6 (rango intercuartílico 4 – 7) / 10. La mediana del cuestionario de percepción fue de 24 (rango intercuartílico 21.75 – 26) / 50. El análisis factorial de nuestro instrumento de percepción obtuvo un índice Kaiser-Meyer-Olkin de 0.640 y una prueba de esfericidad de Bartlett estadísticamente significativa ($p < 0.0001$). El cociente α de Cronbach del instrumento fue 0.743.

Conclusiones: Los estudiantes de pregrado no cuentan con conocimientos básicos en Medicina Nuclear. El panorama académico de la especialidad en nuestro país respecto a su promoción, inclusión y difusión es bastante desalentador y sombrío. Las universidades del país deben incluir contenidos de esta especialidad en sus planes de estudio para poder complementar y mejorar la enseñanza de los futuros médicos de atención primaria y especialistas.

Palabras Claves: Medicina Nuclear; Imagen Molecular; Educación Médica; Facultades de Medicina; Hospitales de Enseñanza.

Abstract

Objective: To know the perception and level of knowledge that undergraduate students of the Medical Surgeon career have about Nuclear Medicine and Molecular Imaging.

Materials and methods: Observational, descriptive and cross-sectional study that consisted of a knowledge test and a survey using a Likert scale on educational, health, social and personal interest perception.

Results: A total of 82 students. The level of knowledge was correlated with the academic average (Spearman's ρ 0.254, $p = 0.0211$), the median in the exam was 6 (interquartile range 4 – 7) / 10. The median of the perception questionnaire was 24 (interquartile range 21.75 – 26) / 50. The factor analysis of our perception instrument obtained a Kaiser-Meyer-Olkin index of 0.640 and a statistically significant Bartlett's sphericity test ($p < 0.0001$). The Cronbach's α coefficient of the instrument was 0.743.

Conclusions: Undergraduate students do not have basic knowledge in Nuclear Medicine. The academic panorama of the specialty in our country regarding its promotion, inclusion and dissemination is quite discouraging and gloomy. The country's universities must include content of this specialty in their study plans in order to complement and improve the teaching of future primary care doctors and specialists.

Keywords: Nuclear Medicine; Molecular Imaging; Education Medical; Schools, Medical; Hospitals, Teaching.

• Fecha de recibido: 01 de julio de 2024 • Fecha de aceptado: 09 de julio de 2025
• Fecha de publicación: 22 de julio de 2025

Introducción

La Medicina Nuclear e Imagen Molecular (MNIM) es una especialidad médica que emplea radiofármacos para diagnosticar y tratar enfermedades en múltiples sistemas del organismo. Los radiofármacos se definen como un compuesto integrado por un radionúclido y una molécula transportadora, la cual tiene la capacidad de dirigirse con gran afinidad hacia una vía celular fisiopatológica y molecular única y específica. Las imágenes diagnósticas se obtienen por el procesamiento de la energía emitida mediante radiación, a través de complejos instrumentos tecnológicos, como la gammagrafía, la tomografía por emisión de fotón único (SPECT-CT) y la tomografía por emisión de positrones (PET-CT)¹. Así mismo, la terapéutica llega gracias al efecto ionizante de los compuestos. Las técnicas utilizadas son seguras, inocuas, no invasivas y la dosis de radiactividad es mínima².

En 1954 fue inaugurada la primera unidad en utilizar radioisótopos en México, en el entonces Hospital General La Raza, del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). En 1968, la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), creó el primer curso de residencia médica universitaria del país. En 1994, fue revisado y actualizado, para finalmente ser incorporado al Plan Único de Especializaciones Médicas (PUEM). Desde 1968, solamente han egresado cerca de 250 a 400 especialistas mexicanos y extranjeros^{3, 4, 5}.

Actualmente, existen pocos centros hospitalarios públicos y privados en el país que cuentan con un departamento referente a la especialidad. MNIM es considerada un servicio exclusivo del tercer nivel de atención, por ende, no todos los estados de la República cuentan con uno y además, no todas las instituciones tienen el mismo nivel de recursos para adquirir el equipamiento más sofisticado. Igualmente, no hay que olvidar el alto costo económico que debe cumplir el paciente por la realización de estos procedimientos en instituciones particulares. A pesar de las dificultades, la especialidad ha encontrado rápidamente un lugar imprescindible en la estructura médico-asistencial de cualquier sistema de salud del mundo^{6, 7}.

El objetivo de este trabajo es conocer el nivel de percepción de los estudiantes de pregrado de la carrera Médico Cirujano sobre la especialidad de Medicina Nuclear e Imagen Molecular.

Materiales y Métodos

Estudio observacional, descriptivo y de corte transversal, mediante la realización de cuestionarios de manera personal. El primero consistió en un examen de conocimientos, en idioma español, de 10 preguntas, cada una con 4 incisos a elegir, con solo uno de ellos como respuesta precisa. Cada reactivo correcto indicó el «estándar de oro» en patologías que todo médico de primer nivel de atención debe manejar con facilidad y que, como condición principal, perteneciera al área de MNIM; los otros tres incisos fueron distractores. El grado de conocimiento se estableció en una escala directa de acuerdo con el número de aciertos en estos reactivos (es decir, de 0 a 10). El nivel de dificultad y los



porcentajes calculados de aprobación fueron estimados mediante juicio de expertos. La segunda parte del instrumento constó de diez interrogantes, cuyo fin fue establecer el grado de percepción que se tiene sobre MNIM, desde el plano educativo, sanitario, social y de interés personal. Las respuestas fueron calificadas en una escala tipo Likert con cinco opciones de respuesta: 1 «nunca», 2 «casi nunca», 3 «algunas veces», 4 «casi siempre» y 5 «siempre». Por lo anterior, se obtuvo un puntaje máximo de 50 y un mínimo de 10. A mayor puntaje, mayor grado de percepción sobre MNIM. Los constructos fueron realizados por médicos especialistas y profesores adjuntos al PUEM de la UNAM, adscritos a la Unidad de Imagen Molecular PET-CT del Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía «Dr. Manuel Velasco Suárez». El estudio se aplicó en agosto del 2020 a las generaciones 2020-2 y 2021-1 de médicos mexicanos pasantes de servicio social del Programa de Medicina para la Enseñanza y el Desarrollo de la Investigación Científica en Iztacala (MEDICI), de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala de la UNAM. Se eligió esta población como muestra debido a que, dentro de la enseñanza médica del pregrado, son los alumnos que han cumplido la totalidad de créditos ofrecidos por la plantilla curricular, además, su participación en investigación y estancia en hospitales con gran infraestructura, les hace portadores de una visión más amplia de los recursos tecnológicos existentes en medicina.

El análisis de nuestra base de datos fue realizado mediante Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versión 21. Se utilizó estadística descriptiva para las frecuencias de cada una de las respuestas de la encuesta y las características clínicas y sociodemográficas recabadas. Se realizaron pruebas de Kolmogorov-Smirnov en los grupos con más de 50 observaciones y pruebas de Shapiro-Wilk para los menores de 50, para así, poder calcular la normalidad en la distribución de las frecuencias. Las variables cuantitativas de distribución normal se indicaron en media y desviación estándar ($\pm$), las no normales fueron reportadas en mediana y rango intercuartílico (RIC). Las variables cualitativas se detallaron en porcentajes e intervalos de confianza (IC) del 95 %.

La medición del dominio (conocimientos o percepción) se aceptó como válida si los elementos individuales dentro de estos estuvieron altamente correlacionados. Como medida de la validez interna de cada dominio, la confiabilidad entre ítems del cuestionario se valoró mediante el α de Cronbach, que proporciona un indicador estadístico del grado en que los elementos dentro de un dominio miden el mismo constructo subyacente. Para fines de la presente investigación, un nivel de α de 0.60 se consideró mínimamente aceptable, con α de > 0.70 que se interpretó como considerable y > 0.80 se consideró alto. El grado de interrelación de las preguntas entre dominios se analizó con el coeficiente de correlación de Spearman o con el coeficiente de correlación de rangos de Kendall para las variables cualitativas ordinales. Aquellas preguntas que no alcanzaron significancia estadística ($p < 0.05$) fueron eliminadas de la encuesta. Asimismo, las respuestas que evaluaron el grado de percepción que se tiene sobre MNIM fueron sometidas a un análisis factorial utilizando análisis de componentes principales con rotación varimax, para maximizar la independencia entre los factores. Se contemplaron los criterios de adecuación muestral de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) con valor de esfericidad Bartlett para fijar la pertinencia durante el análisis factorial. A partir de este se obtuvo la medida de varianza explicada y los valores Eigen para cada pregunta. Con lo anterior, se usaron regresiones logísticas multivariantes por pasos para analizar el efecto de las variables sociodemográficas sobre los resultados de los instrumentos.

Antes de realizar los análisis, la multicolinealidad entre covariables se evaluó mediante correlaciones policóricas. Las variables altamente correlacionadas fueron eliminadas de los modelos. Una $p < 0.05$ fue considerada como estadísticamente significativa. Se obtuvo el consentimiento informado de todos los estudiantes que aceptaron participar y se les informó las razones del estudio de investigación.

Resultados

Una población total de 82 alumnos, 56 (68.3 %) mujeres y 26 (31.7 %) hombres. Respecto a la edad, el rango va de los 22 a los 29 años, la mediana de todos los participantes fue de 23 años (rango intercuartílico [RIC] 23 – 24), idéntica tanto para hombres como para mujeres y la moda fue de 47 alumnos con 23 años. Los estudiantes refirieron sus intereses a futuro respecto al posgrado y especialización médica, 43 alumnos (52.43%) se inclinaron por el área clínica (medicina interna, pediatría, psiquiatría, anestesiología), 34 alumnos (41.46%) por el área quirúrgica (cirugía general, ginecología y obstetricia, otorrinolaringología, oftalmología), 5 alumnos (6.1%) planean realizar una maestría. Ninguno refirió interés en MNIM, o cualquier otra disciplina auxiliar o de diagnóstico, ni del área de la salud pública y comunitaria.

La mediana del promedio académico fue de 8.57 (RIC 8.35 – 8.78), un alumno con promedio arriba de 9.51, once con promedio entre 9.0-9.5, treinta y cinco con promedio entre 8.50-8.99 y treinta y cinco con promedio entre 8.0 y 8.49. Respecto al cuestionario de conocimientos (tabla 1), la mediana del puntaje fue de 6 (RIC 4 – 7) / 10. El promedio general de calificaciones en el examen del total de la población fue de 5.5. Con una cantidad de 45 aprobados y 37 reprobados. La puntuación más alta fue de 9 y la más baja de 1. La calificación más frecuente fue de 6 por veintidós alumnos, seguida de 4 por trece y 5 por once, solo diez alumnos obtuvieron 8 y cuatro una nota de 9. En relación con el nivel de dificultad, el 40% de las preguntas (1, 3, 6, 9) se catalogaron como fáciles, de las cuales se esperaba un 90% de soluciones correctas, pero solo se obtuvo un 77.1%; el 40% de las preguntas (2, 4, 7, 8) se clasificó como nivel medio, esperábamos un 60% de aprobación y se obtuvo un 46.3% de aciertos; solo el 20% de las interrogantes (5, 10) se catalogó como difícil, estimábamos un 40% y se resolvió correctamente el 28%. El nivel de conocimientos se correlacionó directa y significativamente con el promedio académico de los estudiantes (ρ de Spearman 0.254, IC del 95 % 0.033 – 0.452, $p = 0.0211$). No se encontraron asociaciones estadísticamente significativas con el resto de las variables analizadas ($p > 0.05$ en todos los casos).

La mediana del puntaje del cuestionario que evaluó el grado percepción que se tenía sobre MNIM (tabla 2) fue de 24 (RIC 21.75 – 26) / 50. Para el análisis factorial del instrumento, el índice KMO fue de 0.640 y la prueba de esfericidad de Bartlett fue estadísticamente significativa ($p < 0.0001$). De acuerdo con la matriz de correlación anti-imagen, las preguntas B, C e I fueron eliminadas por mostrar las medidas de adecuación de muestreo más bajas (tabla 3), esto debido a que todos los alumnos indicaron que la capacitación que les ofreció su universidad sobre MNIM fue nula; así mismo, solo uno de ellos rotó por una unidad de MNIM y finalmente, todos coincidieron en que los pacientes tendrían un mejor pronóstico si son sometidos a técnicas de MNIM.



Tabla 1. Frecuencia y proporción de aciertos por pregunta de toda la población de alumnos en el examen de conocimientos de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular

Pregunta (respuesta correcta)	Proporción (frecuencia)	IC del 95 %
1. De las siguientes patologías ¿En cuál de ellas la prueba de captación de yodo radioactivo es positiva? A) Hipotiroidismo central B) Enfermedad de Graves C) Cretinismo D) Hiperparatiroidismo primario	89 % (73)	80.2 – 94.9 %
2. Un paciente con índice de masa corporal >35 es sometido a una ecografía abdominal por probable colecistitis aguda, la cual no reporta hallazgos sugerentes de su presencia; el paciente se encuentra estable y usted sigue teniendo alta sospecha clínica de la patología ¿Cuál estudio es más sensible que la ultrasonografía para detectar esta enfermedad y que nos permitiría confirmar su existencia antes de someter al paciente estable a algún abordaje quirúrgico? A) Resonancia magnética B) Tomografía por emisión de positrones 68Ga-DOTATOC C) Tomografía computarizada con doble contraste D) Gammagrafía HIDA	32.9 % (27)	22.9 – 44.2 %
3. Paciente con diagnóstico de adenocarcinoma de próstata con tumor clínicamente avanzado, grado Gleason 8 (4+4) y PSA 27 ng/ml; debido a que se han encontrado áreas sospechosas de infiltración en radiografías, es enviado a usted para constatar la presencia de metástasis óseas ¿Qué estudio indicaría para confirmar hallazgos de afectación ósea? A) Resonancia magnética con gadolinio B) Gammagrafía ósea C) Tomografía por emisión de positrones D) Tomografía computarizada con contraste	73.2 % (60)	62.2 – 82.4 %
4. Un paciente con síndrome coronario agudo previamente estabilizado cuenta con escalas de estratificación de riesgo cardiovascular TIMI y GRACE con puntajes preocupantes. Se busca determinar la localización y extensión de la enfermedad coronaria, así como el nivel de viabilidad miocárdica. El paciente no es candidato a prueba de esfuerzo en banda por incapacidad de realizar esfuerzo físico adecuado ¿Cuál sería la mejor opción diagnóstica para este caso? A) Prueba de estrés farmacológico con estudio de imagen molecular mediante tomografía computarizada por emisión de fotón único B) Ecocardiografía C) Resonancia magnética cardíaca D) Angiografía torácica	45.1 % (37)	34.1 – 56.5 %
5. ¿Cuál es la prueba con mayor sensibilidad y especificidad para hacer el diagnóstico diferencial entre la Enfermedad de Alzheimer y la Demencia Frontotemporal? A) Tomografía computarizada de cráneo con contraste B) PET/CT cerebral C) Resonancia magnética con gadolinio D) Gammagrafía con 111In-Octreotide	26.8 % (22)	17.6 – 37.8 %

Continuará.....

Continuación

- | | | |
|--|-------------|---------------|
| <p>6. Para lograr un mejor pronóstico a futuro en pacientes con afectación por Linfoma de Hodgkin y no Hodgkin se busca lograr diversas metas, entre ellas su correcta estadificación, re-estadificación, predicción y evaluación de la respuesta al tratamiento, así como la búsqueda de enfermedad residual y recurrencia tumoral, además de una buena planificación de las sesiones de radioterapia ¿Qué estudio diagnóstico nos permite con mayor certeza alcanzar estos objetivos?</p> | 70.7 % (58) | 59.7 – 89.3 % |
| A) Resonancia magnética | | |
| B) Tomografía computarizada | | |
| C) PET/CT | | |
| D) Gammagrafía corporal | | |
| <p>7. Un especialista clínico acude a usted debido a que uno de sus pacientes cuenta con antecedente de Diabetes Mellitus tipo 2 de 20 años de evolución y es sospechoso de padecer gastroparesia, refiere necesitar un estudio diagnóstico que ayude a confirmar dicha enfermedad. ¿Cuál es el Gold Standard para esta patología?</p> | 47.6 % (39) | 36.4 – 58.9 % |
| A) Ecografía endoscópica | | |
| B) Gammagrafía de vaciamiento gástrico | | |
| C) Tomografía computarizada con doble contraste | | |
| D) Serie esofagogastroduodenal con bario | | |
| <p>8. ¿Cuál es la prueba Gold Standard para evaluar integralmente y certificar una afectación del sistema nigro-estriado en la Enfermedad de Parkinson?</p> | 59.8 % (49) | 48.3 – 70.4 % |
| A) PET-CT | | |
| B) Tomografía computarizada simple de cráneo | | |
| C) Gammagrafía de perfusión cerebral | | |
| D) Resonancia magnética de cráneo | | |
| <p>9. Radionúclido utilizado en la adyuvancia del cáncer papilar de tiroides.</p> | 75.6 % (62) | 64.9 – 84.4 % |
| A) Tc-99m | | |
| B) Tl-201 | | |
| C) I-131 | | |
| D) Ga-67 | | |
| <p>10. Paciente ingresado a piso cuenta con puntuación alta en escala de Wells, prueba de dímero-D >500ng/ml y clínica muy sugerente de tromboembolia pulmonar, médico internista acude a usted a solicitar estudio de angiografía por tomografía computada para indagar su presencia; después de evaluar el caso, se descubre que el paciente tiene historial de choque anafiláctico por alergia a medio de contraste y datos de insuficiencia renal crónica; usted le comenta al clínico la imposibilidad de realizarla debido a la presencia de contraindicaciones ¿Qué estudio le ofrecería que permita suplantarlo la Angio-TC y pueda confirmar el diagnóstico sin perder tanta sensibilidad y especificidad?</p> | 29.3 % (24) | 19.7 – 40.4 % |
| A) Ecografía grafía transtorácica con sobrecarga de dobutamina | | |
| B) Gammagrafía de V/Q | | |
| C) Resonancia magnética cardíaca | | |
| D) Tomografía por emisión de fotón único | | |

Fuente: Elaboración propia



Tabla 2. Cuestionario de percepción sobre la especialidad de Medicina Nuclear e Imagenología Molecular (MNIM)

- A. ¿Has escuchado hablar de la especialidad médica MNIM?
- B. ¿El temario de tu universidad te ofreció capacitación sobre MNIM?
- C. Durante tu formación académica, ¿rotaste por un servicio de MNIM?
- D. En las unidades hospitalarias donde llevaste tu enseñanza médica, ¿existía difusión sobre MNIM?
- E. ¿Has visto como se realiza una gammagrafía?
- F. ¿Has recomendado a tus pacientes algún procedimiento de MNIM para diagnosticar y tratar sus padecimientos?
- G. ¿Alguna vez pensaste en ser especialista en MNIM?
- H. ¿Piensas que tu formación como médico cirujano mejoraría al adquirir conocimiento sobre temas de MNIM?
- I. ¿Piensas que el pronóstico de un paciente se beneficia al someter su enfermedad a estudios y técnicas de MNIM?
- J. ¿Crees que nuestro sistema de salud y la iniciativa privada deberían invertir recursos en tecnologías encaminadas a MNIM?

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3. Matriz de correlación anti imagen del cuestionario de percepción sobre la Medicina Nuclear

Preguntas	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	.681 ^a	-0.138	0.168	-0.321	-0.281	-0.163	-0.378	-0.206	0.006	0.073
B	-0.138	.409 ^a	-0.427	0.160	0.025	-0.063	0.142	0.036	0.127	-0.059
C	0.168	-0.427	.455 ^a	-0.353	0.222	-0.140	-0.122	0.033	-0.037	-0.028
D	-0.321	0.160	-0.353	.641 ^a	-0.144	-0.046	0.115	0.064	-0.083	-0.120
E	-0.281	0.025	0.222	-0.144	.650 ^a	-0.269	-0.043	0.122	0.262	-0.117
F	-0.163	-0.063	-0.140	-0.046	-0.269	.788 ^a	-0.072	-0.186	-0.226	-0.005
G	-0.378	0.142	-0.122	0.115	-0.043	-0.072	.653 ^a	0.041	0.124	-0.090
H	-0.206	0.036	0.033	0.064	0.122	-0.186	0.041	.668 ^a	0.012	-0.504
I	0.006	0.127	-0.037	-0.083	0.262	-0.226	0.124	0.012	.599 ^a	-0.348
J	0.073	-0.059	-0.028	-0.120	-0.117	-0.005	-0.090	-0.504	-0.348	.657 ^a

Fuente: Elaboración propia

Las 7 preguntas conformaron dos componentes que comprendieron el 63.42 % de la varianza total explicada. Los valores Eigen por componente se muestran por cada pregunta en la tabla 4. El cociente α de Cronbach del instrumento fue 0.743, con un cociente de correlación intraclase de 0.743 ($p < 0.0001$).

El primer componente integró las preguntas A, D, E, F y G, las cuales describen la percepción desde el plano educativo, sanitario y social; mientras que el componente 2, constituido por las preguntas H y J, desde un punto de interés personal. La mediana del componente 1 fue de 8 (RIC 7 – 11) / 20 puntos, mientras que para el segundo componente fue de 9 (RIC 7 – 10) / 10 puntos. Ambos componentes, nombrados percepción social e individual acerca de la MNIM respectivamente, tuvieron una correlación directamente significativa entre sí (p de Spearman 0.341, IC del 95 % 0.127 – 0.524, $p = 0.002$). En general, más de la mitad de los estudiantes han escuchado hablar de MNIM, además, los alumnos refirieron que, durante sus rotaciones académicas, el nivel de difusión e inclusión intrahospitalaria sobre MNIM fue muy bajo. Por último, los estudiantes coinciden en que obtendrían un beneficio académico si adquirieran conocimientos sobre MNIM y que se debería invertir recursos para obtener equipos tecnológicos de MNIM.

Tabla 4. Valores Eigen de cada pregunta en función del componente conformado

Preguntas	Componente 1	Componente 2
A	1.1257	0.0835
D	0.1170	0.0008
E	0.3147	0.1176
F	0.3422	0.0497
G	0.1018	0.0128
H	0.1689	0.3352
J	0.0999	0.2490

Fuente: Elaboración propia

Discusión

La Comisión Interinstitucional para la Formación de Recursos Humanos para la Salud (CIFRHS), mediante el Examen Nacional de Aspirantes a Residencias Médicas (ENARM), tiene a su cargo el proceso de selección de los médicos que desean ingresar a una especialidad en México, incluida MNIM, la cual se encuentra en el Bloque IV de Especialidades Auxiliares y de Diagnóstico; es un curso de entrada directa, con una duración de 3 años^{5, 8, 9}.

La UNAM es una de las instituciones encargadas de avalar el programa educativo de MNIM, así mismo, ofrece cursos de Alta Especialidad como continuación del posgrado¹⁰. Analizamos los programas académicos de las tres facultades de la UNAM en las que se enseña la carrera de médico cirujano y ninguno cuenta con capacitación en MNIM, a pesar de que esta brinda recursos



diagnósticos y terapéuticos valiosos; en contra parte, si existen módulos especiales para contenidos de la especialidad de Radiología^{11,12,13}. De antemano, conocemos perfectamente la vital importancia diagnóstica de los equipos tecnológicos usados en Radiología, por lo que es natural deducir que los temarios deben enfocarse en este tipo pruebas, pese a ello, no debería haber impedimento en anexar a la plantilla curricular contenido sobre MNIM, al final, esto solo denota la falta de conocimiento por parte del gremio médico sobre la importancia de la especialidad. No tenemos información respecto a la formación académica de los estudiantes de otras universidades de México, pero al ser la UNAM un referente a nivel nacional e internacional, de las 160 escuelas de medicina del país reportadas en 2016 y de las cuales solo 70 cumplían los requisitos de certificación⁸, intuimos que es muy poco probable que estas ofrezcan capacitación en MNIM. Es previsible que los alumnos de pregrado de semestres más tempranos al servicio social cuentan con un menor conocimiento sobre la especialidad.

En 2016 sustentaron el examen un total de 36117 médicos y se ofertaron 8277 plazas, para 2019 sustentaron 42680 y se ofertaron 9480, denotando un claro incremento con forme el tiempo avanza¹⁴. Acorde con lo reportado en 2016 por la CIFRHS, 75% de los residentes están distribuidos en solo seis especialidades médicas^{8,14}. Del período (2009-2016), 86.5% de las solicitudes de plazas de formación médica especializada están concentradas en diez especialidades, de este porcentaje, el 52.5% corresponde a cuatro especialidades (Cirugía General, Medicina Interna, Pediatría y Ginecología y Obstetricia)¹⁵. MNIM se encuentra dentro de las diez especialidades con menor demanda (tabla 5), las cuales solo representan el 2.7% de las peticiones totales y concentran el 3.2% de todas las posiciones brindadas para la formación especializada en México^{15,16}. Un estudio determinó que durante 2017 en México ejercían 147 910 médicos especialistas (37.4 % mujeres y 62.6 % hombres), 221 de ellos son especialistas en MNIM, de los cuales 142 son hombres y 79 mujeres, con un porcentaje de certificación vigente respectivamente del 80.9% versus 84.8 %, con un total de especialistas certificados del 82.3%⁸.

Respecto a la adquisición de infraestructura en MNIM, la disparidad entre el sector público y privado es bastante notable. En el Informe sobre la Salud de los Mexicanos publicado en 2016, se consideró al equipamiento médico utilizado en los departamentos de MNIM como instrumentos de alta tecnología, de alto costo y complejidad, por lo que requieren instalaciones especiales. También reveló que a nivel nacional había un total de 111 gammacámaras, de las cuales, el sector privado opera el 50% de los equipos, la otra mitad pertenece a las instituciones públicas, el reporte indicó que existen estados que no cuentan con ninguna gammacámara¹⁷. La PET-CT es la técnica insignia de la MNIM por excelencia, para 2019 el número de equipos en el país rondaba en cincuenta, de estos, treinta y siete pertenecen a empresas privadas y más de la mitad del total se encuentran en la Ciudad de México y el Estado de Nuevo León. Además, existen un total de 8 ciclotrones en operación y de ellos, solo 2 pertenecen a instituciones públicas^{17,18}.

Existen 3 metodologías principales que determinan la necesidad de incorporar equipos PET/CT: indicador de cobertura por millón de habitantes, prevalencia correspondiente de cada patología, efectividad clínica y población candidata. La Organización Mundial de la Salud recomienda dos equipos PET/CT por cada millón de habitantes, indicador que se cumple fielmente en países desarrollados. Con

una población de más de 120 millones de mexicanos, nuestro país debería contar con 240 equipos¹⁸. No hay estadísticas fiables del número de estudios PET/CT que se realizan en México, se calcula aproximadamente un total de 400 estudios por millón de habitantes, considerando nuestra población, contamos con números muy bajos comparados con los de países de alto ingreso (5800 en Estados Unidos, 4400 en Japón, 1400 en Europa y 1150 en Canadá). La aplicación de Imagen Molecular PET-CT reduce los costos, directos o indirectos, asociados con procedimientos terapéuticos equivocados, no efectivos o innecesarios; además de ser rentable, es diagnósticamente precisa y útil para mejorar el contexto clínico de los pacientes. Principalmente en oncología, se registraron ahorros considerables en procedimientos diagnósticos o terapéuticos alternos a la tecnología en MNIM¹⁸.

El Comité Intercolegial Permanente sobre Medicina Nuclear del Reino Unido informó recientemente que se debe elevar el perfil de la MNIM, dándole mucha más importancia a esta rama de la medicina en la enseñanza de pregrado, debido a que en los últimos años, tuvieron un incremento del 50% en el número de estudiantes de medicina matriculados, así como un crecimiento en la demanda de procedimientos de MNIM, pero que a pesar de ello, la formación de los estudiantes en esta materia no está desarrollada adecuadamente. Así mismo, el Consejo de Medicina General de ese país recomienda la creación de un plan de estudios básico enfocado en MNIM estrictamente definido para estudiantes de medicina, para lograr este fin, crearon un panel de expertos y establecieron un total de 336 competencias diferentes en relación con MNIM, la protección radiológica y la radio farmacia¹⁹.

Tabla 5. Características de las plazas ofertadas en el ENARM para Medicina Nuclear e Imagenología Molecular y de su población sustentante (Calificación máxima en el examen: 100, calificación mínima en el examen: 0, S/D: Sin datos)

Año del ENARM	Plazas ofertadas para mexicanos	Plazas ofertadas para extranjeros	Calificación máxima nacional	Calificación mínima nacional	Calificación máxima extranjero	Calificación mínima extranjero	Demanda de médicos sustentantes en el ENARM	Razón de plazas demandas sobre oferta de plazas
2012	16	2	75.333	62.222	65.778	62.666	42	2.63
2013	12	2	76.666	65.778	66.888	66.888	39	3.25
2014	12	2	74.666	66.444	69.555	69.333	54	4.50
2015	11	3	74.444	68.222	S/D	S/D	80	7.27
2016	14	8	77.333	68.667	S/D	S/D	72	5.14
2017	16	5	77.778	68.000	71.333	71.333	S/D	S/D
2018	13	5	78.667	70.222	77.778	77.778	S/D	S/D
2019	13	3	71.778	67.111	68.222	68.222	S/D	S/D
2020	14	3	73.556	65.333	S/D	S/D	S/D	S/D
2021	23	2	71.254	60.975	72.996	62.195	S/D	S/D
2022	30	2	69.338	57.839	62.369	62.195	S/D	S/D
2023	28	3	68.214	57.321	58.035	55.357	S/D	S/D

Fuente: Elaboración propia



Un estudio mostró que el 62% de los médicos generales tienen conocimientos pobres en MNIM, dando una señal de alarma a las autoridades educativas y sanitarias²⁰; en nuestra experiencia, los médicos especialistas, de diversas ramas, tanto clínicas como quirúrgicas, también presentan este déficit, ya que es muy frecuente observar en nuestros servicios solicitudes para la realización de terapia con radionúclidos, gammagrafías, SPECT-CT y PET-CT las cuales están mal indicadas en el paciente, con radiofármacos no aptos para su padecimiento o con protocolos no estandarizados, lo que le genera un gasto económico innecesario, así como posible riesgo de iatrogenia para el mismo. Finalmente, la enseñanza de la MNIM es diferente entre países. Reportes indican que, en Europa, los estudiantes de medicina dedican un promedio de 17,4 horas a la enseñanza de MNIM. En algunos países es un curso independiente y obligatorio, mientras que en otros es un curso opcional o parte de un programa (radiología, endocrinología, etc.)^{21, 22}.

Existieron ciertas limitaciones en nuestro estudio, solo tomamos como muestra a estudiantes de la UNAM-FESI, debido a cuestiones fuera de nuestro alcance como recursos financieros y falta de conectividad con otras universidades del país.

Conclusiones

Los estudiantes de medicina mexicanos no cuentan con los conocimientos académicos básicos respecto a temas de MNIM, esto genera a futuro en los médicos de atención primaria y de especialidad una deficiencia en su desempeño, privándolos de aplicar recursos y técnicas valiosas que impactan positivamente en beneficio del paciente. Es por eso que, todos los centros educativos de medicina en el país deben incluir obligatoriamente contenidos de esta rama médica en sus temarios, ya que presentamos evidencia estadística, validada cuantitativamente, de su rezago académico. Los médicos especialistas de diversas ramas, de manera interdisciplinaria, deben acercarse a especialistas de MNIM para interconsultar y orientarse correctamente sobre que técnicas favorecerán a sus pacientes.

Los estudios de MNIM aceleran el proceso de diagnóstico de algunas enfermedades y mejoran el pronóstico de los pacientes sometidos a ellos, la MNIM es ya un pilar fundamental de las instituciones de salud, por lo que el Estado y la iniciativa privada deben invertir más recursos económicos en la adquisición de equipamiento médico para esta especialidad y así lograr cubrir las necesidades de esta Nación. Se debe fortalecer ante la sociedad y el gremio de la salud la imagen del Médico Nuclear y garantizar su papel como único aplicador de tecnología con radionúclidos.

Conflicto de interés

Los autores declararon no tener conflicto de interés.

Consideraciones éticas

Al ser un estudio observacional y descriptivo, basado en un cuestionario de perspectiva y un examen de conocimientos, no se consideró necesario solicitar autorización por parte del comité de ética de nuestra institución. Enfatizamos que se pidió consentimiento informado a cada uno de los alumnos y se les informó el motivo de estudio. No se utilizaron ni publicaron ninguno de los datos personales de la población.

Uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que no han utilizado ninguna aplicación, software, páginas web de inteligencia artificial generativa en la redacción del manuscrito, en el diseño de tablas y figuras, ni en el análisis e interpretación de los datos.

Contribución de los autores

Conceptualización: J.I.P.J.; Curación de datos: J.I.P.J., A.C.R.; Análisis formal: J.I.P.J., N.E.K.R., I.E.D.M.; Adquisición de Financiamiento: J.I.P.J., A.C.R.; Investigación: J.I.P.J.; Metodología: J.I.P.J., N.E.K.R., I.E.D.M.; Administración de proyecto: J.I.P.J.; Recursos: J.I.P.J., A.C.R.; Software: J.I.P.J.; Supervisión: J.I.P.J., N.E.K.R.; Validación: J.I.P.J., N.E.K.R.; Visualización: A.C.R., G.A.G.A.; Redacción – Borrador original: A.C.R., G.A.G.A.; Redacción: revisión y edición: J.I.P.J., G.A.G.A.

Financiamiento

Los autores declaran que no existió ningún tipo de financiamiento.

Agradecimientos

Al Programa de Medicina para la Enseñanza y el Desarrollo de la Investigación Científica en Iztacala y al Dr. Citlaltepétl Salinas Lara por su apoyo.



Referencias

1. Weber WA, Czernin J, Anderson CJ, Badawi RD, Barthel H, Bengel F, et al. The Future of Nuclear Medicine, Molecular Imaging, and Theranostics. *J Nucl Med*. 2020 Dec;61(Suppl 2):263S-272S. Doi: 10.2967/jnumed.120.254532.
2. van der Meulen NP, Strobel K, Lima TVM. New Radionuclides and Technological Advances in SPECT and PET Scanners. *Cancers (Basel)*. 2021 Dec 8;13(24):6183. Doi: 10.3390/cancers13246183.
3. Pérez J, Larrea E. Crónica de la Medicina Nuclear en México. 1th. México: Progreso; 2014. Disponible en: https://issuu.com/johna.shanahan/docs/141230_medicina-nuclear
4. Mendoza L, Valero R. Historia de la Medicina Nuclear. *Evid Med Invest Salud*. 2016;9:103-6. Disponible en: <https://revistaremis.hospitalmedicineandclinicalmanagement.com/?indice=201692#-JournalContents>
5. Plan Único de Especialidades Médicas en Medicina Nuclear e Imagenología Molecular 2020 [homepage en Internet]. División de Estudios de Posgrado. Facultad de Medicina UNAM. [consultado 2022]. Disponible en: <http://www.sidep.fmposgrado.unam.mx/fmposgrado/Cursos.jsp?medicallevel=ESPECIALIDADES>
6. Ávila R, Alva S. Radiofármacos para PET, una nueva perspectiva de la Medicina Nuclear Molecular en México. *El Residente* 2010;5:103–110. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=26234>
7. Rayo J. La Medicina Nuclear dentro del mapa de procesos de una organización sanitaria pública. *Rev Esp Med Nucl*. 2004;23(3):231-7. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0212-6982\(04\)72289-2](https://doi.org/10.1016/S0212-6982(04)72289-2)
8. Heinze G, Olmedo VH, Bazán G, Bernard NA, Guízar DP. Los médicos especialistas en México. *Gac Med Mex*. 2018;154:342-351. Doi: 10.24875/GMM.18003770.
9. Examen Nacional de Aspirantes a Residencias Médicas [homepage en Internet]. Convocatoria y registro para aspirantes a Residencias Médicas. [consultado 2024]. Disponible en: <https://cifrhs.salud.gob.mx/>
10. Cursos de posgrado de Alta Especialidad en Medicina [homepage en Internet]. Facultad de Medicina UNAM. [consultado 2024]. Disponible en: <https://www.fmposgrado.unam.mx/index.php/alta-especialidad>
11. Mapa curricular del plan de estudios [homepage en Internet]. Facultad de Medicina UNAM. [consultado 2024]. Disponible en: <http://medicina.facmed.unam.mx/index.php/mapa-curricular/>

12. Plan de estudios, módulos de la carrera [homepage en Internet]. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM. [consultado 2024]. Disponible en: <https://medicina.iztacala.unam.mx/plan-de-estudios/>
13. Médico cirujano, plan de estudios [homepage en Internet]. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM. [consultado 2024]. Disponible en: <https://www.zaragoza.unam.mx/licenciaturas/medico-cirujano/mc-plan-estudios/>
14. Akaki JL, López J. Formación de médicos especialistas en México. Educ Med. 2018;19(1):6-42. Doi:10.1016/j.edumed.2018.03.007.
15. Brechas en la disponibilidad de médicos y enfermeras especialistas en el sistema nacional de salud. Informe final 2017 [homepage en Internet]. Instituto Nacional de Salud Pública. [consultado 2024]. Disponible en: https://cifrhs.salud.gob.mx/site1/residencias/brechas_para_la_salud.html
16. Examen Nacional para Aspirantes a Residencias Médicas. Información por año [homepage en Internet]. CIFRHS [consultado 2024]. Disponible en: https://cifrhs.salud.gob.mx/site1/enarm/enarm_ia.html
17. Informe sobre la salud de los mexicanos 2016. Diagnostico general del Sistema Nacional de Salud [homepage en Internet]. Secretaria de Salud. [consultado 2024]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/239410/ISSM_2016.pdf
18. Ávila MA, Rivera B, Kerik N, Vallejo E, Herranz M, Buelna C. Estado actual y perspectivas de la imagen molecular PET en México. Gac Med Mex. 2019;155:443-451. Disponible en: <https://doi.org/10.24875/gmm.19005257>
19. McCoubrie P. What do medical students need to know about nuclear medicine? Nuclear Medicine Communications 2004; 25(4):412. Disponible en: https://journals.lww.com/nuclearmedicinecomm/abstract/2004/04000/what_do_medical_students_need_to_know_about.64.aspx
20. Zakavi SR, Pourzahed Z, Derakhshan A. Assessment of general practitioners' knowledge of clinical applications. Journal of Medical Education Summer 2004;5(2):55-57. Disponible en: <https://repository.brieflands.com/items/b551232f-40a1-485e-9f0b-d651c38525e6/full>
21. Lass Piotr, Scheffler Justyna. Undergraduate teaching of nuclear medicine in European universities. Eur J Nucl Med Mol Imaging 2003; 30(7):1018-1023. doi: 10.1007/s00259-003-1191-4.
22. EII PJ. Undergraduate teaching of radiology and nuclear medicine. Eur J Nucl Med. 1997 Sep;24(9):1081-2. <https://doi.org/10.1007/BF01254236>

