

## **Evaluación del riesgo radiológico en la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor de la policitemia vera**

Radiological risk assessment in radiosynoviorthesis and the myelosuppressor treatment of polycythemia vera

Zayda Amador Balbona<sup>1\*</sup> <https://orcid.org/0000-0002-4591-2711>

Antonio Torres Valle<sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3352-1665>

Teresa Alejandra Fundora Sarraff<sup>3</sup> <http://orcid.org/0000-0002-0861-1872>

<sup>1</sup> Centro de Isótopos (CENTIS), Mayabeque, Cuba.

<sup>2</sup> Universidad de La Habana, Facultad de Tecnología y Ciencias Aplicadas, La Habana, Cuba.

<sup>3</sup> Instituto de Hematología e Inmunología, La Habana, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: ([zabalbona@centis.edu.cu](mailto:zabalbona@centis.edu.cu))

### **RESUMEN**

**Introducción:** La aplicación del método de la matriz de riesgo para la evaluación del riesgo radiológico en la medicina permite identificar de manera proactiva debilidades en las etapas del proceso y hacer un plan de acciones de mejora para la seguridad y calidad.

**Objetivo:** Evaluar los riesgos radiológicos de la radiosinoviortesis y el tratamiento mielosupresor con Fósforo-32 de la policitemia vera.

**Método:** Se utilizó el método de matriz de riesgo y se realizó el análisis y tratamiento de los riesgos radiológicos por medio del código cubano SECURE-MR-FMEA 3.0.

**Resultados:** El 17 % del riesgo alto se eliminó con las medidas adicionales adoptadas; predominaron las consecuencias medias para los trabajadores y el público, 30 % y el 14 %, respectivamente. Las defensas más importantes fueron: levantamiento radiológico inicial de las áreas del departamento; revisión independiente del proyecto con las regulaciones de seguridad

aplicables; inspección de trabajos de construcción civil y montaje de equipos antes de iniciar la operación del departamento; capacitación de los médicos nucleares en los tratamientos; existencia de protocolos de tratamiento; análisis de lecciones aprendidas de incidentes radiológicos; levantamiento radiológico periódico de las áreas del servicio y procedimiento de emergencia para reducir la dosis en órganos críticos en caso de administración errónea de radiofármacos. Se creó una base de datos de incidentes utilizada como referencia para el modelo utilizado. El factor humano fue la causa mayor de los sucesos radiológicos analizados (88 %).

**Conclusiones:** Estos resultados facilitan la toma de decisiones para el mejor desempeño de la radiosinoviortesis y el tratamiento de la policitemia vera con Fósforo-32 en Cuba. Se sugiere elaborar el plan de mejora de la seguridad con especial atención a las operaciones de administración del radiofármaco en ambos casos.

**Palabras clave:** análisis de riesgo radiológico, matriz de riesgo, radiosinoviortesis, policitemia vera.

## ABSTRACT

**Introduction:** The application of risk matrix for ionizing radiation medicine allow identify in proactive way the weakness of the process' step, which implies in the design of safety and quality improvement plan for this.

**Method:** Risk matrix method applied for radiosynoviorthesis and the myelosuppressor treatment with Phosphorus-32 of polycythemia vera. The Cuban code SECURE-MR-FMEA 3.0 is used.

**Results:** It was eliminated the 17% of the high risk with additional measures, and the medium consequences for workers and public are 30% and 14%, respectively. The most important identified safety measures were the initial radiological monitoring from different nuclear medicine department areas; the project revision based on the applicable safety regulations; a survey of civil construction works and equipment assembly before work began; training of nuclear medicine doctors in related aspects of nuclear medicine treatments; existence of treatment protocols; the analysis of learned lessons from radiological incidents; the periodical radiological monitoring from different services areas and the emergency procedure for the cases of mistake in the radiopharmaceuticals administration. Human factor was the major cause in analyzed radiological events (88 %).

**Conclusions:** These results facilitate taking decisions for the best performance of radiosynoviorthesis and the myelosuppressor treatment with Phosphorus-32 of polycythemia vera in Cuba. It is recommended to elaborate the safety improvement plan from these and focussing in the radiopharmaceutical administration operations in both cases.

**Keywords:** radiological risk analysis, risk matrix, radiosynoviorthesis, polycythemia vera.

Recibido: 08/10/2018

Aceptado: 01/12/2018

## INTRODUCCIÓN

La hemofilia es una enfermedad que, en su historia natural, presenta hemartrosis repetitivas con el desarrollo posterior de sinovitis crónica. Esto produce la destrucción del cartílago (condrolisis) y la instauración de osteoartrosis en la articulación. Dentro de las opciones de tratamiento se encuentran la educación, profilaxis, manejo médico y las opciones quirúrgicas. La radiosinoviortesis (RSV) es parte del tratamiento médico que busca la estabilización de la membrana sinovial por medio de la inyección de un radionúclido emisor beta en la articulación. <sup>(1,2)</sup> Entre los radionúclidos utilizados en la RSV se encuentra el Fósforo-32. <sup>(3-6)</sup>

La policitemia vera (PV) se desarrolla cuando una célula madre hematopoyética sufre un conjunto de mutaciones. Esto da lugar a un funcionamiento anormal que se traduce en la producción descontrolada de glóbulos rojos. En menor medida, también se produce un exceso de glóbulos blancos y plaquetas. <sup>(7)</sup> En otras palabras, se puede decir que la PV es un trastorno mieloproliferativo crónico, de origen clonal, caracterizado por panmielosis, esplenomegalia y predisposición a trombosis, mielofibrosis y leucemia aguda. <sup>(8)</sup> El tratamiento mielosupresor de esta enfermedad con Fósforo-32 en Cuba presentó resultados satisfactorios <sup>(9)</sup> y se prevé su restablecimiento en nuevas instalaciones.

El método de la matriz de riesgo (MR) <sup>(10)</sup> para el análisis de riesgos implica la necesidad de evaluar la secuencia lógica mediante la cual ocurren los accidentes. Un determinado error

humano o fallo de equipo (suceso iniciador) ocurre con una frecuencia determinada (f), probablemente la organización dispondrá de una o varias barreras (equipos de detección, alarmas o procedimientos) capaces de detectar el error o fallo y actuar para evitar que el suceso iniciador se convierta en un accidente. Sin embargo, siempre existe una determinada probabilidad (P) de que estas barreras puedan fallar, en tal caso ocurrirá el accidente y este se manifiesta con unas consecuencias determinadas (C). La magnitud que caracteriza la secuencia de ocurrencia de los accidentes es el riesgo (R) que se define como el producto de estas tres variables (f, P y C).

La presente investigación tuvo como objetivo la evaluación del riesgo radiológico de ambas prácticas, a través del método prospectivo de MR, inicialmente utilizado en la medicina con radiaciones ionizantes en la radioterapia <sup>(10-11)</sup> y con posterioridad en la medicina nuclear diagnóstica. <sup>(12)</sup>

## MÉTODOS

Se adaptó el modelo genérico para la medicina nuclear terapéutica convencional (MNTC) <sup>(13)</sup> desarrollado con el método de MR a la RSV y al tratamiento radiactivo de la PV realizadas con mucho éxito y con próximo reinicio en Cuba. <sup>(9, 14)</sup>

Aunque la evaluación de la seguridad de las prácticas es requerida por la regulación nacional para su autorización, trabajar por la mejora continua de la seguridad y la calidad es una necesidad de todo proceso. <sup>(15-17)</sup> Se evaluaron 65 sucesos radiológicos potenciales que contemplan errores humanos y fallas del equipamiento.

El análisis del riesgo permitió identificar las defensas (medidas para detectar, evitar su escalado y prevenir o reducir consecuencias) contra los sucesos potenciales que puedan ocasionar situaciones de exposición a las radiaciones ionizantes para los pacientes, trabajadores y el público. <sup>(18-22)</sup> Se adoptaron las defensas reportadas para el control del riesgo de contaminación radiactiva y exposición externa, <sup>(21, 22)</sup> entre otras consideradas con anterioridad. <sup>(14)</sup>

Se utilizó el código cubano SECURE-MR-FMEA versión 3.0 para introducir el modelo de la MR y ejecutar el análisis y tratamiento del riesgo. <sup>(23)</sup> Igualmente se determinaron el perfil de consecuencias y las barreras, reductores de frecuencia (RF) y reductores de consecuencias (RC)

más contribuyentes. Los sucesos iniciadores considerados incluyen los encontrados en los escasos reportes publicados. <sup>(24-29)</sup>

## RESULTADOS

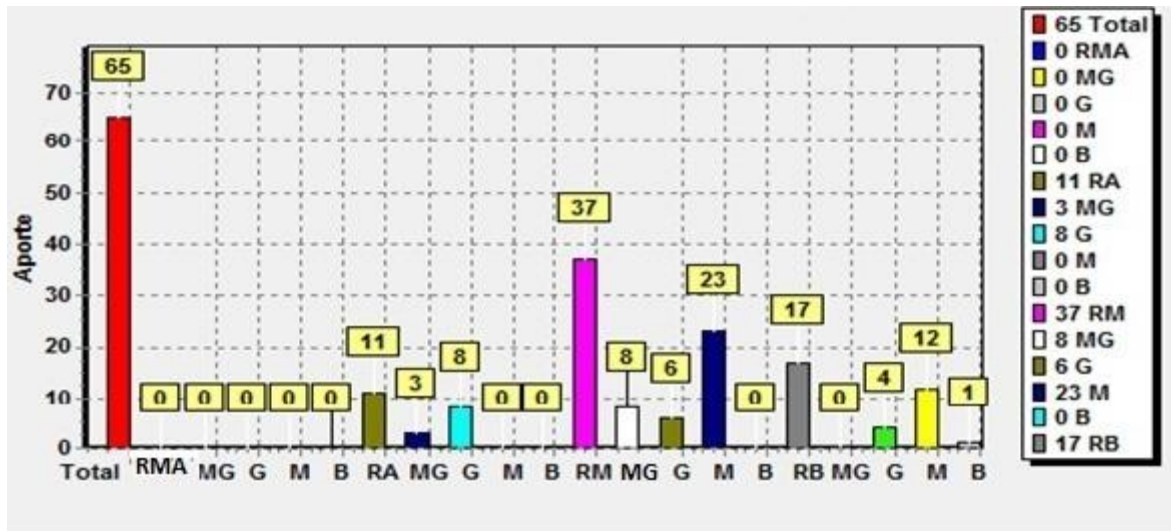
La tabla 1 muestra el perfil de riesgo obtenido para el proceso con 13 etapas; al aplicar el segundo cribado, que considera todos los elementos de control o defensas y sus robusteces, pero con el análisis de la reducción de las frecuencias y consecuencias, denominado en el SECURE-MR-FMEA versión 3.0, como el método con robustez de barreras-reductores simple. Se destaca la administración de radiofármacos como la etapa de mayor contribución al riesgo.

**Tabla 1-** Perfil del riesgo para el método con robustez de barreras-reductores simple

Etapa	RMA	RA	RM	RB	Total por etapa
Diseño del servicio de medicina nuclear (DMN)	0	0	3	6	9
Construcción del Servicio de Medicina Nuclear Terapéutica (CSM)	0	0	0	5	5
Aceptación y puesta en servicio de los equipos utilizados en la práctica de Medicina Nuclear (APS)	0	0	4	1	5
Mantenimiento y reparación de equipos y sistemas (MRE)	0	1	2	0	3
Evaluación clínica del paciente (ECP)	0	1	0	0	1
Prescripción clínica del tratamiento (PCT)	0	1	2	2	5
Recepción del radiofármaco/radiobiomolécula (RRR)	0	1	3	2	6
Preparación del radiofármaco/radiobiomolécula (PRR)	0	1	7	0	8
Traslado de la dosis al lugar de administración (TDA)	0	0	2	1	3
Administración de radiofármaco/ radiobiomolécula (ARR)	0	4	6	0	10
Archivo y entrega de los resultados de los tratamientos de Medicina Nuclear (AER)	0	0	1	0	1
Gestión de desechos radiactivos (GDR)	0	0	7	0	7
Seguimiento del paciente de Medicina Nuclear (SOP)	0	2	0	0	2
Proceso	0	11	37	17	65

RMA: riesgo muy alto, RA: riesgo alto, RM: riesgo medio, RB: riesgo bajo

Como se puede apreciar en la figura 1, existían 11 secuencias accidentales con riesgo alto (RA), que representaban aproximadamente el 17 %, con respecto al total.

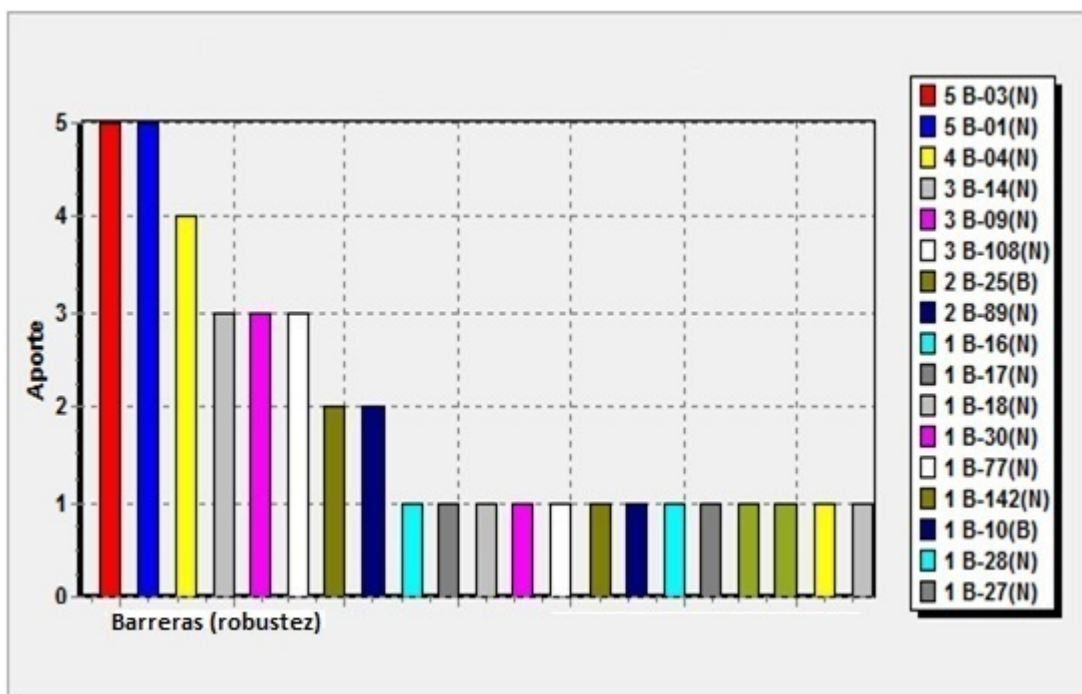


**Fig. 1-** Total de secuencias accidentales (eje y) por nivel de riesgo y sus consecuencias

RMA: riesgo muy alto, RA: riesgo alto, RM: riesgo moderado, RB: riesgo bajo, MG: consecuencias muy graves, G: consecuencias graves, M: consecuencias medias, B: consecuencias bajas

Con las medidas adicionales que se implementaron se logró eliminar totalmente este nivel de riesgo y quedó 67,69 % de riesgo de nivel medio y el resto de riesgo bajo. Las consecuencias medias predominaron para los trabajadores y el público; sin embargo, para los pacientes queda 8,7 % de consecuencias muy graves y 18,3 % de consecuencias graves.

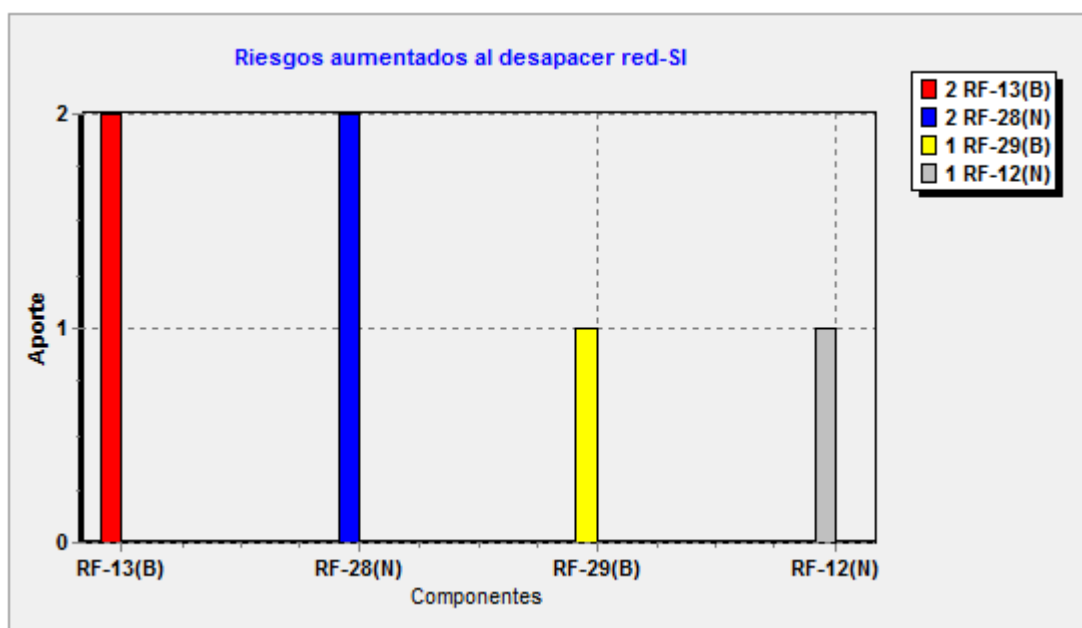
En la figura 2 se observa que la barrera B-03, levantamiento radiológico inicial de las diferentes áreas del departamento de MN, y la B-01, revisión independiente del proyecto a partir de las regulaciones de seguridad aplicables, afectan a 5 secuencias, cuyo riesgo aumenta al desaparecer, y le sigue la B-04(N) con un incremento de 4. La B-04(N) es la inspección de los trabajos de construcción civil y montaje de equipos antes de iniciarse los trabajos del servicio de MN. Este último caso es importante, ya que podría descartarse por su participación porcentual (6,3 %). Se observa que se trata de barreras que hay que conservar de manera prioritaria.



**Fig. 2-** Secuencias accidentales que incrementan su nivel de riesgo al ser eliminadas las barreras (B) (eje y). Número y robustez de cada barrera (eje x): robustez normal (N) y blanda (B)

En el análisis realizado se encontró además que el RF-12 (N), carga de trabajo moderada, tiene una participación porcentual del 28 %, aproximadamente; mientras que RF-01(B), capacitación de los especialistas que asumirán las revisiones del proyecto, y RF-13(B), capacitación del (los) médico(s) nuclear(es) en los aspectos relacionados con los tratamientos de MN, poseen el 11 % y 10 %, respectivamente.

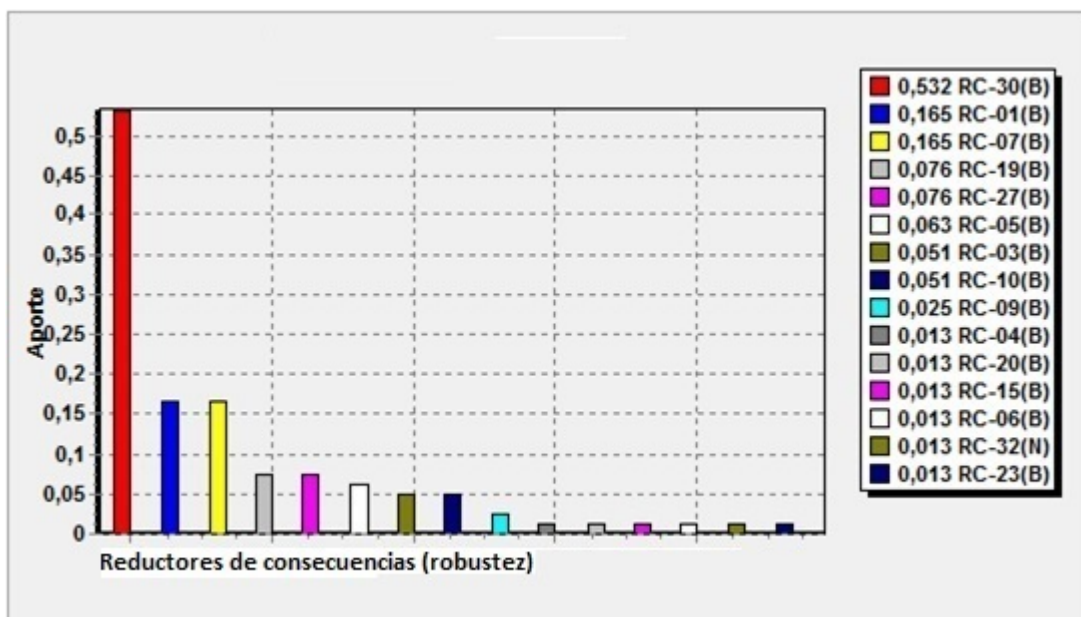
En la figura 3 se aprecia que al eliminar los RF, los más importantes son RF-13(B) y RF-28(N), existencia de protocolos para la realización de los tratamientos de MN con 2 secuencias que incrementan su nivel de riesgo, cada uno.



**Fig. 3-** Secuencias accidentales que incrementan su nivel de riesgo al ser eliminados los reductores de frecuencias (RF) (eje y). Número y robustez de cada reductor de frecuencia (eje x): robustez normal (N) y blanda (B).

En la figura 4 se evidencia que los reductores de consecuencias más importantes por su participación porcentual son el RC-30, análisis de lecciones aprendidas de incidentes radiológicos con el 53 % y el RC-01(B), levantamiento radiológico periódico de las áreas del servicio de MN, y el RC-07(B), procedimiento de emergencia para reducir la dosis en órganos críticos en casos de administración errónea de radiofármacos, con el 16,5 %. Dada la baja robustez de los reductores de consecuencias (poco efecto en el control del riesgo) no aparece un perfil representativo que los caracterice por su desaparición.





**Fig. 4.** Fracción total de secuencias accidentales en las que participan los reductores de consecuencias (RC) que contribuyen al nivel de riesgo (eje y). Número y robustez de cada RC (eje x): robustez normal (N) y blanda (B).

Otro resultado importante fue que del total de secuencias accidentales analizadas, 8 corresponden a fallas de equipos. Los 157 restantes se deben al factor humano, lo cual implica el 88 % de contribución de esta causa a los sucesos radiológicos evaluados.

## DISCUSIÓN

La evaluación del riesgo se presenta como requisito indispensable en el logro de la excelencia en los servicios de medicina nuclear de nuestro país. <sup>(16,20)</sup>

El presente trabajo se ha realizado dentro de los esfuerzos de cooperación científico-técnica entre el Centro de Isótopos y el Instituto de Hematología e Inmunología (IHI) y ha permitido evaluar la seguridad de las prácticas de MNTC de radiosinoviortesis en la artropatía hemofílica y el tratamiento mielosupresor de la PV con Fósforo-32 mediante la aplicación de un enfoque integral que permite optimizar la toma de decisiones para la mejora de estas prácticas.

En ambas existe aproximadamente 17 % de riesgo alto, lo cual corresponde a 11 secuencias accidentales, las que se logran eliminar con medidas adicionales a las inicialmente concebidas. Resta entonces casi el 68 % del riesgo tolerable o de nivel medio. La etapa más contribuyente al riesgo es la administración del radiofármaco, por aportar las mayores cantidades de riesgos altos y de riesgos totales. Resulta de vital importancia trabajar por reducir los posibles errores humanos, pues contribuyen como causa al 88 % de los sucesos radiológicos potenciales.

Las defensas identificadas para eliminar el riesgo alto deben tener carácter permanente en el plan de mejora de la seguridad y calidad (PMSC) del servicio de medicina nuclear, ya que dicho nivel de riesgo implica la ocurrencia inminente de un incidente con consecuencias muy graves, lo cual es inaceptable. El PMSC deberá incluir la vigilancia o supervisión de las defensas de los riesgos medios con consecuencias muy altas, para mantener su control.

La RSV y el tratamiento mielosupresor de la PV con Fósforo-32 se han aplicado con éxito en el IHI; sin embargo, el análisis riesgo realizado evidencia que pueden ejecutarse acciones para perfeccionarlas. La investigación ejecutada, primera realizada en nuestro país a estas prácticas, permite identificar dónde focalizar los esfuerzos para la mejora de estos procedimientos y facilita la toma de decisiones para alcanzar su mejor desempeño.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Buitrago AQ, Pardo CE, Cañón M. Radiosinoviotesis: Opción Terapéutica Actual En Sinovitis Crónica. Rev Médica Sanitas. 2014;17(3):143-9.
2. Querol Giner MM. Opciones Terapéuticas en la Sinovitis en Pacientes Afectos de Hemofilia: Sinoviotesis. Tesis Doctoral. Valencia: Universitat de Valencia; 2016.
3. Rodriguez-Merchan EC, Liddle AD. Pathogenesis and treatment options for hemophilic synovitis. Exp Opin Orphan Drugs. 2017;5(2):173-9. DOI: 10.1080/21678707.2017.1279050.
4. Atilgan HI, Sadic M, Koca G, Korkmaz M. Radiosynovectomy: Current Status and Clinical Utility. Internat J Health Sci Res. 2016;6(5):324-36.

5. Prasanna TY, Jagdish M, Nataraj AR, Dhanapathi H, Harshith K. Short-term clinico-radiological outcome of chronic knee synovitis among haemophilia A patients post phosphorus-32 radiosynoviorthesis: Single group prospective study. *J Orthop Surg.* 2017;25(1):1-6. DOI: 10.1177/2309499016684500.
6. Cruz Arencibia J, Cruz Morales A, Izquierdo Pérez J and Morín Zorrilla J. Criterios de calidad de dispersiones radiactivas en radiosinovectomía. *Nucleus.* 2017;62:34-7.
7. Besses C, Cervantes F. Sociedad Española de Hematología y Hemoterapia, Manual de Recomendaciones en Neoplasias Mieloproliferativas Crónicas Filadelfia Negativas, Barcelona, España, 2014.
8. Nagalla S, Krishnan K. Polycythemia Vera Treatment & Management. Updated: Jun 01, 2018 Disponible en <https://emedicine.medscape.com/article/205114-treatment>. [citado 10 Oct Ene 2018].
9. Delgado Fernández N, Fundora Sarraff T, Roldán Milanés MT. Fósforo 32. Experiencia de 30 años en la policitemia vera. *Rev Cubana Hematol Inmunol Hemoter.* [Internet]. 2003 [citado 10 Oct 2018];19(2-3). Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0864-02892003000200013&lng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-02892003000200013&lng=es).
10. Organismo Internacional de Energía Atómica. Aplicación de la Matriz de Riesgo a la Radioterapia. IAEA-TECDOC 1685/S, Viena, Austria; 2012.
11. Duménigo C, López Morones R, Ramírez M, Papadóulos S, McDonnell J, Morales López J, et al. Metodología de Matrices de Riesgo. Actualización de la Misma Basada en las Experiencias en su Aplicación. XI Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear Congreso Regional IRPA Cultura de Seguridad: un compromiso compartido? La Habana, Cuba, 16 al 20 de abril de 2018. CD 9789597231066.
12. Duménigo C, Guerrero M, Cruz Y, Soler K. Evaluaciones de seguridad de la práctica de Medicina Nuclear utilizando el método de matrices de riesgo, IX Congreso Latinoamericano del IRPA, Río de Janeiro, Brasil, 2013. Disponible en: <http://www.sbpr.org.br/irpa13/AnaisdoIRPA2013/>. [citado 10 Oct Ene 2018].
13. Amador Balbona ZH, Torres Valle A. Uso del Código SECURE-MR-FMEA para el Análisis de Riesgo Radiológico en Medicina Nuclear Terapéutica Convencional. *J. Health Med Sci* 2018;4(3):173-81.

14. Torres MB, Ayra E, Albuérne O y Montano MA. Absorbed dose profiles for  $^{32}\text{P}$ ,  $^{90}\text{Y}$ ,  $^{188}\text{Re}$ ,  $^{177}\text{Lu}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{153}\text{Sm}$  and  $^{169}\text{Er}$ : radionuclides used in radiosynoviortheses treatment. Rev Española Med Nucl. 2014; 28:188–92.
15. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Reglamento sobre Notificación y Autorización de Prácticas y Actividades Asociadas al Empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes. Resolución 334/2011, La Habana, 2012. Disponible en: [www.orsen.co.cu](http://www.orsen.co.cu). [citado 10 Oct Ene 2018].
16. Centro Nacional de Seguridad Nuclear. Guía Evaluación de Seguridad de Prácticas y Actividades Asociadas al Empleo de Fuentes de Radiaciones Ionizantes. Resolución Nro. 17/2012-CITMA, Revisión 00/12, La Habana, Cuba, 2012. Disponible en: [www.orsen.co.cu](http://www.orsen.co.cu). [citado 10 Oct Ene 2018].
17. Oficina Nacional de Normalización, Sistemas de Gestión de la Calidad. Requisitos, NC ISO 9001, La Habana, Cuba, 2015. Disponible en: <http://www.nc.cubaindustria.cu>. [citado 10 Oct Ene 2018].
18. International Standard Organization, ISO 31000: Risk management-Guidelines, Second Edition 2018-02, 2018. Disponible en: <http://www.nc.cubaindustria.cu>. [citado 10 Oct Ene 2018].
19. Organismo Internacional de Energía Atómica. Protección Radiológica y Seguridad de las Fuentes de Radiación. Normas Básicas Internacionales de Seguridad. Requisitos de Seguridad Generales, Parte 3, N° GSR Part 3, Viena, Austria, 2016. Disponible en: <https://www.iaea.org/publications>. [citado 10 Oct Ene 2018].
20. Centro Nacional de Seguridad Nuclear, Guía de seguridad para la práctica de Medicina Nuclear, Resolución Nro.40/2011, Rev.01/11, La Habana, 2011, Disponible en: [www.orsen.co.cu](http://www.orsen.co.cu). [citado 10 Oct Ene 2018].
21. Ahmad I, Nisar H. Dosimetry perspectives in radiation synovectomy, Phys Med. 2018;47:64–72. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2018.02.015>. [citado 10 Oct Ene 2018].
22. O'Brien J, Thomson WH, Croasdale J. Radiation Protection Aspects of Radiation Synovectomy Procedures, RAD Magazine 2016; 41(483):15-17. [citado 10 Oct Ene 2018].

23. Torres Valle A, Manual de Usuario SECURE-MR-FMEA 3.0, Programa de análisis de riesgo basado en matriz de riesgo y FMEA, La Habana, Cuba, 2017.
24. Marcin Chojnowski M, Płazińska MT, Sławomir Chojnowski M, Królicki L. Beta burns following radionuclide synovectomy. *Reumatol.* 2018;56(3):184–9. Disponible en: <https://doi.org/10.5114/reum.2018.76905>. [citado 10 Oct Ene 2018].
25. Oztürk H, Oztemür Z, Bulut O. Treatment of skin necrosis after radiation synovectomy with yttrium-90: a case report. *Rheumatol Int.* 2008;28(10):1067-8.
26. Kampen WU, Matis E, Czech N, Soti Z, Gratz S, Henze E. Serious complications after radiosynoviorthesis. Survey on frequency and treatment modalities. *Nuklearmedizin.* 2006;45(6):262-8.
27. García Colmenero L, Martín-Ezquerro G, Monfort J, Pujol RM. Persistent cutaneous ulcers after Yttrium-90 synovectomy, an unusual complication: two case reports and a review of the literature. *Int Wound J* 2016;14(3):508-11. doi: 10.1111/iwj.12636.
28. Skversky N, Mendell TH. Polycythemia vera terminating in acute leukemia, Downloaded from: <http://archinte.jamanetwork.com/> by a University of Calgary User on 05/24/2015. [citado 10 Oct Ene 2018].
29. Falchi L, Newberry KJ, Verstovsek S. New Therapeutic Approaches in Polycythemia Vera. *Clin Lymphoma Myeloma Leuk.* 2015;15(S1): S27-33.

#### **Conflicto de interés**

Los autores no declaran conflicto de interés.

#### **Contribución de autoría**

*Ing. Zayda Amador Balbona:* realizó aportaciones importantes a la idea de concebir el artículo y al modelo de análisis de riesgo en medicina nuclear terapéutica, contribuyó a postular los sucesos radiológicos potenciales que contemplan errores humanos y fallas del equipamiento, realizó el análisis del riesgo radiológico en las dos prácticas de medicina nuclear terapéutica, redactó el borrador del artículo, realizó la revisión crítica de su contenido intelectual y la aprobación final de la versión que va a publicarse.

*Ing. Antonio Torres Valle:* Hizo aportaciones importantes con el código cubano SECURE-MR-FMEA versión 3.0, a la idea de concebir el artículo, la revisión crítica de su contenido intelectual del borrador y la aprobación final de la versión que va a publicarse.

*Ing. Teresa Alejandra Fundora Sarraff:* Hizo aportaciones importantes en el trabajo con las prácticas de medicina nuclear terapéutica a las que se les hizo el análisis del riesgo radiológico, contribuyó a postular los sucesos radiológicos potenciales que contemplan errores humanos y fallas del equipamiento, la revisión crítica del contenido intelectual del borrador, la corrección y aprobación de la versión final que va a publicarse.