



Robustez de la cobertura de los equipos de megavoltaje en radioterapia

Robustness of the coverage of megavoltage equipment in radiotherapy.

Robustez da cobertura de equipamentos de megavoltagem em radioterapia.

 <https://doi.org/10.35954/SM2025.44.1.2.e301>

Gustavo Píriz ^a  <https://orcid.org/0000-0001-5922-308X>

Germán Huertas ^b  <https://orcid.org/0009-0004-7555-4013>

Yolma Banguero ^c  <https://orcid.org/0000-0003-0791-3876>

Alvaro Joaquín Luongo Céspedes ^d  <https://orcid.org/0009-0007-5780-0067>

(a,b,c) Clínica Doctores Leborgne. Montevideo, Uruguay.

(c) Universidad de la República, Facultad de Ciencias, Centro de Investigaciones Nucleares. Montevideo, Uruguay.

(d) Consultorio de Oncología y Radioterapia (COR). Montevideo, Uruguay.

Cómo citar este artículo / Citation this article / Como citar este artigo

Píriz G, Huertas G, Banguero Y, Luongo Céspedes AJ. Robustez de la cobertura de los equipos de megavoltaje en radioterapia. Salud Mil [Internet]. 13 de febrero de 2025 [citado DD de MM de AAAA]; 44(1):e301.

Disponible en: <https://revistasaludmilitar.uy/ojs/index.php/Rsm/article/view/444>. DOI: 10.35954/SM2025.44.1.2.e301.

RESUMEN

Introducción: el número de equipos por cantidad de habitantes es un indicador usado para evaluar la cobertura de tratamientos de radioterapia. Los niveles de cobertura recomendados son varios, el Organismo Internacional de Energía Atómica recomienda 1 equipo cada 250.000 habitantes. En el 2024 en Uruguay se limita la edad de los equipos utilizables con una norma y en este trabajo analizamos la pérdida de cobertura al aplicar tal filosofía.

Metodología: se analizaron las coberturas de Europa, América Latina y Uruguay. Los datos de los equipos son del Organismo Internacional de Energía Atómica, su edad fue asignada a la mitad del rango representado. Los equipos presentados sin edad se asignaron manteniendo el espectro de edades. Se evalúa el impacto de 3 límites de uso: 10, 15 y 30 años. Se comparan las coberturas de las distintas regiones de América, Europa Occidental y Uruguay.

Resultados: la pérdida de cobertura de América y Europa depende de la edad de corte, pasando de una edad no controlada a una limitada por 15 años (equipo/habitantes): Europa pasa de 1 cada 158.000 a 240.000, América Latina de 1 cada 582.000 a 1.300.000, Uruguay de 1 cada 219.000 a 389.000.

Discusión: con una fecha de corte de 15 años la cobertura en Uruguay pasa casi a la mitad de la actual, que cumple con la recomendación del Organismo Internacional de Energía Atómica. La repercusión en la cobertura de incluir un límite de edad en los equipos de megavoltaje no puede ser asimilada por Uruguay.

PALABRAS CLAVE: Aceleradores de Partículas; Neoplasias; Radiación Ionizante; Radioisótopos de Cobalto; Radioterapia; Salud Pública.

Recibido para evaluación: octubre 2024.

Aceptado para publicación: diciembre 2024.

Correspondencia: Héctor Gutiérrez Ruiz 1210, C.P. 11100. Tel.: (+598) 097212868. Montevideo, Uruguay.

E-mail de contacto: gpiriz@clinicaleborgne.com

ABSTRACT

Introduction: The number of equipment per number of inhabitants is an indicator used to evaluate the coverage of radiotherapy treatments. The International Atomic Energy Agency recommends 1 equipment per 250,000 inhabitants. In 2024 in Uruguay the age of usable equipment will be limited by a standard and in this work we analyze the loss of coverage when applying such a philosophy.

Methodology: Coverage in Europe, Latin America and Uruguay was analyzed. The data of the equipment are from the International Atomic Energy Agency, their age was assigned to the middle of the range represented. The equipment presented without age was assigned maintaining the age spectrum. The impact of 3 limits of use is evaluated: 10, 15 and 30 years. Coverage of the different regions of the Americas, Western Europe and Uruguay are compared.

Results: The loss of coverage in America and Europe depends on the cut-off age, going from an uncontrolled age to one limited by 15 years (equipment/inhabitants): Europe from 1 in 158,000 to 240,000, Latin America from 1 in 582,000 to 1,300,000, Uruguay from 1 in 219,000 to 389,000.

Discussion: With a cut-off date of 15 years, the coverage in Uruguay is almost half of the current one, which complies with the recommendation of the International Atomic Energy Agency. The impact on coverage of including an age limit in megavoltage equipment cannot be assimilated by Uruguay.

KEYWORDS: Particle Accelerators; Neoplasms; Radiation, Ionizing; Cobalt Radioisotopes; Radiotherapy; Public Health.

RESUMO

Introdução: O número de equipes por número de habitantes é um indicador usado para avaliar a cobertura do tratamento de radioterapia. A Agência Internacional de Energia Atômica recomenda 1 equipamento para cada 250.000 habitantes. Em 2024, no Uruguai, a idade dos equipamentos utilizáveis será limitada por uma norma e, neste artigo, analisamos a perda de cobertura ao aplicar essa filosofia.

Metodologia: Foi analisada a cobertura na Europa, na América Latina e no Uruguai. Os dados dos equipamentos são da Agência Internacional de Energia Atômica, sua idade foi atribuída ao meio da faixa representada. Os equipamentos apresentados sem idade foram atribuídos mantendo o espectro de idade. O impacto de três limites de uso foi avaliado: 10, 15 e 30 anos. A cobertura é comparada para as diferentes regiões das Américas, Europa Ocidental e Uruguai.

Resultados: A perda de cobertura nas Américas e na Europa depende da idade de corte, passando de uma idade sem controle para uma limitada em 15 anos (equipamento/habitante): Europa de 1 em 158.000 para 240.000, América Latina de 1 em 582.000 para 1.300.000, Uruguai de 1 em 219.000 para 389.000.

Discussão: Com uma data de corte de 15 anos, a cobertura no Uruguai é quase a metade da cobertura atual, o que está em conformidade com a recomendação da Agência Internacional de Energia Atômica. O impacto na cobertura da inclusão de um limite de idade para equipamentos de megavoltagem não pode ser assimilado pelo Uruguai.

PALAVRAS-CHAVE: Aceleradores de Partículas; Neoplasias; Radiação Ionizante; Radioisótopos de Cobalto; Radioterapia; Saúde Pública.



INTRODUCCIÓN

La radioterapia es una de las técnicas de tratamiento que es utilizada para abordar el cáncer junto con la cirugía y la quimioterapia, aproximadamente el 50% de los pacientes de cáncer tendrán necesidad de radioterapia durante el transcurso de su enfermedad (1).

La cobertura de los pacientes con cáncer está asociada al número de equipos de megavoltaje por cantidad de habitantes, en Uruguay los equipos de megavoltaje son todos aceleradores lineales, pero dado que el análisis se realizará con países con equipos más antiguos utilizaremos como medida los equipos de megavoltaje en general incluyendo los equipos de teleterapia con Cobalto 60.

El presente es un estudio estadístico de cobertura del acceso de la población latinoamericana y europea a los tratamientos de radioterapia, poniendo el énfasis en la situación de Uruguay. El presente trabajo se basa en estadísticas mundiales con las que se evalúa la cobertura y la edad de los equipos de megavoltaje (2).

Existen varios trabajos a nivel internacional para cuantificar los niveles óptimos de acceso a los equipos (3,4), también hay publicaciones que consideran la relación del acceso a radioterapia con el Producto Bruto Interno (PBI) per cápita del país (5).

En el 2020 en la página web del periódico El Observador (6) se presentaron las edades de los equipos de radioterapia de Uruguay y explica que “El Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) estableció en su manual práctico de 2010 que la vida útil de los equipos no puede superar la década, aunque hay otras publicaciones que conceden que ese límite puede marcarse hasta los 12 años”.

Se ha publicado en la prensa escrita de Uruguay (6) una visión de la cobertura y la edad de los equipos no comparada con el resto del mundo. Por esta razón se coteja con distintas regiones del globo. Dado que en el 2024 se puso una norma para limitar la edad de uso de los equipos (7), es necesario conocer la realidad local, la de los países desarrollados y el impacto que estas medidas tendrían.

En Uruguay la Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección (ARNR) aprobó la norma UY123 en diciembre del año 2023 (7) donde se incluye un artículo en el que se limita el uso de los equipos de tratamiento de radioterapia: Artículo 68. *“Los equipos no se podrán usar en tratamientos más allá de la fecha del fin de soporte y/o vida útil determinada por el fabricante”* (7,8).

En la versión 3 de la norma UY123 del 20 de mayo del 2024 (8) que está vigente, se incluyen disposiciones transitorias que contemplan la continuación de su uso si existe un plan de reemplazo.

Uno de los objetivos del presente trabajo es dar una herramienta para evaluar la situación actual de la especialidad de la radioterapia a nivel mundial para poder proyectar políticas fundamentadas con datos.

Colaborar dando herramientas para desarrollar estrategias de mejoras en la cobertura de los tratamientos de radioterapia asegurando listas de espera menores. Herramientas que permiten evaluar la estabilidad del sistema ante problemas de rupturas y otros.

Se analiza el impacto que tendría en la pérdida de cobertura poner en normas la limitación de la edad de los equipos.

REVISIÓN DE LITERATURA

El Organismo Internacional de Energía Atómica recomienda 1 equipo cada 250.000 habitantes (5), en tal trabajo también se analiza el acceso a los tratamientos de radioterapia dependiendo su PBI.

Thomas en el 2003 realiza un análisis de listas de espera en radioterapia (4) en el que evalúa qué tan ocupados deben estar los equipos, la incidencia de los feriados para cumplir con las listas de espera en el Reino Unido, y la cantidad de equipos por millón de habitantes necesarios para poder brindar tratamiento rápidamente sin generar listas de espera inabarcables para pacientes que necesiten iniciar su tratamiento en 2 semanas o menos desde el momento del diagnóstico, se obtiene que en vez de 4 aceleradores por millón de habitantes son necesarios 8.

Se ha estudiado también por The Royal College of Radiologists quienes analizan el número de equipos que hay en funcionamiento, y cómo hacer los reemplazos (3).

Raman y colaboradores analizaron en el año 2022 la capacidad de un centro de radioterapia de soportar cargas variables como las sucedidas durante la pandemia de COVID-19 (9), estas cargas extras llevan a la necesidad de tener un mayor número de equipos.

METODOLOGÍA

Para obtener la edad y el número de los equipos se ha restringido el estudio a los datos de la plataforma Directory of Radiotherapy Centres (DIRAC) de la OIEA (2), que fueron actualizados en el año 2023; para obtener la población de los países se utilizó la página COUNTRYMETERS (10) y se limitó la búsqueda al dato de población en el 2023 de cada país analizado.

Las zonas geográficas están restringidas a los países incluidos en los mapas de la OIEA que tienen equipos de megavoltaje. Las zonas de América Latina son divididas por la OIEA en: México y América Central, Caribe, América del Sur tropical, América del Sur templada (cono sur). También se utilizaron regiones más grandes como: América del Sur y el Caribe y Europa Occidental. Asimismo, se evaluaron países individuales: Uruguay, Argentina, Italia y República Checa. Las edades presentadas en DIRAC son en los siguientes intervalos de años (0 a 5), (5 a 10), (10 a 15), (15 a 20), (20 a 30), (30 a 40), (40 a 50) y (mayor a 50), las edades fueron asignadas a la mitad del rango que representan (a modo de ejemplo, un equipo de 14 años entra en el rango de 10-15 años y se representa su edad como de 12.5 años que es la mitad del rango) y a los equipos con antigüedad mayor a 50 años se asignó el valor representativo de 55 años. Para los equipos que se indican sin su edad se consideró que mantenían el mismo espectro de edades que el resto de equipos de la muestra del país o región.

Los datos de Uruguay fueron entregados por la Autoridad Reguladora Nacional en Radioprotección (ARNR) al periódico El Observador para la fecha 2021 (6).

Los datos del 2024 son de los equipos que continúan desde el 2021 y los equipos nuevos instalados en octubre del 2024.

Se presenta cuál es el número de equipos por habitantes y cuál sería si se dejaran de usar a los 30, 15 o 10 años. Se evalúa el impacto de la Norma Uruguaya (7,8) donde se consideran las fechas finales de uso de los equipos.

Se comparan las coberturas de las distintas regiones de América y de Europa, y cómo serían afectadas por limitaciones de edad de los equipos. Se evalúa la situación de Uruguay respecto a estas regiones.



RESULTADOS

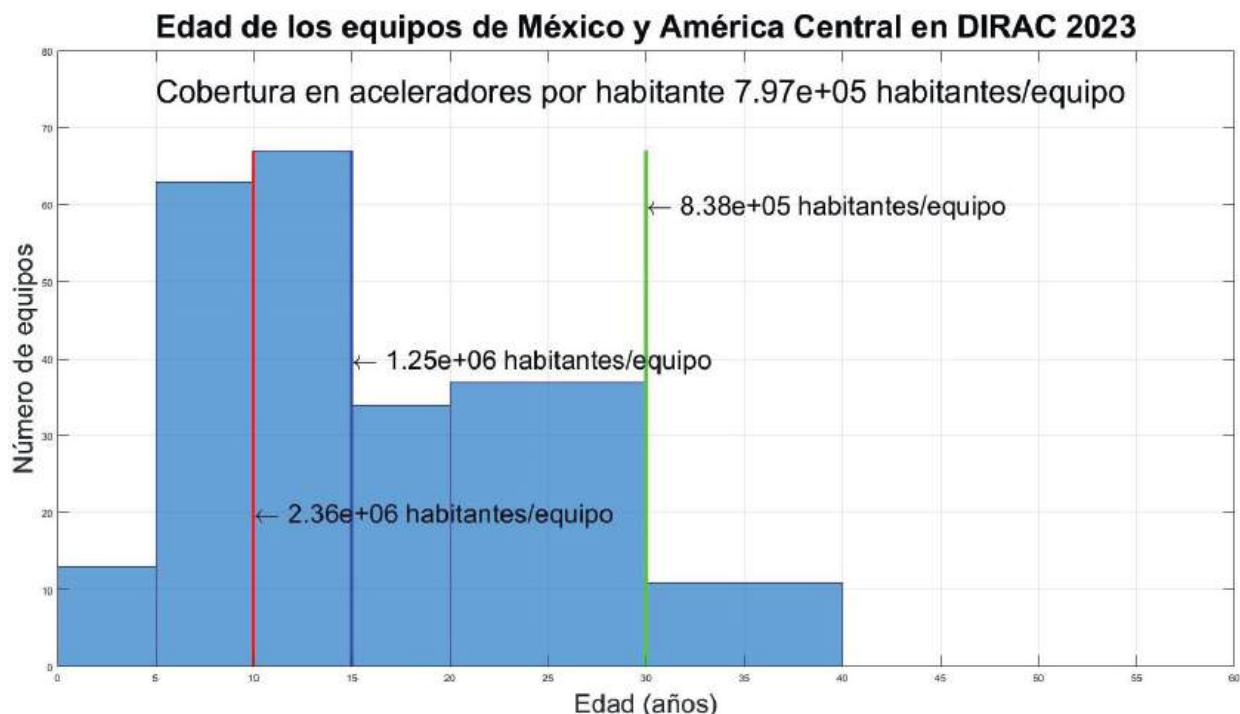


Figura 1A. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para México y América Central.

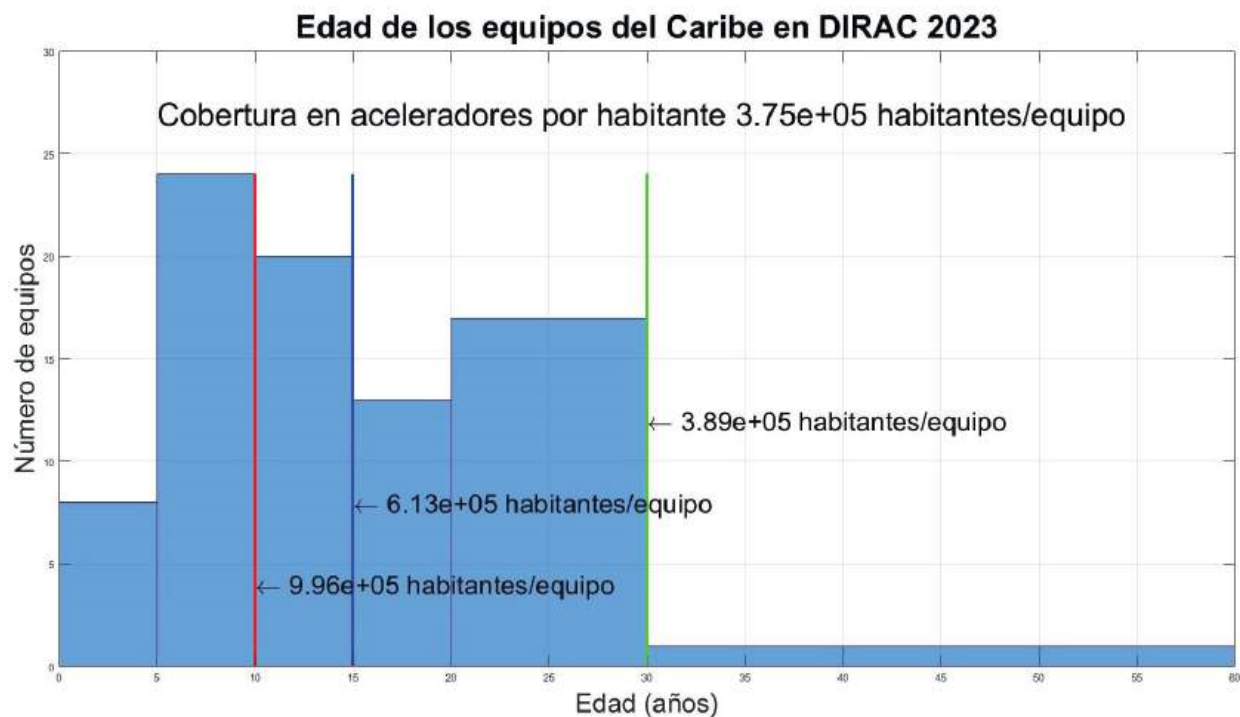


Figura 1B. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para Caribe.

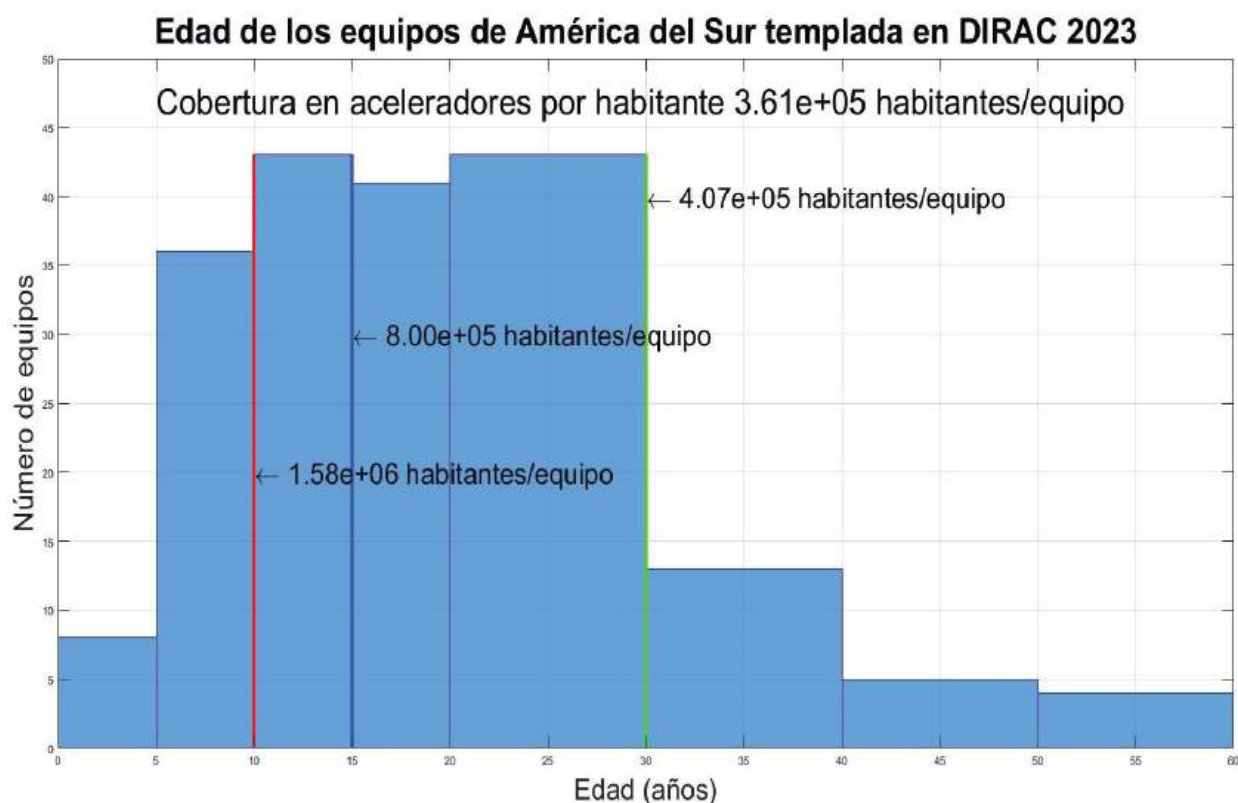


Figura 1C. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para América del Sur templada.

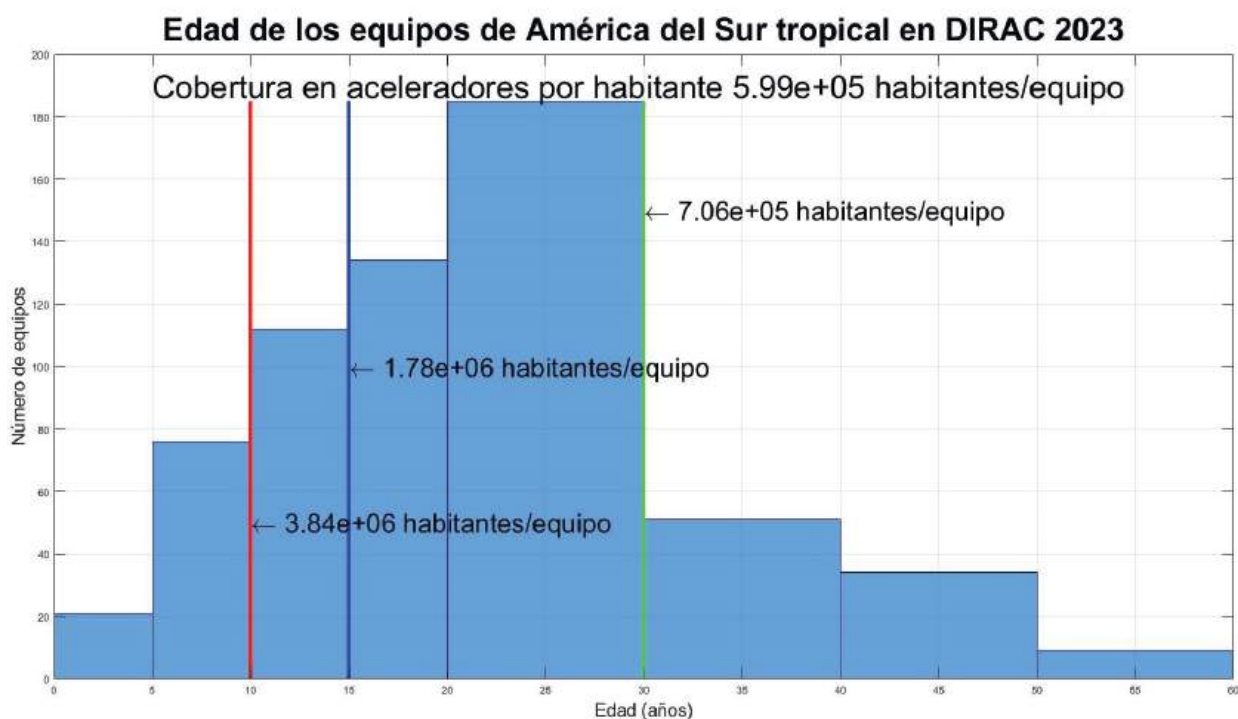


Figura 1D. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte América del Sur tropical.

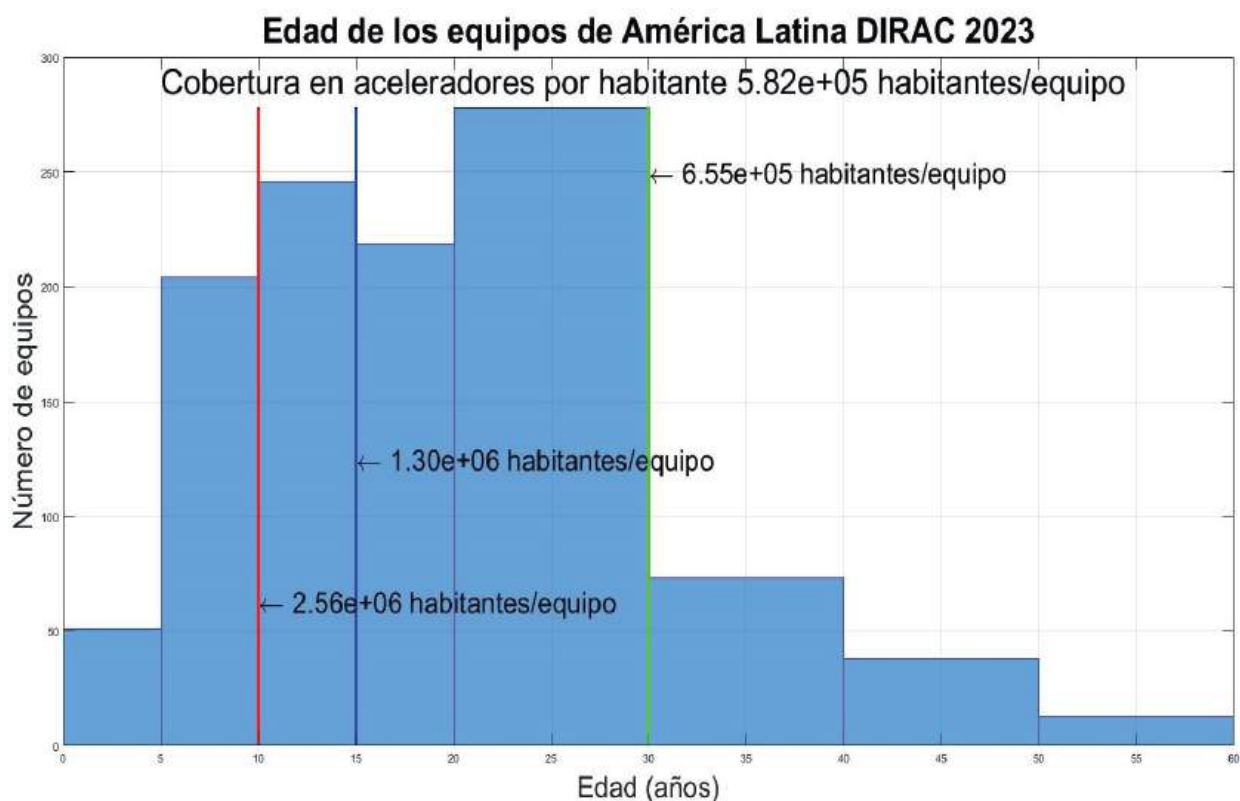


Figura 2A. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para América Latina.

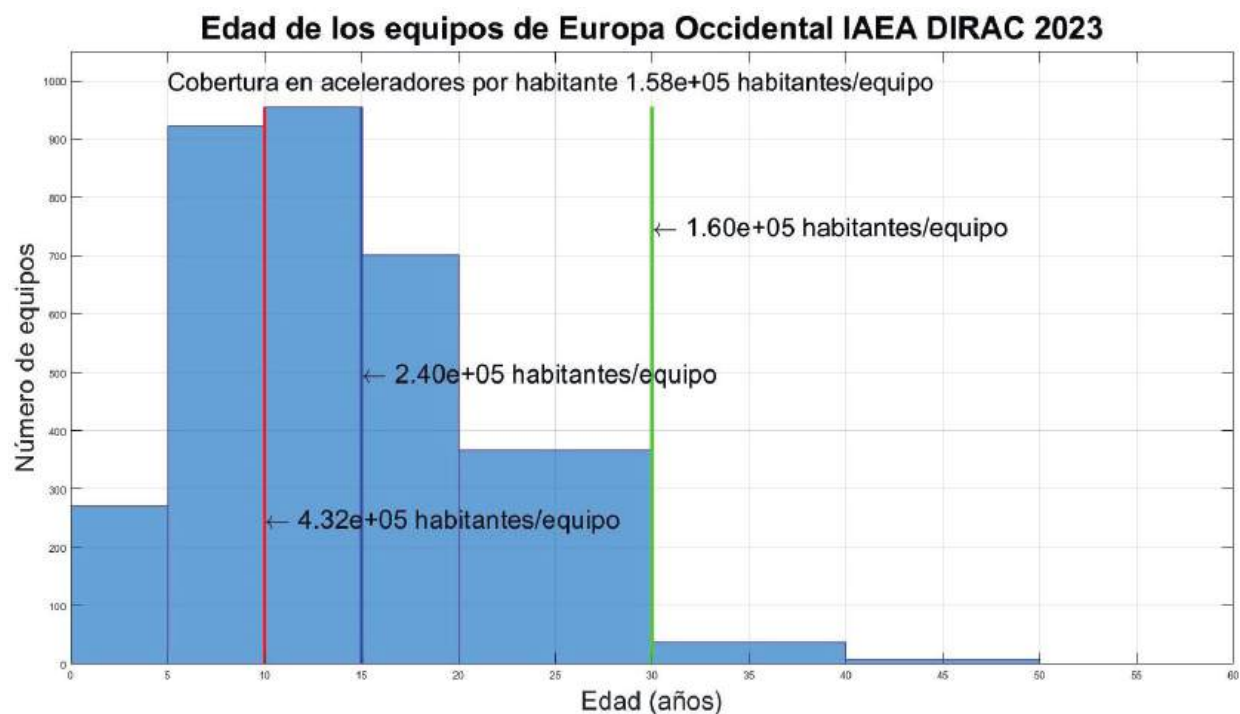


Figura 2B. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para Europa Occidental.

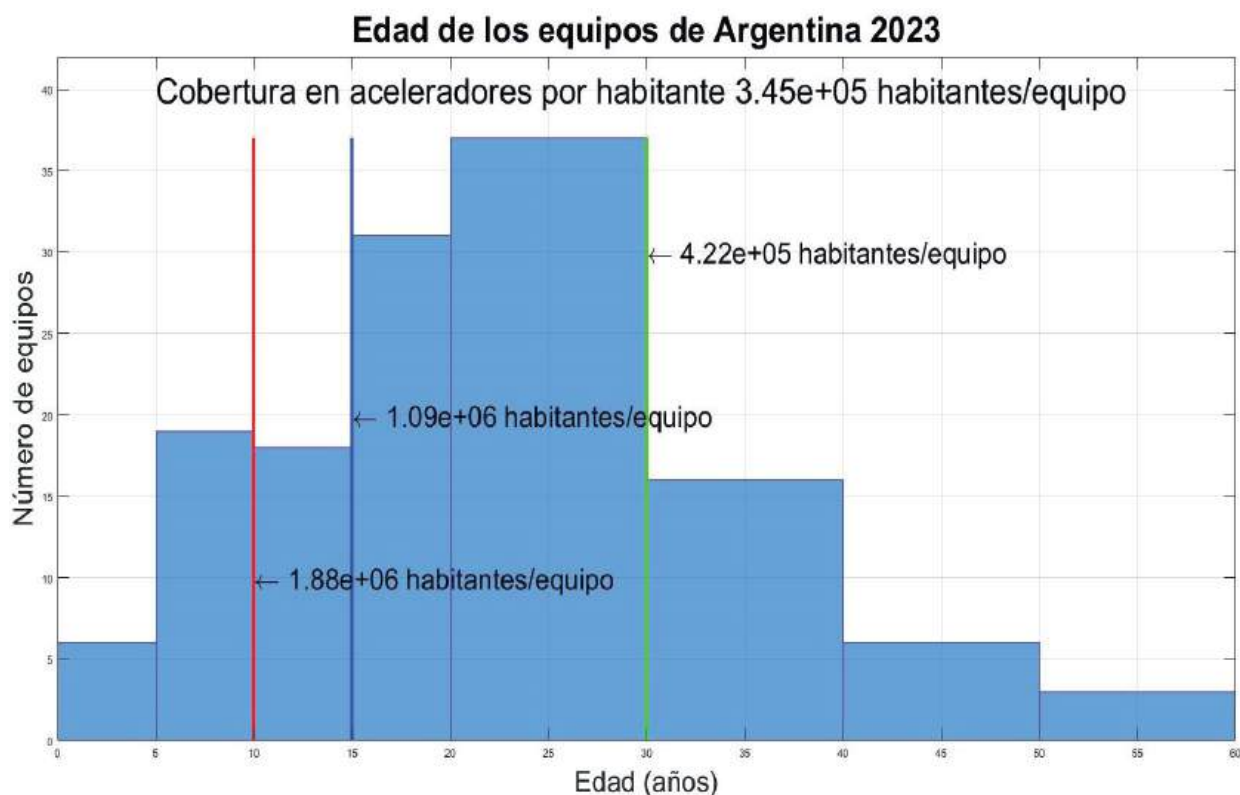


Figura 3A. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para Argentina.



Figura 3B. Cantidad y distribución de edades de los equipos de radioterapia según plataforma DIRAC, junto con la cantidad de habitantes por equipo por edad de corte para Uruguay.

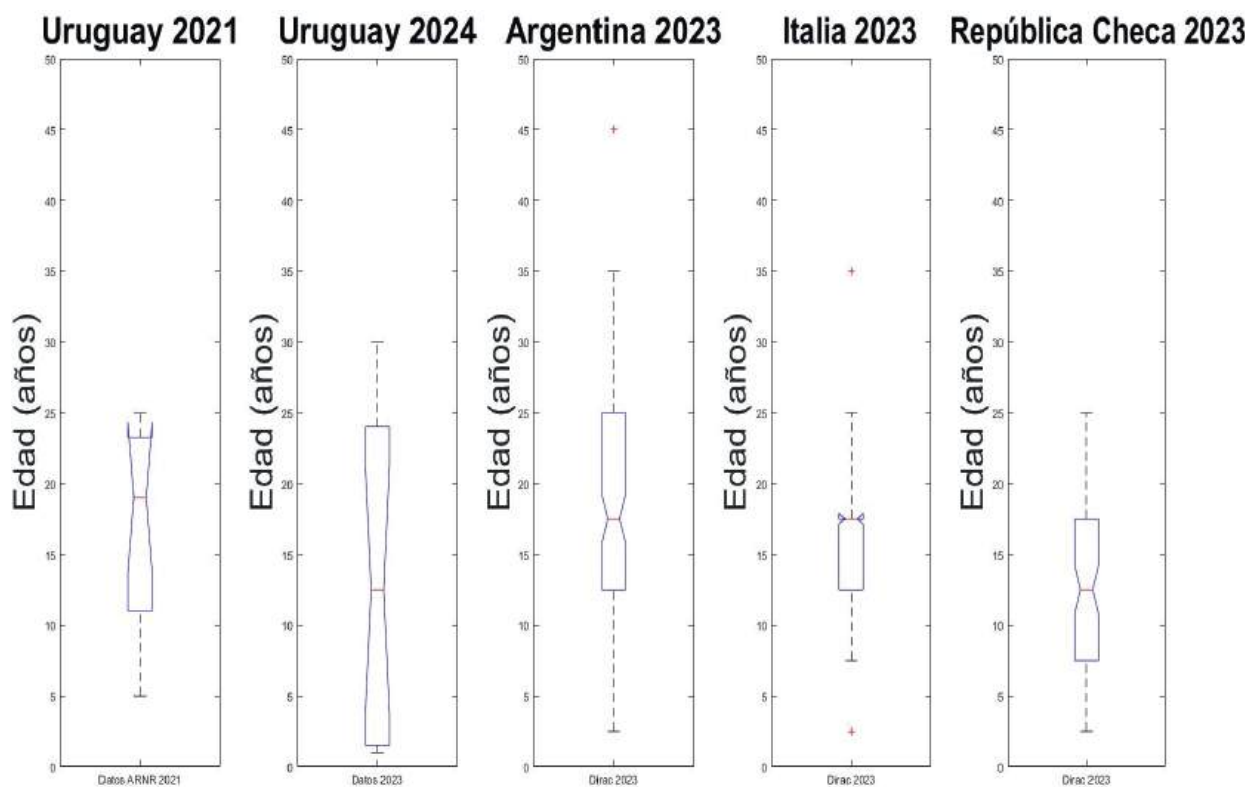


Figura 4. Distribución de edades de los equipos en Uruguay en 2021 y 2024 , Argentina 2023, Italia 2023 y República Checa 2023.

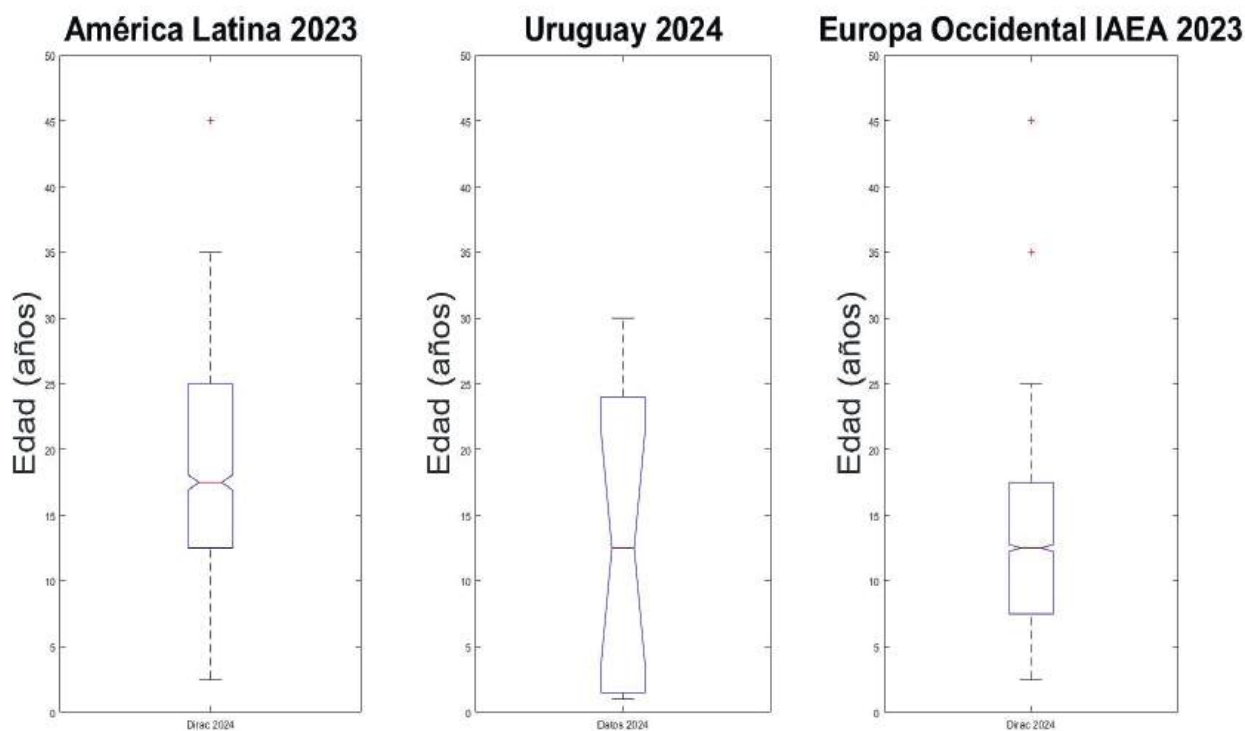


Figura 5. Distribución y edad de los equipos en América Latina, Uruguay y Europa Occidental.

DISCUSIÓN

Evaluando la figura 1 se observa que dentro de las regiones de América Latina no hay ninguna que como conjunto alcance la recomendación de cobertura de la OIEA de 1 equipo cada 250 mil habitantes.

Como se puede ver en la figura 2 tampoco se alcanza en América Latina en su conjunto, pero sí se logra en Europa Occidental. Extendiendo el análisis a la edad de corte de los equipos, si en América Latina se aplicara cualquier tipo de restricción etaria a la utilización de los equipos se alejaría aún más de la recomendación y por tanto disminuiría la cobertura poblacional y aumentarían las listas de espera. En Europa Occidental se mantendría la recomendación incluso realizando un corte a la edad de 15 años, lo que podría ser un reflejo de la capacidad económica de la región a la hora de conseguir equipos tanto para agregar (aumentar la cobertura) como para renovar o sustituir (mantener cobertura).

Si evaluamos la situación de América Latina y Europa Occidental desde el punto de vista de la cobertura en función de la capacidad económica claramente América Latina está muy por detrás tanto en cobertura (cantidad de habitantes por equipo de radioterapia) como en edad (capacidad de renovación).

Sin embargo, si en vez de evaluar por regiones se evaluara por países individuales (figura 3) se ve que Uruguay alcanza la recomendación de OIEA teniendo en consideración todos sus equipos de radioterapia y así queda cerca del límite aplicando una restricción de 30 años a los equipos. Ya manejando cotas más restrictivas de 10 o 15 años como plantea la norma uruguaya UY123 se estaría muy lejos de cumplir la recomendación y se tendría una cobertura equiparable al resto de América Latina. Paralelamente en la figura 3 también se presenta el caso de Argentina, para relacionar con un país limítrofe, y se observa que

la cobertura y el perfil de edades de los equipos es equiparable a las regiones de América Latina analizadas en la figura 1, por lo cual se desprende por comparación que la situación de Uruguay en materia de cobertura es extraordinaria en América Latina siempre y cuando no se apliquen restricciones de edad a los equipos.

La pérdida de cobertura en América y Europa dependerá de la edad de corte de los equipos, pasando de una edad no controlada a una limitada por 15 años, Europa pasa de un equipo para 158 mil habitantes a 1 cada 240 mil habitantes, América Latina pasa de 1 cada 582 mil a 1 cada 1.300.000 habitantes, Uruguay pasa de 1 cada 219 mil a 1 cada 389 mil habitantes. Con una fecha de corte mayor a la generada por la norma UY123 la cobertura de Uruguay pasa casi a la mitad de la actual que es la recomendada por la OIEA.

Siguiendo el mismo razonamiento, si se evalúan las figuras 4 y 5 se observa cómo el perfil de edades de equipos de Uruguay en el año 2024 es entre 5 y 10 años menor a Argentina (como referencia individual local) y es muy parecido a los perfiles de países desarrollados y de altos ingresos como Italia y República Checa (como referencias individuales europeas). Este razonamiento se extiende también al caso de comparar a Uruguay con América Latina y Europa Occidental en su conjunto, donde Uruguay tiene un perfil más cercano a Europa que a América.

Nos hemos planteado tres preguntas:

¿La edad de los equipos está correlacionada con los ingresos de los pacientes?

Es un análisis no realizable a una escala personalizada pues implicaría verificar la situación socioeconómica de cada paciente y relacionarlo a su tratamiento, pero sí se puede hacer un análisis más general si se toma el ingreso promedio. Uruguay es, dependiendo el estudio, denominado como país de altos ingresos o de ingresos medios



altos. Podemos hacer un paralelismo entre el caso de Uruguay y otros países, por ejemplo, Italia y República Checa (países europeos de ingresos altos) en el que se ve que el perfil de edades de los equipos de radioterapia es muy similar si las evaluamos en cuartiles. Otro paralelismo puede hacerse con el caso de Argentina donde se puede observar entre ambos perfiles que son en forma muy parecidos pero el de Argentina está entre 5 y 10 años más avanzado, por lo que se puede desprender del análisis numérico que posiblemente no se haya podido realizar recambio de equipos dada la actual situación económica.

¿Los pacientes con menos recursos son los más afectados por la pérdida de cobertura?

Como es de esperarse los equipos con menores prestaciones y con más años se encuentran en el sector público, por lo que una imposición de edad máxima de equipos de radioterapia impactaría principalmente en la cobertura del sector público y por ende en los sectores socioeconómicos más vulnerables.

¿La inseguridad normativa ha demorado la actualización de los equipos de radioterapia?

Cabe cuestionar si la imprevisibilidad respecto a la normativa actual ha entorpecido tanto los planes como las negociaciones de actualización tecnológica en radioterapia al haber reglas que se plantean aplicar y a los pocos meses son quitadas de la norma por ser inaplicables. Esto puede demorar el recambio de los equipos y por lo tanto lograr el efecto contrario al planteado en la norma.

Se consideró que todos los equipos de Uruguay están plenamente en uso, algo que actualmente no es así ya que varios equipos están limitados en el horario o en el número de pacientes que pueden tratar.

Se estima que este trabajo indica que la capacidad

del país para tratar pacientes de radioterapia está en el rango de cumplir las recomendaciones de la OIEA, pero puede llevar a listas de espera mayores a las planteadas en los estudios británicos de 2 semanas (4), especialmente ante la eventualidad de roturas o aumentos ocasionales o estacionales de demanda. En función de esto se considera que en ningún caso es justificable la discontinuación de un equipo de radioterapia operativo, y que se debe apuntar a la renovación y al aumento de la cantidad de equipos disponibles para mantener o aumentar la capacidad de tratamiento sin generar perjuicios operativos, valles de atención, ni las consecuentes listas de espera de tratamiento.

Se entiende que un método de transparencia de las listas de espera y los espacios libres en los equipos de radioterapia, a modo de lista anonimizada con patología y tiempo dentro de la lista de espera, permitiría gestionar de mejor manera los tiempos y los recursos, principalmente en el sector público.

La cobertura en Uruguay está en el rango de más de 4 equipos por millón de habitantes, pero menos de 8, lo que implica listas de espera mayores a 2 semanas. Es necesario tener las listas de espera de los distintos centros y la ocupación de los equipos para evidenciar el problema y a partir de ello gestionar mejor los recursos.

CONCLUSIÓN

Incluir en una norma un límite de edad de los equipos de megavoltaje tendría una repercusión en la cobertura de los tratamientos que no puede ser asimilada por Uruguay, la esperanza de vida y la edad promedio van en aumento y por lo tanto también la incidencia del cáncer, en medio de este proceso demográfico no es recomendable en ningún contexto dar de baja equipos de radioterapia funcionales y en los cuales se sustentan los sistemas de salud nacionales para el tratamiento del cáncer.

La cobertura del país es la mejor de América Latina y es cercana a los países de Europa Occidental.

Para seguir manteniendo una cobertura comparable a países europeos y no generar listas de espera desbordantes que afecten severamente la capacidad de tratamiento del cáncer en nuestro país no debe aplicarse ningún tipo de restricción de edad a los equipos y es preciso apuntar a conseguir más o a ir renovando o actualizando progresivamente las prestaciones actuales.

Agradecimientos

A los miembros de la Sociedad Uruguaya de Física Médica que han actualizado la edad de los equipos que actualmente están siendo utilizados en el país.

DECLARACIÓN DE CONFLICTOS DE INTERESES

Los autores no reportan ningún conflicto de interés. El estudio se realizó con recursos propios de los autores y/o la institución a la que representan.

No uso de IA: los autores declaran que no se utilizó Inteligencia Artificial para la conceptualización o redacción de este artículo.

DECLARACIÓN ÉTICA

Todas las afirmaciones expresadas en este artículo son exclusivamente de los autores y no representan necesariamente las de sus organizaciones afiliadas, ni las del editor, los redactores y los revisores. El editor no garantiza ni respalda ningún producto que pueda evaluarse en este artículo, ni ninguna afirmación que pueda hacer su fabricante.

REFERENCIAS

- (1) Delaney G, Jacob S, Featherstone C, Barton M. The role of radiotherapy in cancer treatment: estimating optimal utilization from a review of evidence-based clinical guidelines. *Cancer* 2005 Sep 15; 104(6):1129-37. DOI: 10.1002/cncr.21324. Erratum in: *Cancer* 2006 Aug 1; 107(3):660. PMID: 16080176.
- (2) International Atomic Energy Agency (IAEA). Equipment age. Available from: <https://dirac.iaea.org/Query/EquipmentAge> [Consulted 2024 Jun 12].
- (3) The Royal College of Radiologists. The Provision and Replacement of Radiotherapy Equipment. London : The Royal College of Radiologists, 2000.
- (4) Thomas SJ. Capacity and demand models for radiotherapy treatment machines. *Clin Oncol (R Coll Radiol)* 2003 Sep; 15(6):353-8. DOI: 10.1016/s0936-6555(03)00065-7.
- (5) Christ SM, Willmann J. Measuring Global Inequity in Radiation Therapy: Resource Deficits in Low- and Middle-Income Countries Without Radiation Therapy Facilities. *Adv Radiat Oncol* 2023 Mar 1; 8(4):101175. DOI: 10.1016/j.adro.2023.101175. PMID: 37008253.
- (6) Haberkorn L. Dos equipos de radioterapia para cáncer estuvieron casi cinco años sin ser usados por ASSE: ¿qué pasó?. *El Observador*, 12 de julio de 2023. Equipos de radioterapia. Disponible en: <https://www.elobservador.com.uy/nota/dos-equipos-de-radioterapia-para-cancer-es-tuvieron-casi-cinco-anos-sin-ser-usados-por-ass-e-que-paso--202371118510> [Consulta 20/06/2024].
- (7) Uruguay. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Norma UY123 Radioterapia. Versión 1, 1 de diciembre 2023. 26 p. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/sites/ministerio-industria-energia-mineria/files/documentos/publicaciones/Norma%20RT%2024-11-22.docx.pdf> [Consulta 25/06/2024].



(8) Uruguay. Ministerio de Industria, Energía y Minería. Norma UY123 Radioterapia. Versión 03, 20 de mayo 2024. 26 p. Disponible en: <https://www.gub.uy/ministerio-industria-energia-mineria/comunicacion/publicaciones/norma-123-radioterapia> [Consulta 25/06/2024].

(9) Raman S, Jia F, Liu Z, Wenz J, Carter M, Dickie C, *et al.* Forecasting Institutional LINAC Utilization in Response to Varying Workload. *Technol Cancer Res Treat* 2022 Jan-Dec; 21:15330338221123108.

DOI: 10.1177/15330338221123108.

PMID: 36285543.

(10) Population of the world and countries. *Countrymeters* 2024. Available from:

<https://countrymeters.info/> [Consulted 2024 Jun 20].

CONTRIBUCIONES AL MANUSCRITO:

- (a) Concepción, diseño, adquisición y análisis de datos, interpretación y discusión de resultados, redacción, revisión crítica y aprobación de la versión final.
- (b) Análisis de datos, interpretación de resultados, redacción y revisión crítica.
- (c) Diseño, adquisición de datos, interpretación y discusión de resultados, redacción y revisión crítica.
- (d) Diseño, interpretación de resultados, redacción y revisión crítica.

NOTA: este artículo fue aprobado por el Comité Editorial.