

RESULTADOS DEL SERVICIO DE DOSIMETRIA EXTERNA DEL CPHR DURANTE EL BIENIO 2010 - 2011

**Daniel Molina Pérez, Maribel Verdecia Sánchez,
Ailza Castro Soler, Yamilia Farradá Neyra**

Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE)
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR),
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA)
Calle 20, No. 4113 e/ 41 y 47, Playa, C.P. 11300, La Habana, Cuba
daniel@cphr.edu.cu

RESUMEN

El Laboratorio de Dosimetría Externa tiene a su cargo la ejecución del servicio de dosimetría personal a todos los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes del país. El servicio se lleva a cabo con un sistema TLD automático RADOS y comprende la vigilancia de las dosis en cuerpo entero y extremidades para radiación fotónica. En el trabajo se exponen los resultados del servicio en el período 2010 y 2011, mostrando datos relacionados con el número y distribución de trabajadores monitoreados por prácticas. Se analizan los niveles de exposición ocupacional, mediante varios indicadores tales como: dosis promedio anual por prácticas, cantidad de trabajadores que reciben dosis anuales mayores que cero, distribución de trabajadores por intervalos de dosis, y otros. Estos indicadores son comparados con periodos anteriores y con los valores publicados por el UNSCEAR. En general, la dosis promedio anual para todas las prácticas fue inferior a 1 mSv para cuerpo entero y 3 mSv para las manos. La cantidad de trabajadores expuestos experimentó una variación significativa de un año a otro, disminuyendo considerablemente de un 60% a 12% del total. El trabajo realiza un análisis de este comportamiento. El trabajo evidencia que el país garantiza la dosimetría personal al 100% de los trabajadores expuestos y que los resultados de la exposición ocupacional están dentro de los requerimientos establecidos.

1. INTRODUCCION

La vigilancia radiológica individual de la exposición ocupacional a fuentes de radiación externa en Cuba es realizada por el Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR). Desde 1985 hasta el año 2001 este servicio controlaba a los trabajadores ocupacionalmente expuestos a las radiaciones ionizantes (TOE) de todas las prácticas, excepto los vinculados a la práctica de Radiodiagnóstico, los que eran atendidos por el Ministerio de Salud Pública (MINSAP). A partir del año 2002 el servicio de dosimetría personal, ejecutado por el LDE, pasa a ser el único a nivel nacional para cubrir la vigilancia de todos los TOE del país.

En el período de 2001-2005, el comportamiento del servicio fue satisfactorio, aumentándose la cobertura a casi 6000 TOE, donde el análisis de las exposiciones ocupacionales de este

período fue reportado en un trabajo anterior [1]. Igualmente se hizo un análisis del nivel de cobertura y funcionamiento del servicio en el ciclo siguiente 2006-2009 [2], donde los resultados obtenidos confirmaron la tendencia creciente de trabajadores monitoreados, así como la garantía que posee este servicio del LDE para la cobertura total del universo de TOE del país.

En este trabajo se exponen algunos de los resultados obtenidos por el servicio en el período 2010 y 2011, que permiten evaluar los niveles de exposición ocupacional en el país. Son analizados el número y distribución de trabajadores monitoreados por prácticas, así como la dosis anual promedio y la proporción de TOE cuya dosis anual es mayor que cero. Estos resultados se comparan con períodos anteriores y con valores publicados por el UNSCEAR.

2. CARACTERÍSTICAS DEL SERVICIO DE DOSIMETRÍA EXTERNA

El Laboratorio de Dosimetría Externa (LDE) del Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones (CPHR) brinda un servicio de dosimetría personal como parte de la vigilancia radiológica de la exposición externa a los TOE expuestos a radiación electromagnética, que incluye rayos X y radiación gamma del cuerpo entero y las extremidades (manos).

El servicio está basado en un sistema de dosimetría TLD que dispone de un sistema de medición automático conformado por 2 lectores RADOS, 1 irradiador automático RADOS y dosímetros modelo RADOS con detectores termoluminiscentes de LiF: Mg,Cu,P. Cada lector cuenta con un software y una base de datos donde se registran todas las mediciones. El sistema de medición se calibra anualmente, se efectúan chequeos diarios a cada lector y se ejecutan pruebas de funcionamiento semestral; las irradiaciones para las calibraciones se efectúan en el Laboratorio Secundario de Calibración Dosimétrica (LSCD) del CPHR. El LDE participo en una Intercomparación organizada por la autoridad regulatoria de Argentina (ARN) en 2011 con resultados satisfactorios.

Los dosímetros de cuerpo entero permiten la medición de la magnitud operacional dosis equivalente personal $H_p(10)$ y los de extremidades permiten la medición de la magnitud dosis equivalente en manos H_e . El servicio cuenta con un sistema de gestión de datos compuesto por dos programas: DOSIS y RADOS-DOSIS, que permite actualizar los datos de los TOEs y entidades, generar los dosímetros para los diferentes periodos de control, registrar su devolución, el procesamiento de la evaluación de los resultados y su almacenamiento. Los reportes estadísticos empleados en el trabajo fueron emitidos con este sistema. Este sistema sirve de base a la actualización del Registro Nacional Dosimétrico con el uso del programa GESCON.

Las regulaciones nacionales sobre seguridad radiológica y nuclear [6] establecen que la vigilancia radiológica individual debe prestarse con una frecuencia mensual. En cumplimiento de esta disposición el servicio de dosimetría del CPHR se realiza el cambio de los dosímetros mensualmente. Solo en el caso de la práctica de radiodiagnóstico fue modificada esta frecuencia, por razones de disponibilidad de dosímetros y demanda acelerada de incremento de servicio, empleando en algunas ocasiones de manera provisional períodos de monitoreo bimensual o trimestral. El LDE tiene establecido que la actualización de los datos de los TOEs se ejecuta a solicitud del cliente con periodo mensual y sobre un modelo que contiene los datos que demanda el sistema de gestión DOSIS.

El servicio tiene establecido como nivel de registro un valor de dosis de 0.1 mSv, cualquier valor inferior es reportado como cero, además se asigna cero cuando el dosímetro no es devuelto o presenta algún daño físico que imposibilita su medición.

Se emplea el indicador número de TOE monitoreados por año, para analizar el universo de TOE del país para las diferentes prácticas. Se define por TOE monitoreado, todo aquel que tiene asignado dosímetro para al menos un periodo de vigilancia. Para evaluar los niveles de exposición ocupacional se emplearon los indicadores: Número TOE expuestos, definido como el número de TOE cuya dosis anual fue superior al nivel de registro (0.1 mSv) y Dosis Anual Promedio por práctica. En algunos casos, las prácticas han sido agrupadas para simplificar los datos a procesar, de la manera siguiente:

- Radioterapia teleterapia, terapia superficial con rayos X y braquiterapia,
- Radiodiagnóstico: exámenes convencionales, intervencionismo, odontología y densitometría ósea.
- Investigación: irradiadores, técnicas analíticas, fuentes selladas y no selladas.
- Industria: irradiador, perfilaje de pozos, medidores nucleares
- Otras: control aduanero, servicios técnicos, calibración, supervisión, gestión de desechos, transporte y desconocida.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el período evaluado el servicio de dosimetría externa del CPHR mantuvo su cobertura nacional. En la Tabla 1 se muestra la cantidad de usuarios monitoreados por prácticas mediante los servicios de cuerpo entero y extremidades en los años 2010 y 2011.

Tabla 1. Cantidad de usuarios por prácticas del servicio de dosimetría externa.

Práctica	Cuerpo entero		Manos	
	2010	2011	2010	2011
Radioterapia	364	339	97	101
Medicina Nuclear	214	191	87	87
Radiodiagnóstico	9325	9509	27	26
Radiografía Industrial	64	61	0	0
Producción de radioisótopos	45	40	37	39
Investigación	109	112	36	37
Industria	124	122	8	8
Otras	1258	1403	337	326
TOTAL	11503	11777	629	624

Según los resultados reportados en [2], para el año 2009 el servicio había alcanzado la cobertura total de la vigilancia radiológica individual del país, llegando en ese momento a los 10000 TOE. No obstante, en el período analizado se observa un ligero incremento, debido a

la incorporación de estudiantes y algunas especialidades técnicas en la práctica de radiodiagnóstico.

En cuanto a la distribución por prácticas, el comportamiento para el servicio de cuerpo entero es como se muestra en la Figura 1, tomando como referencia los datos registrados para el año 2010.

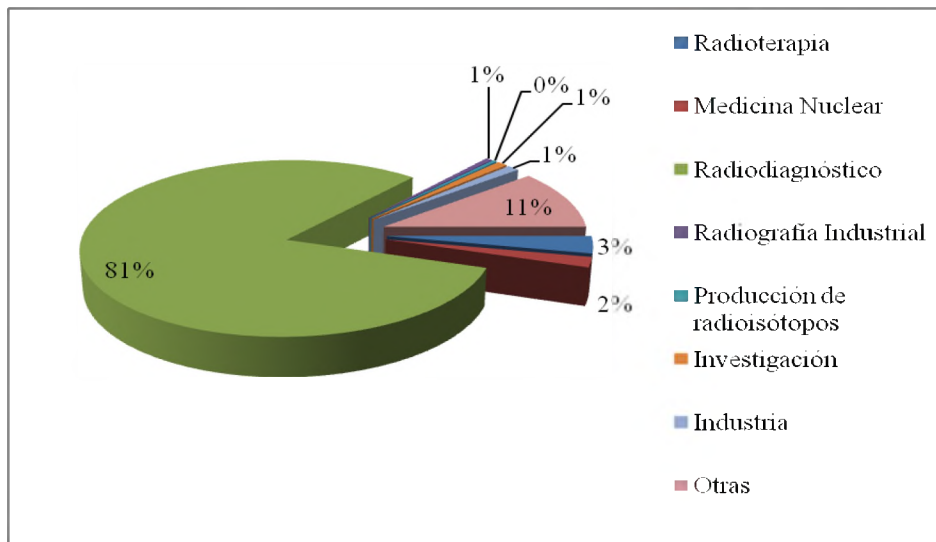


Figura 1. Distribución por prácticas de los usuarios del servicio de dosimetría de cuerpo entero

Es evidente que las aplicaciones médicas son las de mayor relevancia, ya que en ellas se concentra el 85% de los TOE del país, con destaque para las aplicaciones de radiología que abarcan el 81% del total. Esto está en concordancia con el grado de introducción y aplicación de las técnicas nucleares en el país, donde la mayor preponderancia la tiene el sistema de salud pública que cuenta con una red de hospitales, policlínicos y clínicas distribuidos en todos los territorios del país, que disponen de servicios de radiología, medicina nuclear y radioterapia.

En el caso de los usuarios que reciben el servicio de monitoreo de las extremidades, la distribución por prácticas es como se muestra en la Figura 2, basado en los datos del año 2010.

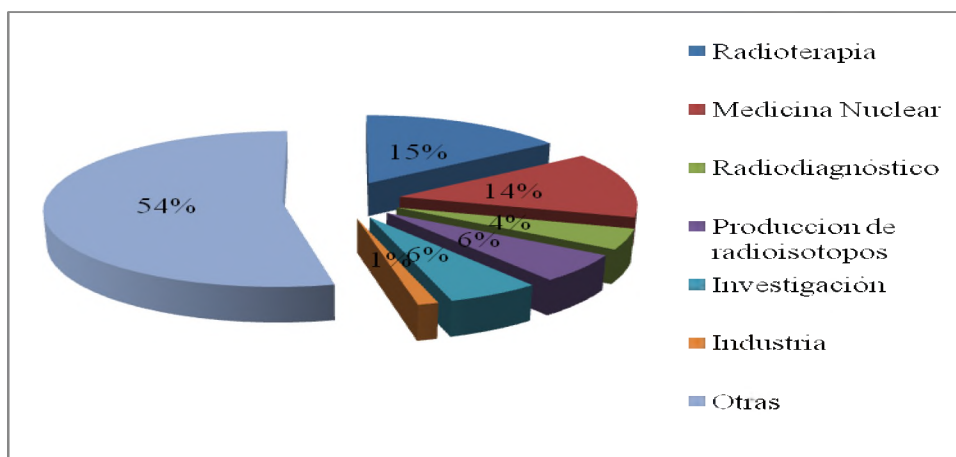


Figura 2. Distribución de usuarios del servicio de dosimetría de extremidades por prácticas

En este caso, el mayor número de usuarios controlados corresponde a las prácticas agrupadas en la categoría **otras**, influenciado fundamentalmente por un grupo importante de TOE para el cual aún no ha sido posible definir la práctica. En estos momentos se está llevando a cabo un proceso de actualización de toda la información que contiene nuestro sistema de gestión de datos, entre los que se incluye la práctica y cargo de los TOE. Esto está asociado a la necesidad de completar la información para que los datos del servicio posean un mayor valor desde el punto de vista dosimétrico y cumplan con los requerimientos que se están implementando a partir del desarrollo y aplicación de un Banco Nacional de Dosis [3] en nuestro país.

En la Tabla 2 se muestran la comparación entre la cantidad de TOE medidos y TOE expuestos.

Año	2010			2011			
	Práctica	Cant. TOE Medidos	Cant. TOE D> 0	%	Cant. TOE Medidos	Cant. TOE D> 0	%
	Radioterapia	364	337	93	339	106	31
	Med. Nuclear	214	196	92	191	68	36
	Radiodiagnóstico	9325	5105	55	9509	843	9
	Radiog. Indust.	64	56	88	61	12	20
	Produc. Isótopos	45	43	96	40	32	80
	Investigación	109	98	90	112	22	20
	Industria	124	110	89	122	27	22
	Otras	1258	5	0,4	1403	383	27
TOTAL		11503	5950	52	11777	1493	13

Se aprecia que el porcentaje de TOE expuestos por prácticas es relativamente alto, si lo comparamos con los valores publicados por el UNSCEAR para el período 2000 – 2002 [4], que reporta un 5% para el radiodiagnóstico, 18% para radioterapia y 50% para medicina nuclear. Los resultados obtenidos para el año 2010, son incluso superiores al 50% reportado para el período 2006 – 2009, pero hay que tener en cuenta que aquí puede haber influido el hecho de que durante ese año el servicio tuvo que ser ejecutado con frecuencia trimestral para alguna de las prácticas por problemas con la disponibilidad de dosímetros. Esta extensión del periodo de exposición de los dosímetros provocó que una mayor cantidad de dosímetros registraran algún valor de dosis superior al límite inferior de detección. Por su parte, para el año 2011 el servicio recuperó la frecuencia mensual y se aprecia como esta proporción se redujo considerablemente para todas las prácticas, hasta un valor alrededor del 30%, inferior a los valores del mencionado periodo 2006 - 2009. En el caso de la producción de radioisótopos, se observa solo una ligera disminución, un resultado esperado tomando en cuenta que para esta práctica no se aplicó la frecuencia trimestral en ningún momento y que además la institución que ejecuta esta práctica mantiene una tendencia ascendente en sus volúmenes de producción. Históricamente esta práctica es una de las que más dosis registra. El comportamiento de este indicador es un buen indicio de cara a evaluar la optimización de la exposición ocupacional. Será necesario observar la tendencia en los próximos años, suponiendo que el servicio se mantiene con frecuencia mensual.

En el caso del monitoreo de las extremidades, la relación TOE medidos y TOE expuestos se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Comparación TOE medidos y TOE expuestos, Servicio extremidades, años 2010 y 2011

Año	2010			2011		
	Cant. TOE Medidos	Cant. TOE D> 0	%	Cant. TOE Medidos	Cant. TOE D> 0	%
Radioterapia	97	89	92	101	73	72
Med. Nuclear	87	79	91	87	66	76
Radiodiagnóstico	27	25	93	26	17	65
Produc. Isótopos	37	36	97	39	37	95
Investigación	36	10	28	37	27	73
Industria	8	8	100	8	4	50
Otras	337	292	87	326	225	69
TOTAL	629	539	86	624	449	72

Dado que para este servicio los resultados de años anteriores no han sido publicados no serán tomados como referencia. Pero si tomamos como ejemplo el valor reportado por el UNSCEAR para radiología que es de un 20 %, podemos afirmar que en nuestro caso la cantidad de TOE expuestos es alta para ambos años para todas las prácticas, con valores

cercanos al 90% en el 2010 y al 70% en el 2011. Sin embargo, de un año a otro se observa una reducción importante de la cantidad de TOE expuestos, lo que se puede tomar como un punto de partida favorable. En el caso de la práctica de producción de radioisótopos, al igual que en la exposición de cuerpo entero, la proporción se mantiene, lo que reafirma que esta práctica es una de las que más exposición ocupacional provoca.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la dosis anual media por prácticas para el servicio de cuerpo entero

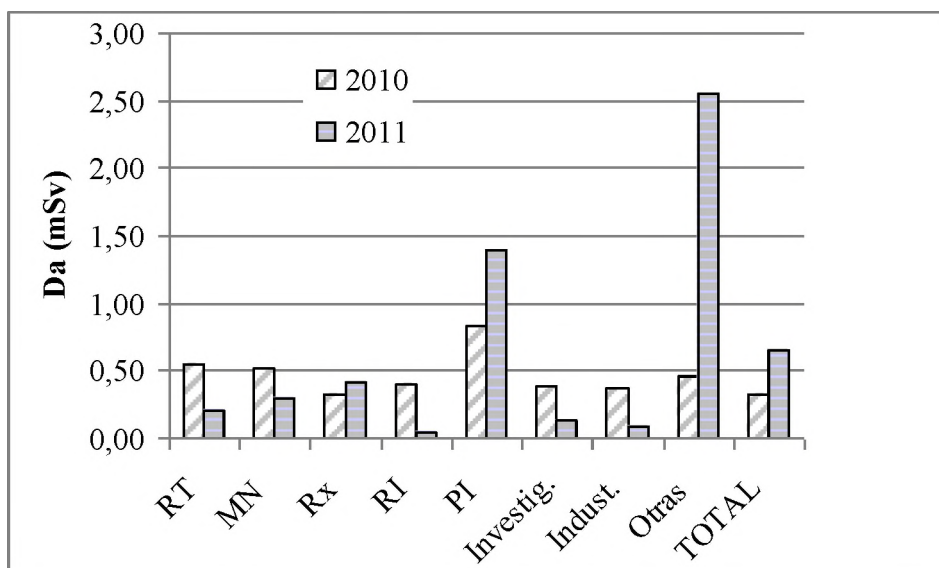


Figura 3. Dosis anual promedio por prácticas para cuerpo entero.

Se aprecia que las dosis anuales promedio para todas las prácticas son bajas. Los valores son inferiores a 0.5 mSv, con excepción de las prácticas de producción de radioisótopos con valores alrededor de 1.0 mSv y las prácticas agrupadas en **otras** que presentan un valor de 2.5 mSv en el año 2011. Este último resultado, es algo inesperado y en ese sentido deberá ser estudiado. Para el resto de las prácticas los valores son similares a los reportados en el período anterior y también a los publicados por el UNSCEAR. Estos resultados confirman el cumplimiento del límite anual de dosis establecido y un buen comportamiento desde el punto de vista de la optimización de las exposiciones ocupacionales.

En la Figura 4 se muestran las dosis equivalentes anuales promedio en manos para los años 2010 y 2011.

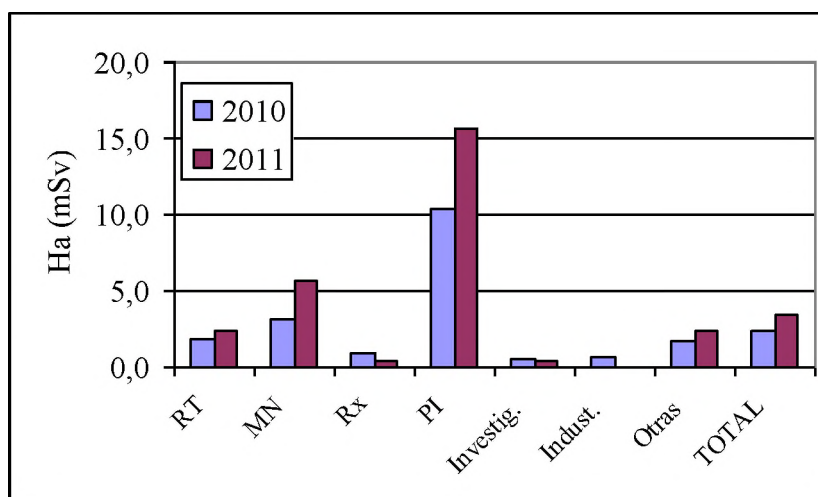


Figura 4. Dosis equivalente anual promedio en manos por prácticas, año 2010 y 2011

Se puede observar que las dosis anuales promedio son inferiores a 5.0 mSv, con excepción de la producción de radioisótopos que presenta valores entre 10 y 15 mSv. Estos valores son aceptables ya que son mucho menores que el límite anual de dosis de 500 mSv, incluso son inferiores a 1/10 de dicho límite. Al igual que para el caso del monitorio del cuerpo entero, la práctica de producción de radioisótopos se confirma como una de las que mayor exposición ocupacional ocasiona a los TOE del país.

4. CONCLUSIONES

Los resultados que se presentan en este trabajo corroboran que el Laboratorio de Dosimetría Externa garantiza un servicio de vigilancia radiológica individual que logra la cobertura total del universo de TOE de todo el país. El servicio abarca el monitoreo del cuerpo entero y las extremidades (manos). En el periodo estudiado se produjo un ligero incremento en la cantidad de usuarios que reciben el servicio. Las aplicaciones médicas siguen siendo las más relevantes, porque en ella se concentra el 85% del universo de trabajadores expuestos del país.

La cantidad de TOE expuestos para el periodo 2010 – 2011 es alta comparada con la tendencia mundial reportada por el UNSCEAR y mostro un incremento con respecto a la etapa 2006 – 2009, estudiada con anterioridad. Las dosis anuales promedio, en cuerpo entero y extremidades, son muy inferiores a los límites anuales establecidos de 20 y 500 mSv. La práctica de producción de radioisótopos presenta los mayores valores de dosis anuales y TOE expuestos, lo que la convierten en la de mayor relevancia desde el punto de vista de las exposiciones ocupacionales en el país.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su agradecimiento a los técnicos que laboran en el Laboratorio de Dosimetría Externa y que tienen a su cargo la ejecución del servicio de vigilancia radiológica individual en el país.

REFERENCIAS

1. D. Molina-Pérez, E. Martínez-Herrera, A. Castro-Soler. “Evaluación de la exposición ocupacional a fuentes externas de radiación ionizante en Cuba en el período 2001-2005”. *Memorias del 1er Congreso Panamericano del IRPA, VII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear. Congreso Regional IRPA*. Acapulco, México, 4 al 9 de septiembre, 2006.
2. D. Molina-Pérez, A. Castro-Soler, M. Verdecia-Sánchez, Y. Farradá-Neyra, J. Manzano de Armas. “Resultados de la Vigilancia Radiológica Individual de la Exposición Externa en Cuba en el período 2006-2009”. *Revista Nucleus*, No. 49, pp. 15-20 (2011).
3. Maryzury Valdés Ramos, Miguel Prendes Alonso, Juan Tomás Zerquera, Daniel Molina Pérez, Andrés de la Fuentes Puch. “Sistema Integrado de Datos de la Vigilancia Radiológica Individual en la República de Cuba”. *Memorias del VIII Congreso Regional de Seguridad Radiológica y Nuclear, I Congreso Latinoamericano del IRPA, V Congreso Nacional de Protección Radiológica DSSA*. Medellín, Colombia, 11-15 de octubre, (2010).
4. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Source and effects of ionizing radiation. *UNSCEAR 2008 Report to the General Assembly with Scientific Annexes*. United Nations Sales Publication. United Nations, New York, (2010), (electronic edition).