

## **Implementación del programa de vigilancia radiológica, para trabajadores en radiofarmacia.**

**Sánchez, M.<sup>1</sup>, Arciniegas, M.<sup>2</sup> y Veloza, S.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Estudiante Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Física Médica.

<sup>2</sup> Físico Médico. Instituto Nacional de Cancerología. Oficial de Protección radiológica.

<sup>3</sup> Docente Adscrita. Universidad Nacional de Colombia, Maestría en Física Médica.

### **RESUMEN**

Por medio del presente trabajo se pretende establecer la implementación de un programa de vigilancia radiológica en el área de radiofarmacia del instituto nacional de cancerología (Bogotá, Colombia). Con tal fin se propone adaptar las diferentes recomendaciones de organismos internacionales competentes en el tema. Contando con los niveles y condiciones de manipulación de I-131 se ha evaluado el factor decisión (criterio matemático que permite saber la pertinencia o no de la implementación de un programa de este tipo), de la misma manera se han establecido niveles de registro, de investigación y niveles derivados respectivamente a usar dentro del programa con base en los límites de dosis recomendados para los trabajadores ocupacionalmente expuestos al producirse incorporaciones dentro del organismo debido al manejo del mencionado radionúclido.

### **1. INTRODUCCIÓN**

La protección radiológica individual busca reducir los posibles riesgos que se pueden presentar por el manejo de fuentes radiactivas en el sitio de trabajo, de esta manera y siguiendo las recomendaciones presentadas por el Organismo Internacional de Energía atómica [1] que debido al riesgo radiológico existen con la manipulación de I-131, de posibles incorporaciones en el organismo se hace necesario llevar un consolidado con base en los registros de las posibles estimaciones de incorporaciones sufridas medidas, evaluando su exposición ocupacional en vista a mejorar su práctica laboral o tomar restricciones en caso de que la medida de exposición interna sea considerable, para lo cual se debe sistematizar institucionalmente tanto las mediciones como los registros de datos de cada uno de los trabajadores que posiblemente sufran incorporaciones de este tipo por el manejo del radionúclido.

De la misma manera se debe tener en cuenta la pertinencia o no del diseño de un programa de vigilancia radiológico rutinario, con tal fin [2] propone un criterio matemático para conocer si necesariamente se debe llevar a cabo un programa de vigilancia radiológico individual, así como el seguimiento a las labores que son desempeñadas por las personas en directa manipulación de I-131 en la radiofarmacia del Instituto Nacional de Cancerología INC, (Bogotá Colombia). A su vez la naturaleza, frecuencia y la precisión de la vigilancia radiológica individual deberán determinarse de acuerdo a la magnitud y a las posibles fluctuaciones de los niveles de exposición, así como a la probabilidad y magnitud de los

---

<sup>1</sup> E-mail del Autor. mjsanchezb@unal.edu.co

riesgos potenciales, por esta razón debe hacerse una caracterización del lugar de trabajo así como el establecimiento de un rango determinado en el método de medición empleado pueda garantizar que existe una cantidad mínima significativa (AMS) que puede ser capaz de detectar una incorporación.

La Planificación, dirección y aplicación de un programa de vigilancia radiológica en dosimetría interna se encuentra a cargo del profesional especializado (Físico Médico de Medicina Nuclear y Oficial de Protección Radiológica); tiene como objetivo determinar una estimación de la posible contaminación interna de los trabajadores que manipulen I-131, en el área de radiofarmacia, puesto que existe en su estado particulado y/o volátil el riesgo de la incorporación en el organismo vía aérea (incorporación por inhalación), a su vez generar un consolidado dosimétrico interno donde se lleve una estadística de incorporaciones causadas en el área de trabajo con el fin de conocer la dosis total (interna y externa), que el trabajador alcanza al realizar sus labores para realizar el estimado de dosis individual.

## 2. FACTOR DECISIÓN

El OIEA [2] propone un criterio matemático para conocer si existe la necesidad o no de implementar un monitoreo para los trabajadores que manipulan el I-131, en el cual se valoran las condiciones de trabajo y manipulación del radionúclido; de esta manera la medida de protección empleada en la manipulación ( $f_{hs}$ ), la forma físico-química que tenga ( $f_{fs}$ ), el factor de protección que hace referencia a el equipo protector que se tenga en el laboratorio ( $f_{ps}$ ), la actividad total manipulada al año ( $A_j$ ) que se encuentra relacionada con la cantidad manipulada y el valor de la dosis efectiva comprometida e(g) por unidad de incorporación hacen parte de los valores para determinar si es necesario implementar o no un programa de dicha categoría [Ec.1].

$$d_j = \frac{A_j f_{fs} f_{hs} f_{ps} e(g)}{0.001} \quad [1]$$

Si el valor dado por el factor decisión es mayor a 1mSv se considera que los trabajadores pueden sufrir incorporaciones mayores a las del nivel del público y por tal razón debe llevarse a cabo un sistema de vigilancia radiológica individual. Para el caso específico de las instalaciones de radiofarmacia en el INC con un ( $f_{hs}$ ) del valor 10, operaciones de manejo en caja de guantes ( $f_{ps}$ ) que tiene un valor de 0.01, un factor de forma físico-química ( $f_{fs}$ ) 0.01 un valor de e(g) correspondiente a la forma de incorporación de radionúclidos que se obtiene de acuerdo a las siguientes rutas de manipulación: Inhalación de partículas radiactivas que están suspendidas en el aire, ingestión, inyección o adsorción. Para este caso particular en el cual se estudia la situación de manejo presentada en la radiofarmacia del Instituto Nacional de Cancerología E.S.E, se encuentra que la forma más conocida en las rutinas de trabajo de los trabajadores que manipulen material radiactivo para una posible incorporación es por inhalación de partículas suspendidas en el aire y una actividad anual de se tendría un valor respectivamente de  $e(g) = 2 \times 10^{-8} \frac{Sv}{Bq}$  y una actividad anual de 14,4 Ci o 532.8 GBq con tal caracterización del lugar de trabajo el valor del factor decisión sería de 10656 Sv/año, lo cual implica que se debe llevar a cabo un programa de vigilancia radiológica individual.

### 3. ESTABLECIMIENTO DE LOS NIVELES DE DOSIS INCORPORADAS

Dentro del programa de vigilancia radiológica individual es necesario tener en cuenta las magnitudes dosimétricas para la vigilancia de los resultados de las mediciones establecidas, ya que estas expresan los límites de dosis en este caso a un determinado órgano como lo es la glándula tiroidea, de esta manera [1] propone la manera en que los niveles orientativos deben darse de acuerdo a los límites permisibles recomendados de dosis.

#### 3.1 Establecimiento de los Niveles de registro y de investigación

**3.1.1 Nivel de registro:** Está definido como el nivel de dosis, exposición o incorporación especificado por la autoridad reguladora en o sobre cuyos valores de dosis, exposición o incorporación recibidos por los trabajadores serán ingresados a los registros de exposición individual. Teniendo en cuenta la publicación del OIEA es sugerible tomar el nivel de registro para que corresponda a una dosis efectiva comprometida de 1 mSv, pero dadas las condiciones de medición en el Instituto Nacional de Cancerología y las restricciones existentes en los métodos de medición directos que se implementaron para obtener los resultados de las actividades incorporadas se propone que si se está tratando con trabajadores ocupacionalmente expuestos como lo son en el caso del área de radiofarmacia, este nivel de registro sea 1/10 del límite de dosis para personal expuesto es decir **2 mSv**.

De tal forma que para N periodos de medición en el año, el nivel de registro por incorporación de un radionucleido j en un periodo de monitoreo debería estar dado por [Ec.2]:

$$NR = \frac{0.002}{N \cdot e_j(g)} \quad [2]$$

En el caso de I-131 por inhalación, con el respectivo valor del coeficiente de dosis efectiva para un periodo de evaluación de 52 semanas se tendrá un nivel de registro de **1923 Bq**.

**3.1.2 Nivel de investigación:** Se define como el valor de una magnitud tal como la dosis efectiva, la incorporación o la contaminación por unidad de área o volumen que al alcanzarse debería realizarse una investigación de las condiciones de operación del material radiactivo. Es escogido sobre la base de una dosis efectiva comprometida de **5 mSv** [Ec.3]:

$$NI = \frac{0.005}{N \cdot e_j(g)} \quad [3]$$

En el caso de I-131 por inhalación con su respectivo valor del coeficiente de dosis efectiva, para un periodo de evaluación de **52 semanas** se tendrá un nivel de investigación de **4800 Bq**.

**3.1.3 Niveles derivados de investigación. (NID):** Son los resultados de las medidas que implican incorporaciones de radionúclidos o dosis efectivas comprometidas en los correspondientes niveles de investigación sobre los cuales debe ejercerse una medida correctiva a las labores de manipulación [Ec.4].

$$\mathbf{NDI} = \mathbf{NI} \times \mathbf{m(t_0)} = \frac{0.005}{\mathbf{N} \cdot \mathbf{e_j(g)}} \times \mathbf{m(t_0)} \quad [4]$$

Donde  $t_0$  es el tiempo estimado en el que pudo haber ocurrido la incorporación, se calcula como  $t_0 = 365/2N$ .

En el caso de I-131 por inhalación, se tendría un  $\mathbf{NDI} = 912 \mathbf{Bq}$  que representaría el valor de la medida a partir de la cual se realiza una investigación.

**3.1.4 Niveles derivados de registro (NDR):** Son los resultados de las medidas que implican incorporaciones de radionúclidos o dosis efectivas comprometidas en los correspondientes niveles registro que se consolidarán en el historial dosimétrico del trabajador [Ec.5].

$$\mathbf{NDR} = \mathbf{NR} \times \mathbf{m(t_0)} = \frac{0.002}{\mathbf{N} \cdot \mathbf{e_j(g)}} \times \mathbf{m(t_0)} \quad [5]$$

En el caso de I-131 se tendría un  $\mathbf{NDR} = 365 \mathbf{Bq}$  que representaría el valor de la medida a partir de la cual se hace el registro respectivo.

### 3.2 Establecimiento de la AMD

Con base en el nivel derivado de registro es necesario determinar el valor de la actividad mínima detectable para que las medidas se encuentren de acorde al orden de magnitud esta cantidad, así, se tiene como condicionamiento que  $\mathbf{AMD} < \mathbf{NDR}$ , por lo que a nivel experimental se realizarán las debidas mediciones para hallar el tiempo de medida para I-131 que permita satisfacer la condición, el resultado del tiempo de conteo para satisfacer esa condición es de 20 minutos, para un valor de AMD de aproximadamente

## 4. Establecimiento de la frecuencia del programa de vigilancia de incorporación.

Para que se satisfaga la condición de que la incertidumbre en el valor de la incorporación, debido al desconocimiento del tiempo de incorporación sea menor que un factor de 2, se recurre a las tablas de los valores de  $m(t)$  comparando que los valores entre el día 1 y el día propuesto de intervalo no varíe en un factor de más de dicho factor. Así, observando la tabla del Anexo III del documento [2], se observa que la división entre el valor  $m(1)$  y  $m(9)$  no supera el factor de 2.

Comparando lo anterior con respecto a lo afirmado por el ICRP, que establece un factor máximo de 3, se satisface entre el día 10 y 20 cuya información intermedia no está disponible.



superarse el nivel de investigación. En la figura 3 se presenta en un esquema las acciones a seguir en cada una de estas tres situaciones dada la medición de la actividad en el trabajador:

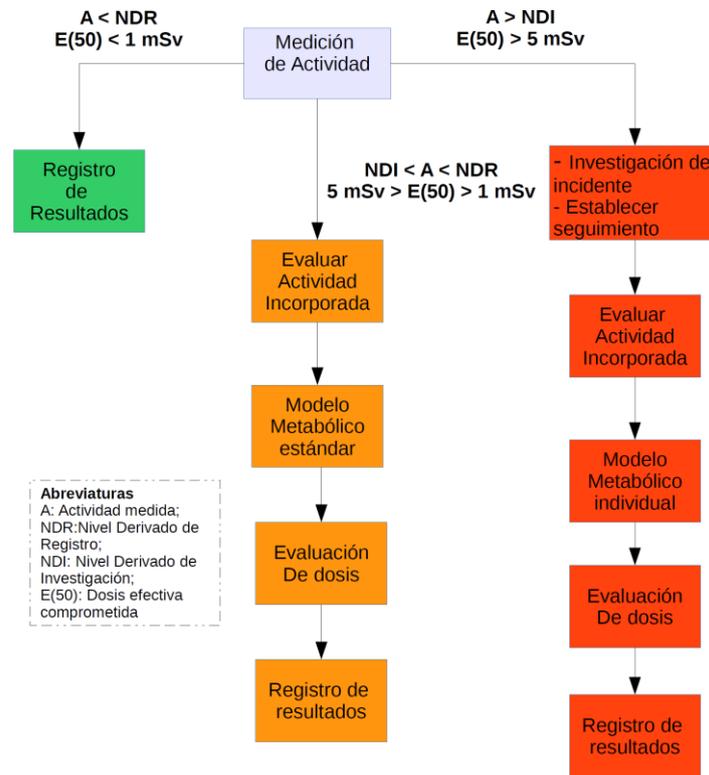


Figura 3: Acciones a tomarse una vez evaluada la medición de la actividad.

## 5. CONCLUSIONES

Debido a la cantidad y condiciones de manipulación de I-131 de acuerdo al factor decisión de 10656 Sv/año, se debe contar con el establecimiento de un programa de vigilancia radiológica que contenga el programa de dosimetría interna para los trabajadores. Se ha realizado la institucionalización del programa elaborando los diferentes procedimientos a ejecutar dentro del programa, incluyendo las acciones en caso de actividades incorporadas elevadas así como los formatos institucionales manejados de acuerdo a las recomendaciones del OIEA.

Se debe tener en cuenta la metodología, frecuencia e incertidumbre del método de medición empleado ya que de este depende que se pueda poner un valor adecuado de nivel de registro para consolidar las medias en el historial dosimétrico del trabajador.

## 6. REFERENCIAS

1. Organismo Internacional de Energía atómica., Evaluación de la exposición ocupacional debida a incorporaciones de radionucleidos. RGS1.2. Guía de seguridad. STI/PUB/1077 (ISBN:92-0-306704-3) 91 pp.2004
2. International atomic Agency Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards INTERIM EDITION. IAEA Safety Standards.2001.

3. Organismo Internacional de Energía atómica (OIEA). Radiation protection and safety of radiation sources: International basic safety standards, Agosto 2014.
4. Ministerio de Minas y Energía Colombia. Resolución 90874 de 2014 (Agosto 11), 2014.
- 5 Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Limits for intakes of radionuclides by workers, 1979.
- 6 Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Individual monitoring for intakes of radionuclides by workers, 1989.
- 7 Comisión Internacional de Protección Radiológica (ICRP). Individual monitoring for internal exposure of workers., 1997.
- 8 James B. Stubbs Michael G. Stabin Marguerite T. Hays Kenneth F. Koral James S. Robertson Roger W. Howell Barry W. Wessels Darrell R. Fisher David A. Weber Jeffrey A. Siegel, Stephen R. Thomas and A. Bertrand Brill. MIRD pamphlet no.16: Techniques for quantitative radiopharmaceutical biodistribution data acquisition and analysis for use in human radiation dose estimates, 1999.
- 9 Anselmo Puerta. Informe de reunión de expertos, Buenos Aires. arg-13000, arcallxxviii, 2006