

## RADIATION PROTECTION RECOMMENDATIONS FOR RELEASING PATIENTS TREATED WITH $^{131}\text{I}$ FOR THYROID CANCER: A PATIENT SPECIFIC APPROACH

**Mora-Ramirez, E.<sup>1,3,4</sup>, Salas-Ramirez, M.<sup>2,4</sup>**

<sup>1</sup> Hospital San Juan de Dios, Servicio de Medicina Nuclear, Caja Costarricense del Seguro Social

<sup>2</sup> Hospital México, Servicio de Medicina Nuclear, Caja Costarricense del Seguro Social

<sup>3</sup> Escuela de Tecnologías em Salud, Universidad de Costa Rica

<sup>4</sup> Escuela de Física, Universidad de Costa Rica

### RESUMEN

The Nuclear Medicine Department at the San Juan de Dios Hospital has considered radiation protection guidelines given by the IAEA for releasing patients after  $^{131}\text{I}$  treatments for thyroid cancer, in the Safety Report Series No. 63, "**Release of patients after radionuclide therapy**", published in 2009. However, IAEA guidelines are based on the administrated activity and it does not take into account bio-kinetics of the  $^{131}\text{I}$  into patient body, distance between patients and its relatives, etc. Our goal is to establish patient specific recommendations considering dose limits to relatives and caregivers, also bio-kinetics of thyroid and extra – thyroid compartments, taking into account NUREG-1556, Vol 9, Rev. 2 from USNRC considerations. For 15 patients (female 14), age range from 79 – 20 years old (mean 37); effective half – life for thyroid and extra – thyroid compartments have been estimated, occupation factor, distance and effective dose have been set. Preliminary results for average data showed good agreement with IAEA guidelines for ablation patients in restrictions for children under 2 years old, time off work and sleep apart, however, restrictions for children from 2 to 11 years old are not similar; on the other hand, follow-up patients results, in our case means patients with recurrence or metastatic diseases, are very different from the IAEA guidelines for all restrictions which means that patients specific behaviour have to be take it into account. Therefore a method to establish patient specific radiation protection recommendations can be applied in a Nuclear Medicine Department taking into account bio-kinetics of  $^{131}\text{I}$ .

### 1. INTRODUCCIÓN

Guías con recomendaciones de salida de pacientes que han recibido tratamiento con  $^{131}\text{I}$  por cáncer de tiroides o por hipertiroidismo han venido siendo publicadas desde finales de los años 90 [1, 2], en donde se encuentran resultados iniciales sobre grupos de población la cual debe restringirse de entrar en contacto con el paciente que contiene en su cuerpo el  $^{131}\text{I}$ . La facilidad de implementar de estas guías en los servicios de medicina nuclear radica en el hecho de que tanto los profesionales encargados de brindar estas recomendaciones así como los pacientes, sus familiares o cuidadores, pueden aplicarlas con sencillez. Desde inicios del año 2009 nuestro servicio comenzó a implementar las recomendaciones plasmadas en los artículos mencionados anteriormente, sin embargo, notamos para mediados de este mismo año que el Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA) publicó un documento mucho más robusto [3] en donde las recomendaciones de protección radiológica para pacientes tratados con  $^{131}\text{I}$  por cáncer de tiroides o por hipertiroidismo son uno de los tópicos cubiertos por este documento. Las recomendaciones dadas por el IAEA se implementaron en nuestro servicio desde que se tuvieron en nuestras manos y se comprobó que estaban en concordancia con las recomendaciones de la Comisión Internacional de Protección

---

<sup>1</sup> E-mail del Autor. [erick.mora@ucr.ac.cr](mailto:erick.mora@ucr.ac.cr) / [erick.mora.ramirez@gmail.com](mailto:erick.mora.ramirez@gmail.com)

Radiológica (ICRP 94) [4]. En el año 2010, en la ciudad de Cuzco, en el V Congreso Latinoamericano de Física Médica, se publicaron resultados iniciales sobre esta implementación de guías de protección radiológica en nuestro servicio [5], por otro lado se mostró visualmente como es el formato de entrega de las guías a nuestros pacientes y médicos endocrinólogos, los cuales están a cargo de dar las incapacidades laborales, en ese artículo se recoge una muestra de resultados dados a los pacientes que recibieron un tratamiento terapéutico por ablación o por recurrencia. Se puede afirmar que desde mediados del 2009 hasta Julio del 2014 aproximadamente 230 pacientes recibieron estas recomendaciones, de estos pacientes unos 160 fueron pacientes que recibieron tratamientos ablativos y el resto por recurrencia de la enfermedad. Nuestro servicio ha seguido las guías de la Asociación Europea de Medicina Nuclear [6] para el tratamiento del cáncer de tiroides, ya que parámetros críticos para nuestros médicos son la captación tiroidea a las 24 horas, la determinación de la retención corporal a las 48 horas [7, 8], dado que ellos pueden pedir ajustar la actividad a administrar al paciente y con este dato determinar la dosis absorbida a sangre. Surgen dos inquietudes, a) la Jefatura del Servicio de Endocrinología de nuestro Hospital está preocupada por tiempos de aislamiento que estamos sugiriendo a los pacientes y b) deseamos conocer si las guías que se han venido implementando desde hace algunos años pueden tener algún tipo de mejora dado que se comprende que algunos pacientes pueden retener más  $^{131}\text{I}$  que otros por diferentes condiciones de salud que pueden afectar el aclaramiento del  $^{131}\text{I}$  de su cuerpo. Además se estudia las guías de la United States Nuclear Regulatory Commission (USNRC) [9] del año 2008 para tener otro punto de vista para considerar la posible mejora. Por todo lo anterior, el objetivo de nuestro trabajo es establecer recomendaciones paciente específico, considerando los límites de dosis a los familiares y cuidadores, la biocinética del  $^{131}\text{I}$  en los compartimentos tiroideo y extra – tiroideo, tomando en cuenta las recomendaciones de la guía NUREG-1556, Vol 9, Rev. 2 del USNRC.

## **2. MATERIALES Y METODOS**

Para analizar un punto de vista diferente a lo que conocemos de las normas Europeas y lo de planteado por el IAEA se toma en cuenta los criterios establecidos en la guía NUREG-1556, Vol 9, Rev. 2 del USNRC en su apéndice U [9], el cual está dedicado a dar salida de pacientes que han recibido tratamientos terapéuticos.

Por otro lado, se estudian los trabajos de Han [10, 11] para comprender la aplicación del formulismo planteado por la USNRC, además es importante recalcar que los trabajos de Han muestran el valor agregado que tiene el uso del Monte Carlo en aplicaciones de protección radiológica por ende, estaremos a la espera de más publicaciones de este autor con el fin de determinar si sus resultados pueden ser más aplicables a poblaciones (y/o maniqués) diferentes a las consideradas en estos trabajos.

### **2.1. Calculo de tiempos de aislamiento**

Basados en el NUREG-1556, apéndice U, la ecuación B-5 estimada la dosis efectiva paciente-específico a los miembros de su familia a una distancia de 100 cm del paciente.

$$D(t) = \frac{34.6 \times F_{oc} \times \Gamma \times Q_o}{r^2} \left[ \left\{ T_p \times F_1 \times \left( 1 - e^{-\frac{0.229}{T_p} t} \right) + \left( T_{1eff} \times F_2 \times e^{-\frac{0.229}{T_p} t} \right) + \left( T_{2eff} \times F_3 \times e^{-\frac{0.229}{T_p} t} \right) \right\} \right] \quad (1)$$

Donde,

$T_p$  = semi-periodo de vida físico (días)

$T_{1eff}$  = semi-periodo de vida efectivo del componente extra-tiroideo (días)

$T_{2eff}$  = semi-periodo de vida efectivo del componente tiroideo (días)

$F_1$  = Fracción del  $^{131}\text{I}$  administrado que es removido del cuerpo solo por su semiperiodo de vida físico durante el tiempo para el que el  $^{131}\text{I}$  es absorbido por la sangre y la retención de la orina en la vejiga. Esto para las primeras 8 horas.

$F_2$  = Fracción de captación extra-tiroidea

$F_3$  = Fracción de captación tiroidea

$F_{oc}$  = Factor de ocupación

$Q_o$  = Actividad inicial (MBq)

$r$  = Distancia (m)

$\Gamma$  = Constante Gamma ( $\text{mSv m}^2 \text{h}^{-1} \text{MBq}^{-1}$ )

En nuestro caso los pacientes pasan internados como mínimo 48 horas antes de ser enviados a su casa, por lo tanto, el primer término de la ecuación (1), que toma en cuenta la dosis efectiva que recibiría una persona si el paciente lo irradia las primeras 8 horas, no debe ser tomado en cuenta; de esta manera la dosis efectiva del día  $t$  a infinito será:

$$D(t \rightarrow \infty) = \frac{34.6 \times F_{oc} \times \Gamma \times Q_o}{r^2} \left[ e^{-\frac{0.693 \times t}{T_p}} (T_{1eff} \times F_2 + T_{2eff} \times F_3) \right] \quad (2)$$

Por lo anterior, para encontrar los días de aislamiento que debería tener el paciente, sabiendo el límite de dosis para los miembros de su familia, determinando un factor de ocupación para cada uno de ellos, conociendo la distancia entre el paciente – familiares y midiendo otros parámetros paciente específico se llega a la siguiente ecuación despejando para  $t$ :

$$t_{ais}(\text{días}) = \left\{ \left( \frac{-T_p}{0.693} \right) \times \ln \left( \frac{r^2 D(t \rightarrow \infty)}{34.6 \times F_{oc} \times \Gamma \times Q_o \times (T_{1eff} \times F_2 + T_{2eff} \times F_3)} \right) \right\} - t_{int}(\text{días}) \quad (3)$$

Donde  $t_{int}(\text{días})$  es el tiempo en días que pasa el paciente internado en nuestro hospital. Si se utiliza el criterio emitido por Han [11] la ecuación (3) puede ser re-escrita como:

$$t_{ais}(\text{días}) = \left\{ \left( \frac{-T_p}{0.693} \right) \times \ln \left( \frac{D(t \rightarrow \infty)}{34.6 \times F_{oc} \times E_{MC} \times Q_o \times (T_{1eff} \times F_2 + T_{2eff} \times F_3)} \right) \right\} - t_{int}(\text{días}) \quad (4)$$

Note que al utilizar el factor  $E_{MC}$  se está eliminado la constante gamma y la dependencia con la distancia, esto es debido a que los estudios de Han consideran una distribución de la fuente radiactiva en zonas donde la misma muy probablemente estará ubicada en la vida real, por

ende, no considera el caso de una fuente puntual y por otro lado, toma en cuenta la distancia a la cual se estará ubicando el familiar del paciente.

### 2.1.1. Definición de los límites de dosis efectiva

Diversas instancias han definido límites de dosis efectiva para las distintas poblaciones, en este caso se considera los establecido por la Comisión Internacional de Protección Radiológica en la Publicación 103 [12] y 94 [4]. En la tabla 1 se pueden apreciar los límites de dosis efectiva que se definieron:

**Tabla 1. Límites de dosis efectiva**

Población	Dosis ( $\mu\text{Sv}$ )
Para niños menores de 2 años	1000
Para niños de 2 a 5 años	1000
Para niños de 5 a 11 años	1000
Para adultos	3000
Compañeros de Trabajo	1000
Dormir con adultos (cuidador)	5000

Note que según la ICRP 94 [4] el valor de dosis efectiva para niños menores de 2 años debe ser de  $300\mu\text{Sv}$ , al utilizar este valor en los cálculos, los resultados son tiempos muy prolongados de aislamiento, lo cual va en detrimento de la relación entre la madre y el niño, por lo tanto se utiliza el valor de  $1000\mu\text{Sv}$  que está considerado por la Comisión Europea [13] y las Normas básica de seguridad del IAEA [14].

### 2.1.2. Definición del factor de ocupación y de la distancia paciente – familiares

Se establecen en la tabla 2 condiciones de distancia y factor ocupación según la población, siguiendo lo recomendado por Siegel [15], Sisson [16], y por consenso interno.

**Tabla 2. Condiciones de distancia y ocupación**

Población	Distancia (m)	Factor de Ocupación
Para niños menores de 2 años	0.3	0,25
Para niños de 2 a 5 años	1	0,2
Para niños de 5 a 11 años	1	0,2
Para adultos (no cuidadores)	1	0,2
Ausentarse al trabajo	1	0,33
Dormir con adultos	0.3	0,33

Los valores de distancia y factor de ocupación han sido determinados considerando lo posibles escenario de exposición para cada población. Estos valores pueden ser modificados a nivel interno de los Departamentos de Medicina Nuclear considerando las condiciones socioeconómicas, culturales, laborales y el entorno familiar del paciente. Para esta

publicación todos estos valores se mantuvieron invariables para determinar el efecto de los mismos en los tiempos de aislamiento.

Para llegar a determinar los valores mostrados en la tabla 2, se determinó que en una semana de 7 días, tendremos 168 horas y se muestran en las tablas 3 y 4 el razonamiento para cada uno de estos factores según el grupo poblacional.

**Tabla 3. Razonamiento del factor de ocupación**

Población	Factor Ocupación	Razonamiento
Para niños menores de 2 años	0,25	Se asume que el menor pasa un máximo de 6 horas al día en contacto con el paciente.
Para niños de 2 a 5 años	0,2	Se asume que el menor pasa un máximo de 5 horas al día en contacto con el paciente.
Para niños de 5 a 11 años	0,2	Se asume que el menor pasa un máximo de 5 horas al día en contacto con el paciente.
Para adultos (no cuidadores)	0,2	Se asume que el paciente está acompañado 5 horas por día.
Ausentarse al trabajo	0,33	Se asume que el paciente trabaja 40 horas a la semana.
Dormir con adultos	0,33	Se asume que el paciente junto a su pareja 8 horas por día.

**Tabla 4. Razonamiento de la distancia paciente – familiares**

Población	Distancia	Razonamiento
Para niños menores de 2 años	0.3	Se asume que el menor estará en los brazos del paciente.
Para niños de 2 a 5 años	1	Se asume que el menor estará en contacto cercano con el paciente.
Para niños de 5 a 11 años	1	Se asume que el menor estará en contacto cercano con el paciente.
Para adultos (no cuidadores)	1	Se asume que los adultos estarán en contacto cercano con el paciente.
Ausentarse al trabajo	1	Este valor puede variar dependiendo de la actividad laboral del paciente.
Dormir con adultos	0.3	Se asume que el paciente duerme junto a su pareja.

Note que se asumen condiciones en las cuales el paciente está en contacto con sus familiares a una cierta distancia y con un factor de ocupación, sin embargo, la recomendación que se le brinda al paciente, es un aislamiento por un periodo de tiempo, de esta forma, si el paciente cumple con nuestra recomendación, el familiar o grupo poblacional de interés nunca llegará a tener la dosis efectiva que se asume en la tabla 1.

### **2.1.3. Determinación de los semi-periodo de vida efectivos y fracciones de captación de los componente extra-tiroideo y tiroideo**

El procedimiento que se sigue para determinar estos parámetros es similar al descrito en la publicación de la EANM [6], por otro lado, se publicaron resultados de la metodología seguida en nuestro servicio en el V Congreso ALFIM [17]; la única variación que se hace es realizar captaciones tiroideas y retenciones corporales totales a las 2, 24 y 48 horas para pacientes que vienen por una ablación, en los casos de pacientes que vienen por una recurrencia se realizan mediciones de captaciones tiroideas, retenciones corporales totales y mediciones de sangre a las 2, 24, 48, 72 y 96 horas o hasta que la retención corporal total llegue a ser inferior al 5%. En el caso de la determinación de la fracción de captación tiroidea, se utiliza el porcentaje de captación a las 24 horas y para la fracción de extra-tiroidea se resta al 100% el porcentaje de captación a las 24 horas. En el caso de la determinación del semi-periodo de vida efectivo del componente extra-tiroideo se realiza un ajuste de los datos medidos con una curva mono-exponencial en Excel y se encuentra el valor de la pendiente de esta curva para determinar el semi-periodo de vida. Por otro lado, para determinar el semi-periodo de vida efectivo del componente tiroideo se utiliza lo indicado por la EANM [18] para enfermedades tiroideas benignas; el ajuste de datos se hace utilizando el modelo matemático indicado por la EANM y utilizamos el programa llamado matemática para determinar los parámetros de ajuste.

#### **2.1.4. Datos de pacientes**

Todos nuestros pacientes reciben un consentimiento informado por escrito y verbal, donde se explican todas las posibles consecuencias del tratamiento con  $^{131}\text{I}$ , por otro lado, el día que el paciente obtiene su cita para el tratamiento se le dan instrucciones generales por escrito sobre recomendaciones antes, durante y después de su tratamiento, posteriormente el día que se le da la salida del hospital, el responsable de la protección radiológica brinda las recomendaciones basadas en los parámetros aquí establecidos.

Al ver la tabla 5 se puede constatar que se aplicó el método a 15 pacientes, 14 de ellos mujeres, todos con edades que varían desde los 20 hasta los 79 años, con una media de 37 años, para todos los pacientes se determinaron los semi-periodos de vida efectivo del componente tiroideo y del extra – tiroideo, por otro lado, se encuentran las fracciones de captación de los mismos componentes. Solo 1 de los 15 pacientes tuvo una captación tiroidea de 14.6%, pero a la hora de realizar el ultrasonido de control, se evidenció que el residuo de tejido tiroideo era menor a 1 cm en lecho tiroideo, no se evidenciaron otras masas en el resto del cuello, ésta paciente que recibió 75 mCi. El resto de pacientes que recibieron 100 mCi sus captaciones tiroideas a las 24 horas fueron menores a 4% y sus retenciones corporales totales variaron entre 85.4 y 99% a las 24 horas. De los pacientes que recibieron 150 mCi, todos ellos fueron tratados por recurrencia de la enfermedad, sus captaciones tiroideas a las 24 horas fueron inferiores al 1.5%, sus retenciones corporales totales a las 24 horas variaron entre 98.5 y 99.7%. En el caso del semi – periodo de vida efectivo del componente extra – tiroideo este vario en un rango de 45.01 a 10.73 horas y para el semi – periodo del componente tiroideo vario entre 175 y 7.92 horas.

**Tabla 5. Información de los pacientes y datos obtenidos**

Paciente	Actividad (mCi)	Edad	Sexo	Masa (Kg)	Altura (cm)	Dosis (Gy)	T <sub>1/2</sub> Cuerpo (h)	% Captación Cuerpo	T <sub>1/2</sub> Tiroides (h)	% Captación Tiroides
1	75	57	F	62.2	160	0.59	27.62	85.4	175	14.6
2	100	29	F	57	160	0.59	17.37	99	175	1
3	100	47	F	68	165	0.45	15.44	96.1	175	3.9
4	100	79	F	52	145	1.49	36.29	97.2	117.22	2.8
5	100	20	F	70	156	0.35	10.73	98.5	16.6	1.5
6	100	36	F	55	160	0.59	18.34	98.9	142.48	1.1
7	100	32	F	64	157	0.36	11.27	99.1	92.23	0.9
8	100	51	F	66	157	0.51	15.1	98.9	13.89	1.1
9	100	60	F	81.4	153	0.55	17.91	98.4	11.68	1.6
10	100	33	F	79	161	0.57	21.87	91	149.2	9
11	100	37	F	72.5	158	0.41	14.59	98	141.17	2
12	150	27	F	56	150	1.87	45.01	98.5	78.73	0.5
13	150	34	F	48	154	0.55	11.23	99.7	7.92	0.3
14	150	58	F	78	149	0.83	14.09	99.5	14.11	0.5
15	150	74	M	91	170	0.45	16.99	98.7	12.72	1.3

Para determinar el semi – periodo de vida efectivo del componente tiroideo se utiliza el método descrito por la EANM [18]; sí el valor estimado es mayor al semi – periodo de vida efectivo teórico planteado por la USNRC [9], se utiliza el valor de la USNRC ya que este valor es cercano al semi – periodo de vida físico y este último no debe ser superado. Es importante notar que entre mayor sea la fracción de captación tiroidea mayor será el semi – periodo de vida efectivo del componente tiroideo y por ende los tiempos de aislamiento se incrementaran.

Por otro lado, en el caso de los pacientes con recurrencia de enfermedad, es decir, aquellos que recibieron 150 mCi, se puede mencionar que a) los pacientes con recurrencia local de la enfermedad tendrán semi – periodos de vida efectivos de ambos componentes realmente cortos por lo que sus periodos de aislamiento serán cortos; b) los pacientes con algún tipo de enfermedad metastasica ya sea ósea o pulmonar (paciente 12), tendrán semi – periodo de vida efectivos del componente tiroideo largos y en el caso del semi – periodo de vida efecto del componente extra – tiroideo también serán largos ya que el yodo estará recirculando entre la sangre y las lesiones. Hemos podido verificar en trabajos previos [17] y a lo largo de los años que en algunos pacientes con enfermedad metastasica ósea su retención corporal total no llega a ser inferior de 10% en menos de 9 días, por lo que estos casos los periodos de restricción se incrementan enormemente.

Las tablas 6 y 7 muestran los resultados encontrados para los 15 pacientes, los datos se comparan contra las recomendaciones del IAEA [3], note que en estos resultados preliminares solo se cuenta con información de pacientes que han recibido 100 mCi (3700 MBq) y 150 mCi (5550 MBq).

Como se puede ver en la tabla 6, en el caso de 100 mCi, las recomendaciones en días son muy similares para el aislamiento de niños menores de 2 años, esto al comparar el promedio, sin embargo, es importante notar rango de variación de estos días para estos pacientes. Si

comparamos al mismo grupo poblacional pero para 150 mCi, note la discrepancia tan marcada que existe.

Se puede también observar que en el caso de los otros dos grupos poblacionales de interés para niños, los tiempos encontrados son menores a los propuestos por el IAEA para los 100 mCi, esto puede ser debido a la distancia entre el paciente y el grupo poblacional, aunque éste parámetro está acorde con normas internacionales. Note que en el caso de 150 mCi el promedio estimado es mayor al del IAEA, pero se debe tomar en cuenta que al menos un paciente tenía una enfermedad metastásica importante por lo que pudo hacer variar de gran forma este resultado.

En la tabla 7 se analizan parámetros que revisten de gran importancia para algunos pacientes, dado que tiene una relación con su regreso al lugar de trabajo y con su pareja. Para los 100 mCi, para ausentarse del lugar de trabajo, el promedio del valor estimado es muy similar al valor establecido por el IAEA, sin embargo, la variación es importante. Para los 150 mCi los resultados son muy diferentes, a pesar que tanto la distancia como la dosis efectiva están acorde con las normas internacionales.

En el caso de evitar sitios de entretenimiento, para los 100 mCi y 150 mCi, los resultados son muy diferentes, eso se puede deber a que usamos una dosis efectiva de 3 mSv, hemos considerando este valor para este parámetro, dado que la probabilidad de que el paciente pueda ver a la misma persona en el mismo lugar es sumamente baja.

Finalmente para el caso donde el paciente debe dormir solo, para los 100 mCi, se puede ver que los resultados estimados son muy similares a los establecidos por el IAEA. Para los 150 mCi los resultados estimados son muy diferentes a los establecidos por el IAEA.

**Tabla 6. Resumen de resultados de las recomendaciones según la actividad recibida de cada paciente. Las recomendaciones se dan en días de aislamiento.**

Recomendación		Nueva	IAEA	Nueva	IAEA	Nueva	IAEA
Actividad (mCi)	Resultados	Niños < 2 años		Niños de 2 a 5 años		Niños de 5 a 11 años	
100	Máximo	28	20	9	17	9	17
	Mínimo	13		0		0	
	Promedio	21.6		3.6		3.6	
	Des. Est.	4.8		3.5		3.5	
150	Máximo	36	5	18	4	18	3
	Mínimo	20		1		1	
	Promedio	25.3		6.5		6.5	
	Des. Est.	7.5		8.0		8.0	



**Tabla 7. Resumen de resultados de las recomendaciones según la actividad recibida de cada paciente. Las recomendaciones se dan en días de aislamiento.**

Recomendación		Nueva	IAEA	Nueva	IAEA	Nueva	IAEA
Actividad (mCi)	Resultados	Ausentarse del trabajo		Evitar lugares de entretenimiento		Dormir solos	
100	Máximo	15	7	0	10	24	20
	Mínimo	0		0		9	
	Promedio	8.7		0		18	
	Des. Est.	4.8		0		4.8	
150	Máximo	23	2	5	6	33	4
	Mínimo	7		0		16	
	Promedio	12.3		1.3		21.5	
	Des. Est.	7.5		2.5		8	

### 3. CONCLUSIONES

El uso de parámetros biocinéticos para la determinación de tiempos de aislamiento (restricción) representa un escenario idóneo, ya que se ajusta a las condiciones del paciente, este método se fundamenta en el procedimiento de análisis de dosimetría interna utilizado rutinariamente en los Departamentos de Medicina Nuclear, los cuales han sido ampliamente validados por las diversas sociedades científicas de Medicina Nuclear.

Creemos que se deben desarrollar estudios como los desarrollados por Barrington [2] y utilizando la metodología aquí descrita, para poder validar por completo la metodología aquí propuesta y hacer un control cruzado efectivo sobre la exposición de cada uno de los grupos poblacionales.

Especial atención debe ser puesta a los pacientes con recurrencia de la enfermedad, dado que en general la retención del <sup>131</sup>I en su cuerpo será mucho mayor y por tanto los tiempos de aislamiento no se ajustaran a las recomendaciones brindadas por organismos internacionales.

### 4. REFERENCIAS

1. Monsieurs M., Thierens H., Dierckx R. A. et al, “Real-life radiation burden to relatives of patients treated with iodine-131: a study in eight centres in Landers (Belgium)”, *Eur J Nucl Med*, **25**: 1368 – 1376 (1998).
2. Barrington S., O’Doherty M., Kettle A. G. et al, “Ratiation exposure of the families of outpatients treated with radioiodine (iodine-131) for hyperthyroidism”, *Eur J Nucl Med*, **26**: 686 – 692 (1999).
3. IAEA. “Release of patients after radionuclide therapy”. *Safety Reports Series No. 63*, Vienna, Austria (2009).
4. ICRP, “Release of patients after therapy with unsealed radionuclides, ICRP Publication 94”. *Ann. ICRP* **34** (2) (2004)

5. Mora-Ramirez E., Fonseca-Zamora C., Gonzalez-Solano U. et al, “Implementación de guías con recomendaciones de protección radiológica para pacientes con cáncer de tiroides de reciben tratamiento terapéutico con  $^{131}\text{I}$ ”, *V Congreso ALFIM*, Cuzco (2010). También disponible en ResearchGate.
6. Lassmann M., Hänscheid H., Chiesa C. et al, “EANM Guideline for radioiodine therapy of differentiated thyroid cancer”. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, **35**, 1405 – 1412 (2008).
7. Sisson J.C., Shulkin B.L., Lawson S., “Increasing efficacy and safety of treatments of patients with well differentiated thyroid carcinoma by measuring body retentions of  $^{131}\text{I}$ ”, *J Nucl Med*, **43**: 898 – 903 (2003).
8. Hänscheid H., Lassmann M., Luster M., et al, “Blood dosimetry from a single measurement of the whole body radioiodine retention in patients with differentiated thyroid carcinoma”, *Endocrine – Related Cancer*, **16**: 1283 – 1289 (2009).
9. United States Nuclear Regulatory Commission, “Consolidated Guidance About, Materials Licenses, Program-Specific Guidance About Medical Use Licenses, Final Report: NUREG–1556”, Rev. 2, Apéndice U., **Vol. 9**: U1 – U25 (2008).
10. Han E.Y., Lee C., Bolch W. E., “TEDE per cumulated activity for family members exposed to adult patients treated with  $^{131}\text{I}$ ”, *Radiat. Prot. Dosim.*, **153**: 448 – 456 (2013).
11. Han E.Y., Lee C., Mcguire L., et al, “A practical guideline for the release of patients treated by I-131 based on Monte Carlo dose calculations for family members”, *J. Radiol. Prot.* **34**: N7 – N 17 (2014).
12. ICRP, “The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 103”, *Ann. ICRP* **37 (2 – 4)** (2007).
13. European Commission. “Radiation Protection 97: Radiation Protection following Iodine-131 therapy”, (1998).
14. IAEA, “Colección de Seguridad 115”, Viena, Austria (1995).
15. Siegel J.A., Marcus C.S., Stabin M.G., “Licensee over-reliance on conservatism in NRC guidance regarding the release of patients treated with  $^{131}\text{I}$ ”. *Health Phys.*, **93 (6)**: 677 – 677 (2007).
16. Sisson J.C., Freitas J., McDougall I.R., et al, “Radiation Safety in the treatment of patients with thyroid diseases by radioiodine  $^{131}\text{I}$ : practice recommendations of the American Thyroid Association”, *Thyroid*, **21 (4)**: 335 – 346 (2011).
17. Mora-Ramirez E., Mora-Rodriguez P., Salas-Ramirez M., “Estimación de dosis absorbida en pacientes que reciben tratamientos terapéuticos con  $^{131}\text{I}$  por cáncer de tiroides”, *V Congreso ALFIM*, Cuzco (2010). También disponible en ResearchGate.
18. Hänscheid H., Canzi C., Eschner W., et al, “EANM Dosimetry committee series on standard operational procedures for pre-therapeutic dosimetry II. Dosimetry prior to radioiodine therapy of benign thyroid diseases”, *Eur J Nucl Med Mol Imaging*, **40 (7)**: 1126 – 1134 (2013).