

## INTERCOMPARACIÓN ARGENTINA DE DOSIMETRÍA INTERNA 2014: MEDICIÓN DIRECTA DE ACTIVIDAD EN TIROIDES

A Rojo<sup>1</sup>, N Puerta<sup>1</sup>, S Gossio<sup>1</sup>, I Gomez Parada<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Argentina

### RESUMEN

El Laboratorio de Dosimetría Interna (LDI) de la ARN, durante el año 2014, organizó un ejercicio de Intercomparación Nacional de Medición Directa de Actividad en Tiroides, al cual convocó a Laboratorios Nacionales (LN) que tienen previsto o que realizan regularmente el monitoreo individual de <sup>131</sup>I de los trabajadores.

La finalidad de este ejercicio fue verificar las características experimentales de cada laboratorio, asegurar la confiabilidad de sus resultados de medición directa de <sup>131</sup>I en tiroides y las competencias en la evaluación de los mismos para el reporte de dosis efectiva comprometida.

Los laboratorios participantes fueron seis. Dichos participantes efectuaron la medición de un simulador de tiroides siguiendo el procedimiento establecido en el protocolo de medición y posteriormente calcularon la dosis efectiva comprometida correspondiente a un caso simulado de exposición interna. El análisis de desempeño de los participantes incluyó el estudio de su límite de detección, la veracidad de la actividad hallada, el análisis de su repetibilidad, un estudio del reporte de actividad e incertidumbre y el análisis de los resultados de dosis E(50). La veracidad y la repetibilidad de las actividades reportadas por cada laboratorio se evaluaron mediante los criterios establecidos en la Norma ISO 28218. El reporte de actividad e incertidumbre se analizó mediante el método E<sub>n</sub>-score.

En este trabajo se analizaron los aspectos más destacables del desempeño de los LN. El porcentaje de resultados aceptados fue muy satisfactorio ya que el 100% de los laboratorios cumplen los criterios de veracidad y precisión, el 67% reporta actividad e incertidumbre de forma satisfactoria, y el 100 % de los LN reporta resultados de dosis efectiva comprometida.

### 1. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de dosimetría interna de la Autoridad Regulatoria Nuclear ha organizado en el año 2014 un ejercicio de Intercomparación Nacional de Medición Directa de Actividad en Tiroides, al cual convocó a Laboratorios Nacionales (LN) que tienen capacidad para realizar el monitoreo individual de <sup>131</sup>I de los trabajadores.

Se presenta el análisis de los resultados de este ejercicio que se corresponde con los criterios establecidos en el PROYECTO ARCAL LXXVIII: RLA 9/049 - Procedimiento para determinación directa de radionucleidos en el cuerpo humano [1] y a los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna, publicados en la página web de EURADOS <http://www.eurados.org/...>, "IDEAS Guidelines (versión 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data" [2].

Los laboratorios participantes en este ejercicio de intercomparación se presentan en la tabla 1

**Tabla 1. Laboratorios participantes en la Intercomparación Regional de Dosimetría Interna**

CNEA-UBA-Instituto Roffo Medicina Nuclear
CNEA- Centro Atómico Bariloche División Protección Radiológica
CNEA- Centro Atómico Ezeiza Dosimetría Personal y de Área
NA-SA - Central Nuclear Embalse Dosimetría
NA-SA - Central Nuclear Atucha Dosimetría
ARN- Laboratorio de Dosimetría Interna

El objetivo de este trabajo es presentar el análisis de los resultados de la Intercomparación Nacional de Medición Directa de Actividad en Tiroides para verificar la capacidad de medición directa de  $^{131}\text{I}$  en tiroides de los laboratorios participantes y su capacidad de interpretación de datos de monitoreo individual para evaluar la exposición interna de los trabajadores para el reporte de la E(50).

## 2. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

Cada laboratorio participante presentó el resultado de actividad (Bq) de la medición directa de un simulador de tiroides con una fuente de  $^{133}\text{Ba}$  y un reporte de dosis E(50) (mSv) correspondiente a dicha medición de acuerdo al protocolo de esta intercomparación [3].

A continuación se presentan la evaluación de los resultados de la medición directa del simulador de tiroides y la evaluación del reporte de la dosis efectiva comprometida. Debido a que los participantes debían estimar la E(50) empleando el valor de actividad determinada por ellos, el Laboratorio Organizador valoró los dos resultados independientemente. Para la evaluación de desempeño de la E(50) se asumió que el valor de actividad en el simulador de tiroides reportado por cada laboratorio era verdadero. En la publicación ARN PI 3/15 [3], se detalla el desempeño de cada laboratorio.

### 2.1 Evaluación de los Resultados de Medición

En la evaluación de los resultados de medición se hicieron estudios de veracidad y precisión. El estudio de la veracidad se hizo a través del sesgo ( $B_r$ , *relative bias*). La precisión se evaluó mediante la dispersión relativa de los valores de  $B_r$  ( $S_{B_r}$ ). Se completó el análisis con el estadístico  $E_n$ .

### 2.1.1 Determinación del valor asignado de la actividad de $^{133}\text{Ba}$

Para el análisis estadístico de los resultados de medición es necesario disponer de un valor de referencia contra el cual contrastar los resultados de los participantes. Ese valor de referencia, “valor asignado”, se estableció a partir del valor certificado de la fuente de  $^{133}\text{Ba}$ . En la tabla 1 se presentan los datos de actividad de la fuente de  $^{133}\text{Ba}$ .

**Tabla 1. Valores de actividad de  $^{133}\text{Ba}$  y su incertidumbre combinada en la fecha de calibración de la fuente (código 02-12).**

Fecha de calibración de la fuente (código 02-12)	Valor Asignado de actividad de $^{133}\text{Ba}$ (Bq)	Incertidumbre estándar combinada (k=1)
20 de abril de 2010	1,35E+04	2,25%

### 2.1.2 Análisis estadístico de los valores de Medición Reportados

El sesgo relativo se calculó como la diferencia entre la media de las mediciones independientes informadas por cada laboratorio participante y su valor verdadero o “valor asignado” [4], (ver expresión 1):

$$B_r = \frac{\bar{A}_i - A_{ref}}{A_{ref}} \quad (1)$$

Donde:

**$B_r$** : Sesgo relativo de la actividad media reportada por el laboratorio participante.

**$\bar{A}_i$** : Actividad media de las  $i$  mediciones independientes realizadas por el laboratorio participante.

**$A_{ref}$** : Valor asignado.

La precisión del laboratorio se determinó a través de una serie de mediciones repetidas del simulador usando el mismo equipo de medición, dentro del mismo laboratorio y en intervalos cortos de tiempo. Se determinó la precisión de cada laboratorio participante mediante la dispersión relativa de los valores de  $B_{ri}$  respecto de su media  $B_r$ , según se indica en la expresión 2 [4]:

$$s_{B_r} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (B_{ri} - B_r)^2}{n-1}} \quad (2)$$

Donde:

**$s_{B_r}$** : Dispersión relativa de los valores de  $B_r$

**$B_{ri}$** : Sesgo relativo para la medición  $i$ .

**$B_r$** : Sesgo relativo.

**n** : Número total de mediciones independientes.

Debido a que las evaluaciones de desempeño anteriores establecidas en la ISO 28218, no consideran la incertidumbre en la medición, se decidió incluir otra prueba de desempeño en la que se contemplan estas incertidumbres. El resultado se evaluó mediante el estadístico  $E_n$  [5] ver expresión 3:

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{ref}^2 + U_{lab}^2}} \quad (3)$$

Donde:

**x**: Valor de actividad reportado por el laboratorio

**X**: Valor asignado de actividad

**U<sub>lab</sub>**: Incertidumbre expandida de x (k=2, nivel de confianza de aprox. 95%)

**U<sub>ref</sub>**: Incertidumbre expandida de X (k=2, nivel de confianza de aprox. 95%)

### 2.1.3 Criterios de aceptación de los valores de actividad

Se aceptó la veracidad de los resultados de medición si el valor del sesgo  $B_r$  se encontraba en un rango de -0,25 a 0,50 para un k=1 (nivel de confianza del 68%) [4].

Se aceptó la precisión de los resultados de medición si el valor absoluto de la desviación estándar de los resultados de medición era menor o igual a 0,4 para un k=1 (nivel de confianza del 68%) [4].

El estadístico  $E_n$  cuyo modulo fuera mayor a 1 (nivel de confianza del 98%), fue considerado “No Aceptado” [5].

$$\begin{aligned} |E_n| \leq 1 & \text{ resultado "Aceptado"}, \\ |E_n| > 1 & \text{ resultado "No Aceptado"} \end{aligned}$$

## 2.2 Evaluación de los resultados de incorporación y dosis efectiva

En la evaluación de los resultados de Incorporación y E(50) se analizó la veracidad. El estudio de la veracidad se hizo a través del sesgo relativo ( $B_r$ , *relative bias*).

### 2.2.1 Determinación del valor asignado

El valor asignado de Incorporación y la E(50) se determinó a partir de un valor de consenso del Laboratorio Organizador (LO). Este valor se obtuvo para cada laboratorio participante considerando los valores reportados.

### 2.2.2 Análisis estadístico de los valores de Incorporación y E(50)

El sesgo relativo se calculó como la diferencia entre los valores reportados de Incorporación y E(50) por cada laboratorio participante y su “valor asignado” [4], (ver expresión 4):

$$B_r = \frac{X - X_{ref}}{X_{ref}} \quad (4)$$

Donde:

**B<sub>r</sub>**: Sesgo relativo del valor reportado por el laboratorio participante.

**X**: Valor reportado de Incorporación o de E(50) del laboratorio participante

**X<sub>ref</sub>**: Valor asignado de Incorporación o de E(50)

### 2.2.3 Criterio de Aceptación de los Valores de Dosis Efectiva Comprometida

En esta intercomparación se evaluó el reporte de cálculo considerando el dato de medición hallado por cada laboratorio. Por lo tanto, cada caso de evaluación es diferente y dado que no pertenecen a la misma distribución no es posible aplicar el estadístico z.

Hasta el momento no hay un consenso internacional respecto de los criterios de aceptación en intercomparaciones de cálculo de Dosis Efectiva Comprometida. En este contexto, en la elaboración de este informe el LO decidió presentar, para todos los laboratorios, un análisis de desempeño basado únicamente en los valores B<sub>r</sub> de Incorporación y Dosis Efectiva Comprometida.

## 3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados reportados por los laboratorios.

### 3.1. Resultados de la medición

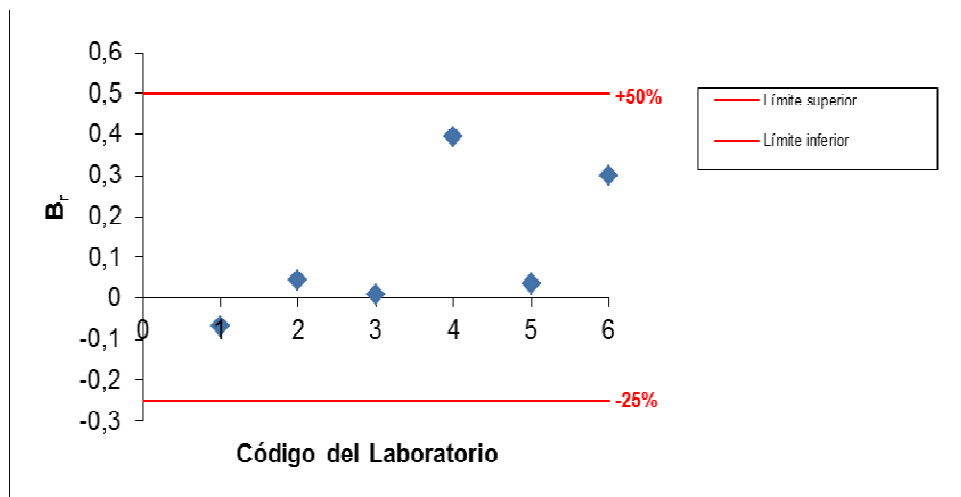
Para evaluar los resultados de actividad del simulador de tiroides determinada por cada laboratorio, se aplicó un factor de corrección que tiene en cuenta el decaimiento radiactivo por el tiempo transcurrido entre la fecha de calibración de la fuente y la fecha en que el laboratorio participante reporta la medición. A continuación, se muestran los resultados de actividad determinada por cada laboratorio participante con su sesgo (B<sub>r</sub>), su dispersión relativa de los valores de B<sub>r</sub> ó desviación estándar (S<sub>B<sub>r</sub></sub>) y la evaluación de desempeño.

**Tabla 2. Actividad del simulador de tiroides determinada por cada laboratorio participante con su sesgo (B<sub>r</sub>), su dispersión relativa de los valores de B<sub>r</sub> ó desviación estándar (S<sub>B<sub>r</sub></sub>) y su evaluación de desempeño.**

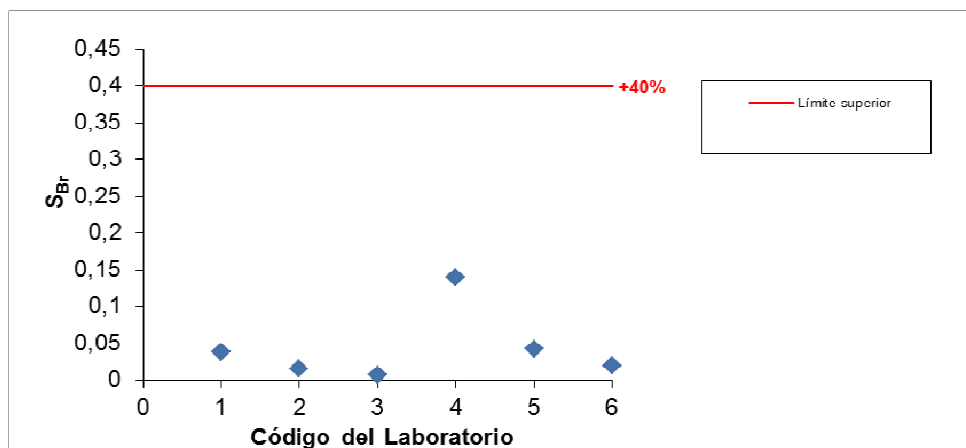
Código	Actividad (Bq)	B <sub>r</sub>	S <sub>B<sub>r</sub></sub>	Evaluación de desempeño
1	9460	-7%	4%	Aceptado valor de sesgo y precisión
2	10620	4%	2%	Aceptado valor de sesgo y precisión

Código	Actividad (Bq)	$B_r$	$S_{B_r}$	Evaluación de desempeño
3	10347	1%	1%	Aceptado valor de sesgo y precisión
4	14226	39%	14%	Aceptado valor de sesgo y precisión
5	10629	3%	4%	Aceptado valor de sesgo y precisión
6	13207	30%	2%	Aceptado valor de sesgo y precisión

En la figura 1 y 2 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el sesgo ( $B_r$ ) y la dispersión relativa de los valores de  $B_r$  ( $S_{B_r}$ ).



**Figura 1. Sesgo relativo ( $B_r$ ) de la medición reportada**



**Figura 2. Dispersión relativa de los valores de  $B_r$  de las mediciones reportadas**

En la tabla 3 se presentan los resultados del estadístico  $E_n$  score

**Tabla 3. Resultados del análisis de desempeño mediante el estadístico  $E_n$**

Código	Actividad (Bq)	Incertidumbre expandida $U(A)$ , $k=2$ (Bq)	$ E_n $	Evaluación de desempeño
1	9460	520	0,98	Aceptado
2	10620	1484	0,29	Aceptado
3	10347	542	0,14	Aceptado
4	14226	1176	3,19	No Aceptado
5	10629	850	0,37	Aceptado
6	13207	594	4,06	No Aceptado

### 3.2. Resultados de la incorporación y dosis efectiva

El Laboratorio Organizador realizó evaluaciones independientes de la Incorporación y Dosis Efectiva a partir del valor de actividad reportado por cada laboratorio siguiendo los lineamientos de las guías IDEAS [2].

El valor asignado de Incorporación y de  $E(50)$  para cada laboratorio se determinó a partir de un valor de consenso del Laboratorio Organizador.

A continuación se presenta el análisis del reporte de cada uno de los laboratorios respecto del laboratorio organizador (LO). El laboratorio 6 no reportó resultados de Incorporación y  $E(50)$ .

**Tabla 4. Resultados del Laboratorio 1 (L1) y Laboratorio Organizador (LO)**

L1	LO	Observaciones	L1	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Período 1</b>	<b>M (Bq)</b>		<b>Período 2</b>
6450	6450		9460	9460	
<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>			<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>		
322	322		260	260	

L1	LO	Observaciones
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
33247	31618	5,2%
<b>P (Bq)</b>		<b>Observaciones</b>
0	0	-----
<b>Fecha de Incorporación</b>		<b>Observaciones</b>
28-nov	29-nov	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0,66	0,63	4,4%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2,00E-8	2,00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1,15	1,15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
5B	3.5.1	*i

L1	LO	Observaciones
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
31624	30098	5,1%
<b>P (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de P</b>
897	3320	-73,0%
<b>Fecha de Incorporación</b>		<b>Observaciones</b>
05-dic	06-nov	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0,63	0,60	4,7%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2,00E-8	2,00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1,15	1,15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
5B	3.5.1	*i

\* Observaciones al L1: i) No identifica correctamente último paso de las guías IDEAS

**Tabla 5. Resultados del Laboratorio 2 (L2) y Laboratorio Organizador (LO)**

L2	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 1</b>
6450	6450	
<b>σ (Bq)</b>		
322	322	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
31618	31618	0,0%
<b>P (Bq)</b>		<b>Observaciones</b>
0	0	-----
<b>Fecha Inc,</b>		<b>Observaciones</b>
29-nov	29-nov	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0,6324	0,63	0,1%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2,00E-8	2,00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1,15	1,15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
3.5.1	3.5.1	-----

L2	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 2</b>
10620	10620	
<b>σ (Bq)</b>		
742	742	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
38280	35784	7,0%
<b>P (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de P</b>
3320	3320	0,0%
<b>Fecha Inc,</b>		<b>Observaciones</b>
05-nov	06-dic	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0,7656	0,72	6,9%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2,00E-8	2,00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1,15	1,15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
3.5.1	3.5.1	-----



**Tabla 6. Resultados del Laboratorio 3 (L3) y Laboratorio Organizador (LO)**

L3	LO	Observaciones	L3	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 1</b>	<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 2</b>
6450	6450		10347	10347	
<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>			<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>		
322	322		271	271	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>	<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
34677	31618	9,7%	37515	34446	8,9%
<b>P (Bq)</b>		<b>Observaciones</b>	<b>P (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de P</b>
0	0	-----	3369	3320	1,5%
<b>Fecha Inc,</b>		<b>Observaciones</b>	<b>Fecha Inc,</b>		<b>Observaciones</b>
29-nov	29-nov	-----	05-dic	06-dic	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>	<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0,694	0,63	9,8%	0,750	0,69	8,9%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>	<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2,00E-8	2,00E-8	-----	2,00E-08	2,00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>	<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
2,06	1,15	*i	2,06	1,15	*i
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>	<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
-----	3.5.1	*ii		3.5.1	*ii

\* Observaciones al L3: i) No usa el valor recomendado para el SF<sub>B</sub>; ii) No identifica el último paso de las Guías IDEAS

**Tabla 7. Resultados del Laboratorio 4 (L4) y Laboratorio Organizador (LO)**

L4	LO	Observaciones	L4	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Período 1</b>	<b>M (Bq)</b>		<b>Período 2</b>
6450	6450		14226	14226	
<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>			<b><math>\sigma</math> (Bq)</b>		
322	322		588	588	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>	<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de la Inc.</b>
33100	31618	4.7%	55800	53480	4.3%
<b>P (Bq)</b>		<b>Observaciones</b>	<b>P (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de P</b>
3340	0	* i	5640	3320	69.9%
<b>Fecha Inc.</b>		<b>Observaciones</b>	<b>Fecha Inc.</b>		<b>Observaciones</b>
	29-nov	* ii		06-dic	* ii
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>	<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>

L4	LO	Observaciones
0.3641	0.63	-42.4%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
1.1 E-8	2.00 E-8	*iii
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1.05	1.15	*iv
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
	3.5.1	* v

L4	LO	Observaciones
0.6138	1.07	-42.6%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
1.1 E-8	2.00 E-8	*iii
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1.05	1.15	*iv
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
	Continua 3.6	* v

\* Observaciones al L4: i) Halla erróneamente un valor de P; ii) No reporta fecha de incorporación; iii) El valor de e(50) es incorrecto, usa el valor de aerosol; iv) No usa el valor recomendado para el SF<sub>B</sub>; v) No identifica el último paso de las guías IDEAS.

**Tabla 8. Resultados del Laboratorio 5 y Laboratorio Organizador (LO)**

L5	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 1</b>
6450	6450	
<b>σ (Bq)</b>		
322	322	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de Inc.</b>
31773	31618	0.5%
<b>P (Bq)</b>		<b>Observaciones</b>
0	0	-----
<b>Fecha Inc.</b>		<b>Observaciones</b>
28-nov	29-nov	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0.630	0.632	-0.3%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2.0 E-8	2.00E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1.15	1.15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
3.5.1	3.5.1	-----

L5	LO	Observaciones
<b>M (Bq)</b>		<b>Periodo 2</b>
10629	10629	
<b>σ (Bq)</b>		
425	425	
<b>I (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo de Inc.</b>
35925	35828	0.3%
<b>P (Bq)</b>		<b>Sesgo relativo</b>
3336	3320	0.5%
<b>Fecha Inc.</b>		<b>Observaciones</b>
05-dic	06-dic	-----
<b>E(50)</b>		<b>Sesgo relativo de E(50)</b>
0.710	0.716	-0.8%
<b>e(50)</b>		<b>Observaciones</b>
2.0 E-8	2.0E-8	-----
<b>SF<sub>B</sub></b>		<b>Observaciones</b>
1.15	1.15	-----
<b>Paso Guías IDEAS</b>		<b>Observaciones</b>
3.5.1	3.5.1	-----

## 4. CONCLUSIONES

### 4.1 Conclusiones de los Resultados de Medición del Simulador de Tiroides

Los seis laboratorios participantes efectuaron la medición del simulador de tiroides siguiendo el procedimiento establecido en el protocolo de medición. El análisis de desempeño demuestra que el 100% de los laboratorios cumplen los criterios de veracidad y precisión. Sin embargo, en el análisis mediante el estadístico  $E_n$ , sólo los resultados de cuatro de los seis laboratorios son aceptables, demostrando que, si bien todos los laboratorios reportan el valor de actividad dentro de los parámetros aceptables, es necesario fortalecer la metodología para el cálculo de la incertidumbre asociada.

### 4.2 Conclusiones de los Resultados de la Evaluación de Incorporación y Dosis Efectiva

De los seis laboratorios que reportaron actividad en esta intercomparación, cinco completaron el cálculo de la dosis efectiva comprometida correspondiente al escenario de exposición interna propuesto por el Laboratorio Organizador. Cuatro laboratorios reportaron resultados de Incorporación y E(50) con un sesgo relativo menor al 10%.

Este ejercicio contribuyó a difundir los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna publicado por el grupo europeo de dosimetría (EURADOS) "IDEAS Guidelines for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data".

## 5. REFERENCIAS

- [1] ARCAL RLA/09/049. Procedimiento para la Determinación in vivo de Radionucleidos en el Cuerpo Humano. PR/ARCAL LXXVIII/04. Diciembre (2005).
- [2] C.M. Castellani, J.W. Marsh, C. Hurtgen, E. Blanchardon, P. Berard, A. Giussani, M.A. Lopez. IDEAS Guidelines (Version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data. EURADOS Report 2013-01 Braunschweig, March (2013).
- [3] ARN PI 3/15 Intercomparación Regional de Dosimetría Interna 2014: Medición de Actividad en Tiroides
- [4] ISO 28218-1. Radiation Protection-Performance criteria for Radiobioassay, Suiza (2010).
- [5] ISO/IEC 17043:2010. Conformity assessment- General requirements for proficiency testing. Suiza (2010).