

INTERCOMPARACIÓN REGIONAL DE DOSIMETRÍA INTERNA 2013

Rojo, A.¹, Puerta, N.¹, Gossio, S.¹, Gomez Parada, I.¹, Cruz Suarez, R.², López E.³, Medina C.⁴, Lastra Boylan, J.⁵, Pinheiro Ramos, M.⁶, Mora Ramírez, E.⁷, Alves dos Reis, A.⁸, Yáñez, H.⁹, Rubio, J.¹⁰, Vironneau Janicek, L.¹, Somarriba Vanegas, F.¹², Puerta Ortiz, J.¹³, Salas Ramírez, M.¹⁴, López Bejerano, G.¹⁵, da Silva, T.¹⁶, Miri Oliveira, C.¹⁶, Terán, M.¹⁷, Alfaro, M.¹⁸, Garcia, T.¹⁸, Angeles, A.¹⁸, Duré Romero, E.¹⁹ y Farias de Lima, F.²⁰

¹ Autoridad Regulatoria Nuclear (ARN), Argentina

² International Atomic Energy Agency (IAEA), Vienna, Austria

³ Instituto Peruano de Energía Nuclear, (IPEN), Perú

⁴ Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, (CNSNS), México

⁵ Central Laguna Verde, (CLV), México

⁶ Eletrobras Eletronuclear S.A., Brasil

⁷ Hospital San Juan de Dios, Costa Rica

⁸ Instituto de Radioproteção e Dosimetria, (IRD), Brasil

⁹ Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, (IVIC), Venezuela

¹⁰ Centro Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN), República Dominicana

¹¹ Comisión Chilena de Energía Nuclear, (CCHEN), Chile

¹² Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, (UNAN), Nicaragua

¹³ Universidad Nacional de Colombia (UNAl), Medellín, Colombia

¹⁴ Hospital México, Costa Rica

¹⁵ Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, (CPHR), Cuba

¹⁶ Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Brasil

¹⁷ Facultad de Química – CMN, Htal. Clínicas, Facultad de Medicina, Uruguay

¹⁸ Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, (ININ), México

¹⁹ Comisión Nacional de Energía Atómica, (CNEA), Universidad Nacional de Asunción, Paraguay

²⁰ Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, Comissão Nacional de Energia Nuclear, (CNEN), Brasil

RESUMEN

La interpretación de datos de monitoreo personal, tanto de mediciones "in vivo" como "in vitro", para llegar a la estimación de la incorporación y de la dosis efectiva comprometida, es un proceso complejo cuyo resultado depende de una serie de factores: la cantidad y calidad de los datos, la habilidad del dosimetrista, las herramientas de cálculo disponibles y de las hipótesis de trabajo asumidas. Esta variedad de factores, hacen que para un mismo caso, distintos laboratorios obtengan resultados diferentes. En casos complejos, estas diferencias pueden llegar a ser importantes.

Se vió así la necesidad de armonizar los procedimientos para que puestos a evaluar un caso de incorporación de material radiactivo, los dosimetristas cuenten con un marco de referencia consensuado, que les permitan obtener resultados consistentes. Con esta finalidad el grupo Europeo de Dosimetría (EURADOS) ha desarrollado las GUIAS IDEAS.

En el año 2013 la Autoridad Regulatoria Nuclear de la Argentina organizó un Ejercicio de Intercomparación de Evaluación de Dosis por Incorporación de Radionucleídos, al que fueron invitados como participantes los distintos laboratorios de Dosimetría Interna de la Región. Participando en el ejercicio estos laboratorios de Latinoamérica tuvieron la oportunidad de analizar la consistencia de los resultados reportados y verificar la correcta aplicación de los criterios y de la metodología de cálculo de las Guías IDEAS.

En este ejercicio se propusieron cuatro casos simulados de exposición interna ocupacional de una complejidad particular en cada uno de ellos, involucrando incorporaciones de ¹³¹I, ¹³⁷Cs y tritio. Los laboratorios

¹ E-mail del Autor. arojo@arn.gob.ar

participantes fueron 19, pertenecientes a 13 países. Dichos participantes debieron interpretar los datos de medición para reportar los resultados de incorporación y de dosis efectiva comprometida. En este trabajo se analizaron los aspectos más destacables del desempeño de los laboratorio participantes, considerando que cerca de la mitad de los inscriptos reportaron los 4 casos propuestos. El porcentaje de resultados aceptados fue muy satisfactorio superando en todos los casos el 63 % y en uno de ellos alcanzó el 94 %. Por otra parte, se analiza la aplicación de las Guías IDEAS por parte de los participantes. El análisis de los resultados fue incluido en un informe que se distribuyó a todos los laboratorios con el propósito de contribuir a la identificación de fortalezas y debilidades y lograr así una mejor capacidad de respuesta. Esta intercomparación permitió poner en evidencia un desempeño satisfactorio de la mayoría de los laboratorios de dosimetría interna de Latinoamérica.

1. INTRODUCCIÓN

El laboratorio de dosimetría interna de la Autoridad Regulatoria Nuclear ha organizado en 2013 una Intercomparación de “Evaluación de datos de medición para el Cálculo de Dosis Efectiva de los trabajadores ocupacionalmente expuestos con riesgo de incorporación interna”. El análisis de los resultados de este ejercicio se corresponde con los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna, publicados en la página web de EURADOS <http://www.eurados.org/...>, “IDEAS Guidelines (version 2) for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data” [1]. Los países participantes en este ejercicio de intercomparación se presentan en la tabla 1

Tabla 1. Países participantes en la Intercomparación Regional de Dosimetría Interna

Argentina
Brasil
Chile
Colombia
Costa Rica
Cuba
República Dominicana
México
Nicaragua
Paraguay
Perú
Uruguay
Venezuela

Los casos simulados de exposición interna que se han elaborado para este ejercicio de intercomparación se describen en detalle en la publicación ARN PI N 1 2015 [2] y son los siguientes:

- CASO 1: Incorporación repetida de ^{131}I
- CASO 2: Incorporación única de ^{131}I

- CASO 3: Incorporación única de ^{137}Cs
- CASO 4: Incorporación única de ^3H

2. OBJETIVO

El objetivo de este trabajo es presentar el análisis de los resultados de la Intercomparación Regional de Dosimetría Interna 2013 como una herramienta para verificar la capacidad de respuesta en la interpretación de datos de monitoreo para la evaluación de la exposición interna de los trabajadores, adquirida por los países de la Región en el marco de los Proyectos OIEA.

3. EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se presenta la evaluación de los resultados de los diferentes casos proporcionados en la intercomparación.

3.1 Procedimiento para el Análisis Estadístico

La metodología utilizada para la evaluación estadística de los resultados reportados por los participantes es la adoptada en el 3° y en el 5° Ejercicio de Intercomparación Europeo [3,4]. Este procedimiento es usado para verificar la presencia de valores atípicos en un conjunto de datos y permite identificar datos afectados por grandes errores.

La observación empírica nos lleva a considerar una distribución lognormal, como la apropiada para describir el comportamiento de los valores reportados por los participantes. El procedimiento se basa en la hipótesis nula de que todos los datos pertenecen a una distribución lognormal. Si un valor estuviera fuera del intervalo de confianza del 98.8%, entonces la hipótesis nula es rechazada y el valor es considerado “No Aceptado” (“*outlier*”). Sin embargo, un dato identificado como No Aceptado, no necesariamente es un dato incorrecto, solo significa que está fuera de la distribución.

Basado en este enfoque se siguió el siguiente procedimiento:

1. Cálculo del logaritmo natural de todos los resultados, X_i
2. Cálculo de los parámetros de la distribución lognormal de todos los datos: Media Geométrica (MG) y la Desviación Estándar Geométrica (DEG)
3. Cálculo del estadístico z (el z se calcula aplicando la ecuación 1).

$$z = \frac{\ln X_i - \ln MG}{\ln DEG} \quad (1)$$

4. Identificación de todos los resultados con un valor de z de más de $\pm 2,5$ (intervalo de confianza correspondiente a 98,8%). Estos valores se consideran "outliers", y no serán utilizados para la evaluación estadística definitiva.

5. Repetición de los pasos 2, 3 y 4 sin los "outliers" identificados en el paso 4, hasta que los parámetros de la distribución se estabilicen.

6. Los parámetros finales de la distribución lognormal, MG y DEG, reportados en las tablas serán los valores estables encontrados en el paso 5.

3.2 Resultados de Cada Caso

3.2.1 Caso 1: Incorporación repetida de ^{131}I .

Se evalúan 5 períodos de un monitoreo rutinario.

El caso fue evaluado por 19 de los 20 participantes inscriptos (95%).

A continuación se presentan tablas con la evaluación estadística, junto con gráficos del estadístico z, para cada período evaluado.

1° Período

Tabla 2. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) en el 1° período del Caso 1.

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como No Aceptados	Códigos de los participantes que no reportaron.	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	16	3,8,14	18	3,01E+04 Bq	1,08
E(50)	15	3,5,9,14	18	0,59 mSv	1,07

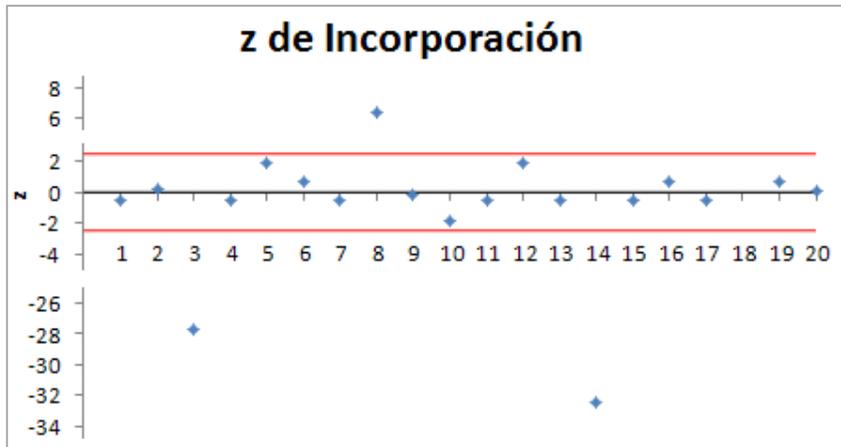


Figura 1. Estadístico z de la incorporación reportada en el período 1 del caso 1

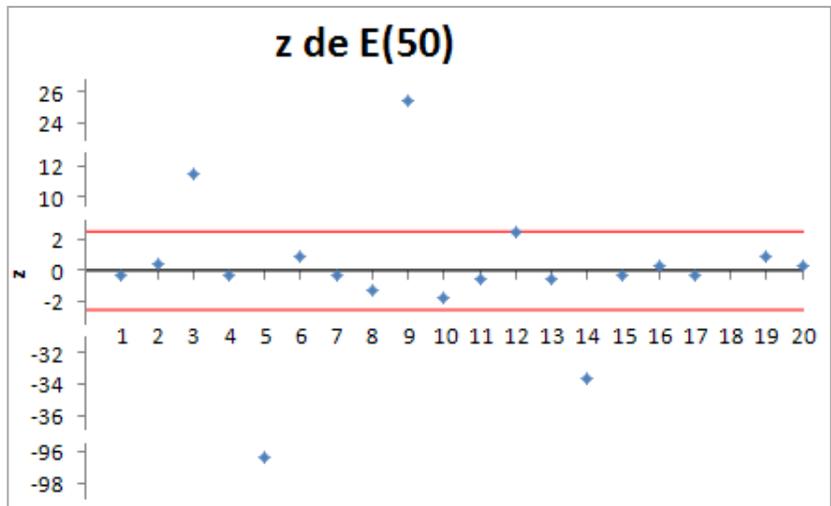


Figura 2. Estadístico z de la dosis E(50) reportada en el período 1 del caso 1

2º Período

De acuerdo al procedimiento recomendado por las Guías IDEAS, se concluye que no se está en presencia de una nueva incorporación en este período. Los laboratorios 3, 9 y 14 reportaron incorporación.

3° Período

Tabla 3. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) en el 3° período del Caso 1.

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como No Aceptados	Códigos de los participantes que no reportaron.	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	15	3, 8, 9, 14	18	4,50E+04 Bq	1,05
E(50)	15	3, 5, 14	9, 18	0,90 mSv	1,05

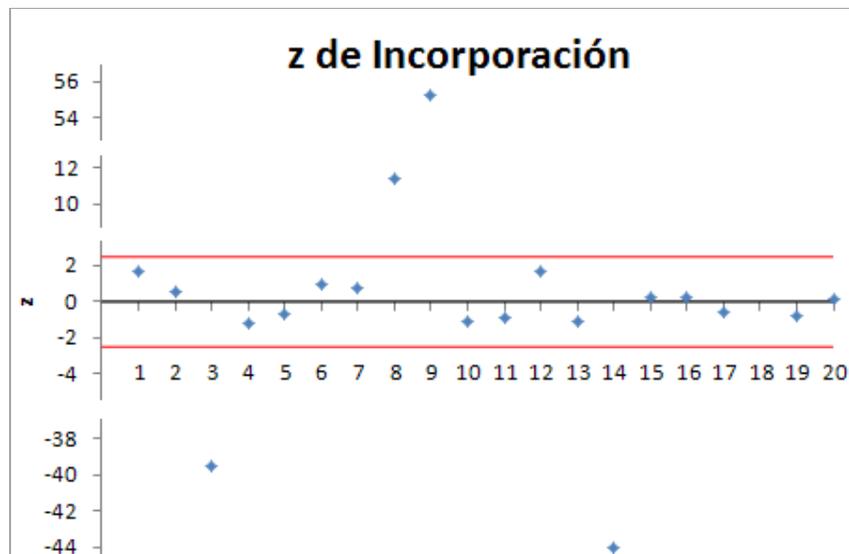


Figura 3. Estadístico z de la incorporación reportada en el período 3 del caso 1

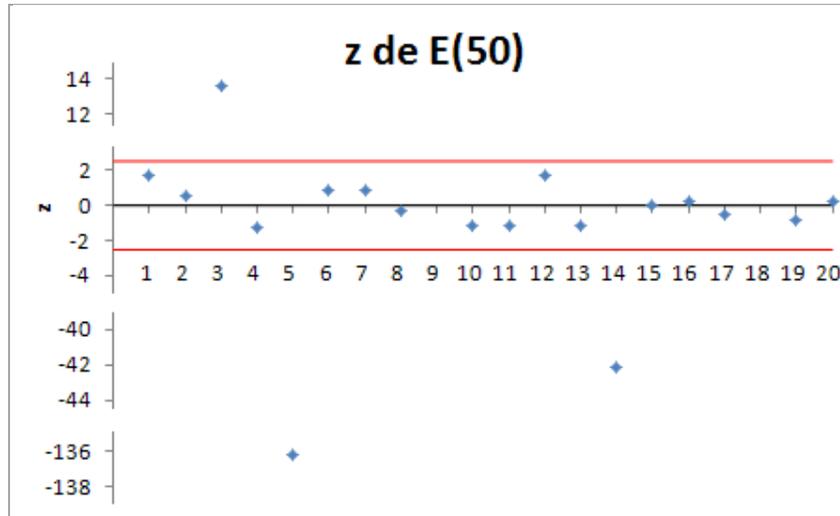


Figura 4. Estadístico z de la dosis E(50) reportada en el período 3 del caso 1.

4° Período

Tabla 4. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) en el 4° período del Caso 1

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como No Aceptados	Códigos de los participantes que no reportaron.	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ¹³¹ I	15	3, 8, 9, 14	18	2,55 E+04 Bq	1,13
E(50)	14	3, 5, 12, 14	9, 18	0,49 mSv	1,08

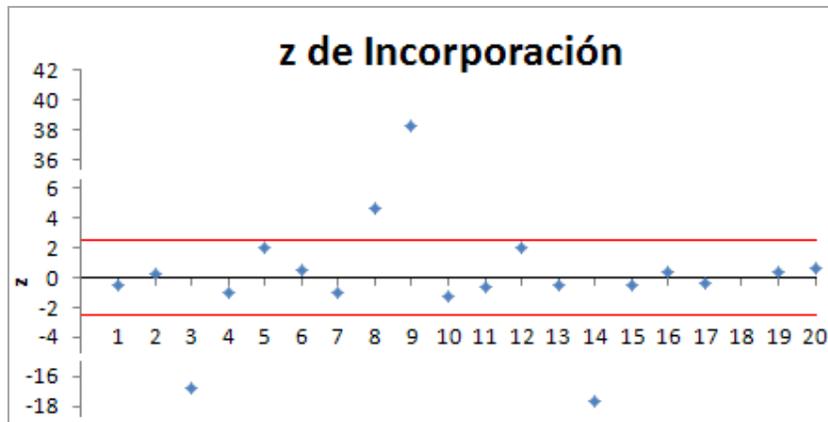


Figura 5. Evaluación z de la incorporación reportada en el período 4 del caso 1

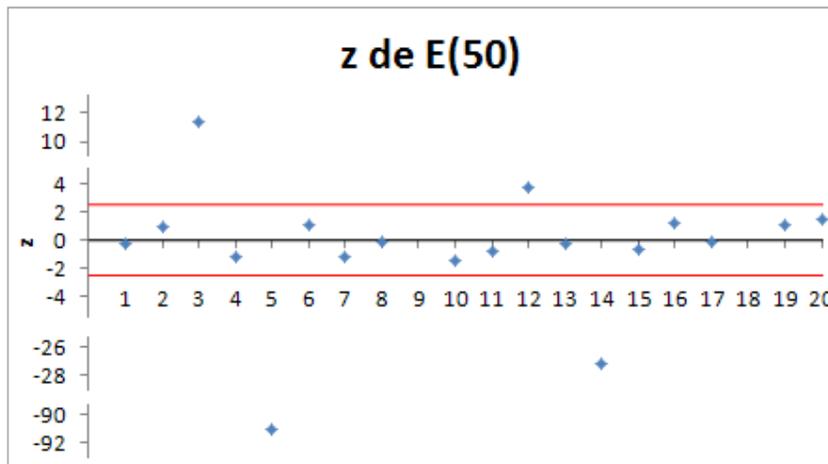


Figura 6. Evaluación z de la dosis E(50) reportada en el período 4 del caso 1

5° Período

De acuerdo al procedimiento recomendado por las Guías IDEAS, se concluye que no se está en presencia de una nueva incorporación en este período. Los laboratorios 1, 3, 5, 9, 12, 14 y 19 reportaron incorporación.

3.2.2 Caso 2: Incorporación única de ¹³¹I

El caso fue evaluado por 18 participantes de 20 (90%). La evaluación estadística se presenta en la tabla 5.

Tabla 5. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) del Caso 2.

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como no aceptados	Códigos de los participantes que no reportaron	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ^{131}I	17	12	6, 18	3,5E+05 Bq	1,37
E(50)	15	2, 3, 9	6, 18	6,59 mSv	1,12

En las figuras 7 y 8 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.

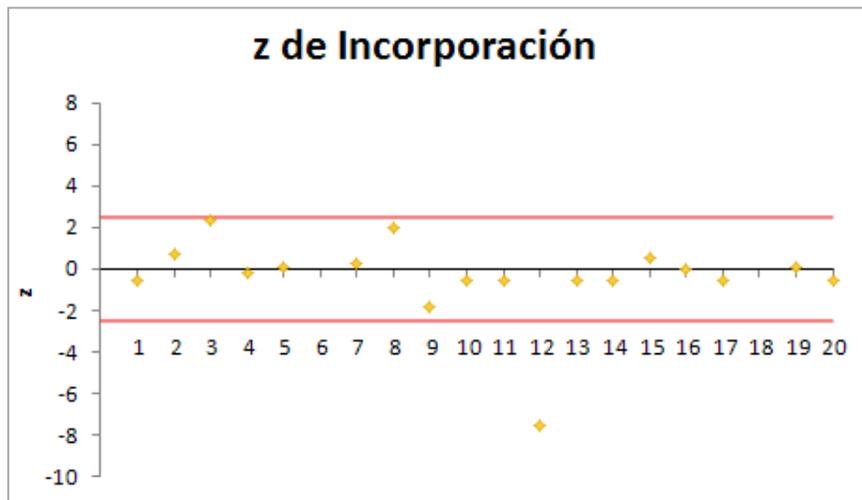


Figura 7. Estadístico z de la incorporación reportada para el caso 2

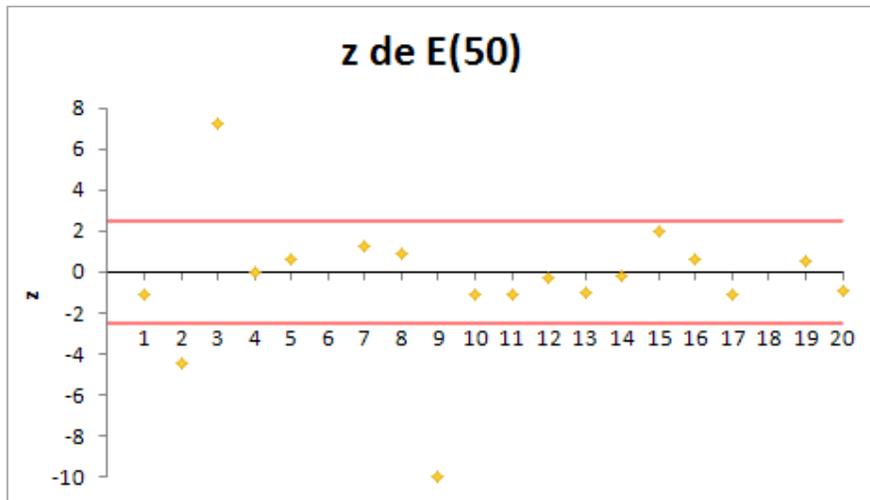


Figura 8. Estadístico z de la dosis E(50) reportada para caso 2.

3.2.3 Caso 3: Incorporación única de ¹³⁷Cs

El caso fue evaluado por 15 participantes de 20 (75%).

La evaluación estadística se presenta en la tabla 6.

Tabla 6. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) de Cs-137

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como No Aceptados	Códigos de los participantes que no reportaron	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
Incorporación de ¹³⁷ Cs	12	2,7,14	1,5,12,18,19	6,86E+05 Bq	1,02
E(50)	12	2,7,14	1,5,12,18,19	4,60 mSv	1,02

En las figuras 9 y 10 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.

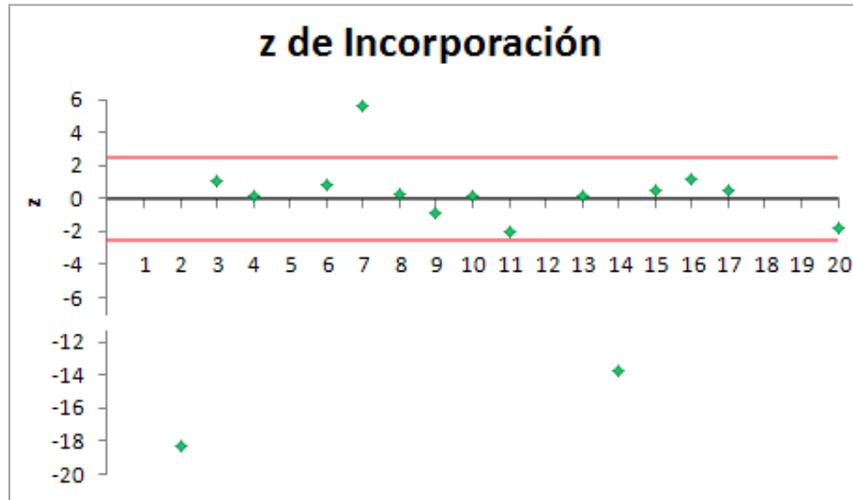


Figura 9. Estadístico z de la incorporación reportada para el caso 3.

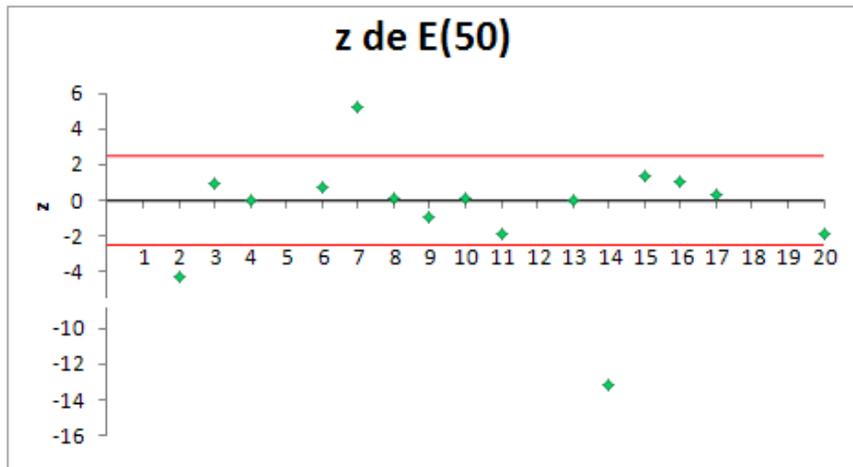


Figura 10. Evaluación z de la dosis E(50) reportada por los participantes para caso 3.

3.2.4 Caso 4: Inhalación aguda de ³H

El caso fue evaluado por 11 participantes de 20 (55 %). La evaluación estadística se presenta en la tabla 7.

Tabla 7. Valores estadísticos de la incorporación y de E(50) del caso 4.

Magnitud	Número de resultados dentro del rango aceptable	Códigos de los participantes identificados como outliers	Códigos de los participantes que no reportaron	Media Geométrica	Desviación Estándar Geométrica
E(50)	7	2, 4, 15, 16	1, 3, 5, 8, 10, 12, 17, 18,19	11,90 mSv	1,09

En la figura 11 se presentan los resultados de la evaluación de desempeño de los participantes mediante el estadístico z.

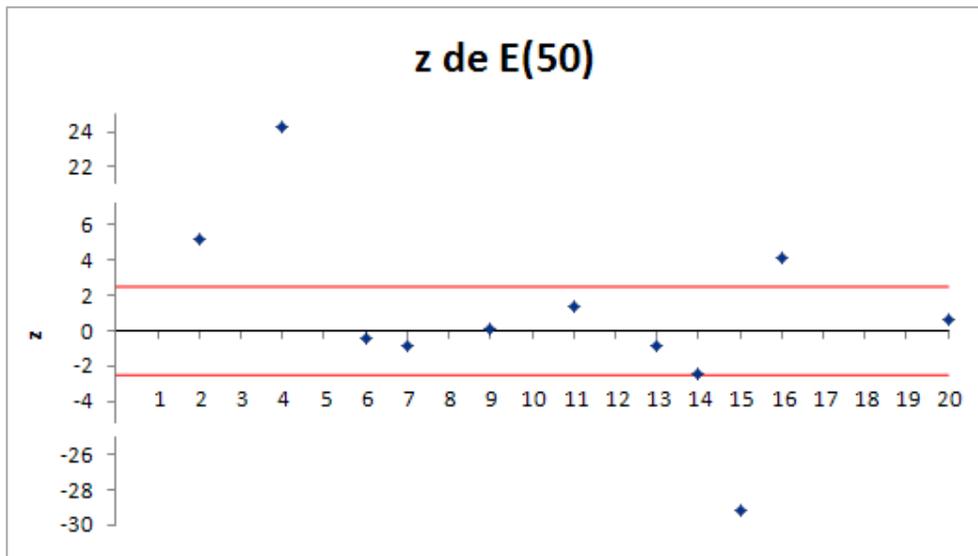


Figura 11. Estadístico z de la dosis E(50) reportada para caso 4

4. CONCLUSIONES

El Ejercicio de Intercomparación Regional de Dosimetría Interna demuestra que el desempeño de la mayoría de los laboratorios participantes en el mismo es satisfactorio.

De los 19 participantes 9 informaron los 4 casos; 5 participantes informaron tres casos y 4 informaron solo 2 casos. Un participante no reportó ningún caso. No todos los participantes se ajustaron a las Guías IDEAS, algunos lo hicieron parcialmente o no las aplicaron. Se

observa dificultad en el tratamiento de los datos y de las incertezas. En particular, aquellos participantes que han aplicado los criterios vigentes para la evaluación de la exposición interna, publicados por el grupo europeo de dosimetría (EURADOS) “IDEAS Guidelines for the Estimation of Committed Doses from Incorporation Monitoring Data” evidencian resultados dentro del rango aceptable de la distribución.

Del análisis realizado surgen las siguientes recomendaciones:

- Realizar ejercicios periódicos de intercomparación de cálculo de dosis
- Realizar talleres de discusión de los resultados de las intercomparaciones
- Traducir las Guías IDEAS al español
- Organizar un Curso Regional Avanzado de Dosimetría Interna basado en las Guías IDEAS
- Desarrollar un software que facilite la implementación de las Guías IDEAS

Estas recomendaciones permitirán mantener actualizados los conocimientos sobre la aplicación de las Guías IDEAS entre los especialistas en dosimetría interna de la Región. Esto contribuirá al aseguramiento de la calidad de los resultados de la evaluación del monitoreo individual de los trabajadores expuestos a fuentes abiertas.

5. REFERENCIAS

- [1] 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
- [2] ARN PI 1/15 Reporte de resultados Intercomparación Regional de Dosimetría Interna 2013
- [3] Doerfel, H., Andrasi, A., Bailey, M.R., Birchall, A., Castellani, C.-M., Hurtgen, C., Jarvis N., Johansson, L., LeGuen, B., Tarroni, G., **Third European Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment**, Forschungszentrum Karlsruhe, Report FZKA 6457, April 2000.
- [4] Hurtgen C., Andrasi A., Bailey M.R., Birchall A., Blanchardon E., Berkovski V., Castellani C.M., Cruz-Suarez R., Davis K., Doerfel H., LeGuen B., Malatova I., Marsh J., Zeger J.. **IDEAS / IAEA Intercomparison Exercise on Internal Dose Assessment**, REPORT SCK.CEN-BLG-1018, October 2005.