

Calibración del sistema de radiometría beta de centelleo plástico

LAS-3A con $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$

José Osóres*

Laboratorio de Radioecología, Instituto Peruano de Energía Nuclear,
Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú

Resumen

Con la finalidad de evaluar los niveles de radiactividad beta global en muestras ambientales, se desarrolló un método de calibración para un sistema de radiometría beta de centelleo plástico. El sistema presenta una buena respuesta instrumental con un 25% de eficiencia de recuento para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

Abstract

In order to evaluate the global beta levels of radioactivity in environmental samples, a calibration method for a beta radiometry system of plastic scintillation was developed. The system presents a good instrumental response with 25% of count efficiency for $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ in equilibrium.

1. Introducción

El Sistema de Radiometría Beta LAS-3A permite la ejecución de ensayos para la determinación de radiactividad beta total equivalente en muestras ambientales [1], así como de radionucleídos específicos emisores de partículas beta, los cuales deben ser previamente separados por métodos radioquímicos.

Uno de los radionucleídos emisores beta de importancia ambiental lo constituye el ^{90}Sr el cual se encuentra en equilibrio con su descendiente, el ^{90}Y , también emisor beta.

2. Material y Métodos

2.1. Sistema de radiometría beta LAS-3A

Compuesto de dos detectores de centelleo plástico ubicados de modo tal que permiten disponer de dos geometrías de contaje (2pi y 4pi). Estos detectores están conectados con un módulo de control que manipula el ingreso de las planchetas y registra el número de cuentas correspondiente (Figura 1).



Figura 1. Sistema LAS-3A.

2.2. Fuente de calibración

Se utilizó la fuente radiactiva MCR2001-059, proporcionada por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas de España (CIEMAT), esta fuente está constituida por un disco de dos láminas de mylar metalizado de 300 nm de espesor selladas con pegamento y montadas en un anillo metálico de 30 mm de diámetro. La concentración de actividad total referida al 07 de agosto del año 2001 correspondiente al $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ de la fuente es de 12679 ± 31 Bequerelios.

Como referencia para los ensayos se utilizó la guía IAEA-TRS-295 [2] y el método de ensayo No. PR-022-01-COAM para la determinación de la eficiencia instrumental y el límite de detección correspondiente [3].

2.3. Cálculo de eficiencia

La eficiencia para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ total se calculó con la siguiente ecuación:

$$Efi = [CPMp - CPMf] * [60 * Ao * \exp^{-\lambda\tau}]^{-1}$$

Donde:

Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio ($\text{cps} * \text{Bq}^{-1}$)

CPMp : Cuentas por minuto del patrón de calibración.

CPMf : Cuentas por minuto del fondo

* Correspondencia autor: josores@ipen.gob.pe

instrumental.
 A_o : Actividad inicial del patrón (Bq).
 $e^{-\lambda\tau}$: Decaimiento radiactivo del ^{90}Sr
 λ : Constante de semidesintegración
 (0.02414634 años $^{-1}$)
 τ : Tiempo desde la fecha de referencia
 a la fecha de ensayo (años).

2.4. Cálculo de actividad

La actividad del patrón secundario se calculó con la siguiente ecuación:

$$A = [CPMm - CPMf] * [Efi * \exp^{-\lambda\tau}]^{-1}$$

Donde:

A : Concentración de la actividad de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio del patrón secundario (Bq).
 $CPMp$: Cuentas por minuto del patrón secundario.
 $CPMf$: Cuentas por minuto del fondo instrumental.
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$).
 $e^{-\lambda\tau}$: Decaimiento radiactivo del ^{90}Sr
 λ : Constante de semidesintegración
 (0.02414634 años $^{-1}$).
 τ : Tiempo desde la fecha de referencia a la fecha de ensayo (años).

2.5. Límite de detección

El límite de detección instrumental se calculó con la siguiente ecuación:

$$LD = [4,66] * [\sqrt{CPMf}] * [60 * TC * Efi]^{-1}$$

Donde:

LD : Límite de detección instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (Bq)
 $CPMf$: Cuentas por minuto del fondo.
 TC : Tiempo de lectura de la muestra (minutos)
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$)

2.6. Estimación de incertidumbres

2.6.1. Eficiencia instrumental:

$$\mu_{Efi} = \sqrt{[\mu_A * A_o^{-1}]^2 + [\delta_{CPMn} * CPMn^{-1}]^2}$$

$$U_{Efi} = 2 * \mu_{Efi} * Efi$$

Donde:

μ_{Efi} : Incertidumbre combinada de la eficiencia
 μ_A : Incertidumbre estándar de la actividad actual del patrón de calibración (Bq)

A : Actividad Actual del patrón (Bq)
 δ_{CPMn} : Desviación estándar de las cuentas netas por minuto del patrón de calibración.
 U_{Efi} : Incertidumbre Expandida de la eficiencia al 95% (K=2).
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (cps*Bq $^{-1}$)

2.6.2. Concentración de actividad

Se utilizó la siguiente ecuación:

$$\mu_{CA} = \sqrt{[\mu_{Efi} * Efi^{-1}]^2 + [\delta_{CPMn} * CPMn^{-1}]^2}$$

$$U_{Efi} = 2 * \mu_{CA} * A$$

Donde:

μ_{CA} : Incertidumbre combinada de la actividad
 μ_{Efi} : Incertidumbre estándar de la Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.
 Efi : Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio (CPM*Bq $^{-1}$)
 δ_{CPMn} : Desviación estándar de las cuentas netas por minuto de la muestra.
 U_A : Incertidumbre Expandida de la concentración de actividad al 95% (K=2).

3. Resultados

El Sistema presenta un fondo instrumental distribuido en un rango de 2 a 7 cuentas por minuto (CPM) con una media de 5 ± 2 CPM y una variabilidad del 40 %. La lectura de la fuente MCR2001-059 presentó en promedio 168715 ± 177 CPM netas con una variabilidad del 0,10 % en cuatro repeticiones (Tabla 1). La eficiencia instrumental, para estos dos radionucleidos en equilibrio es igual a $24,8 \pm 0,3$ % cps/Bequerelios (Tabla 2) con un límite de detección de 0,7 Bequerelios (Tabla 3).

Tabla 1. Lectura de la fuente MCR2001-059.

Réplica	CPM totales	CPM Netas
01	168957	168952
02	168744	168739
03	168627	168622
04	168552	168547
Promedio	168720	168715
1 d.s.	177	177
Variabilidad	0,10%	0,10%

Tabla 2. Eficiencia instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio ($\text{CPM} \cdot \text{Bq}^{-1}$).

<i>Cuentas Netas</i>	\pm	δ_{CPMn}	<i>Eficiencia Instrumental</i>	\pm	<i>Incertidumbre Expandida (U)</i>
168715	\pm	177	0,247615805 (24,8%)	\pm	0,000797787 (0,32%)

Tabla 3. Límite de detección instrumental para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

<i>Cuentas Netas</i>	\pm	δ_{CPMn}	<i>Límite de Detección Instrumental (Bq)</i>
5	\pm	2	0,7

4. Conclusiones

El sistema de radiometría beta LAS-3A presenta una buena respuesta instrumental, en la actualidad tiene un 25% de eficiencia para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio.

El límite de detección instrumental es de 0,7 Bequerelios para tiempos de lectura cortos (un minuto), asumiendo un tiempo de lectura de 100 minutos, se estima que el límite bajaría a 0,007 Bequerelios.

El Decreto Supremo N° 009-97-EM (Reglamento de Seguridad Radiológica) en su Anexo II, Tabla II.3 indica que el nivel de intervención para la retirada o sustitución de alimentos contaminados con ^{90}Sr es de 0,1 kiloBequerelios/kilogramo de alimentos (100 Bq/kg) [4], asumiendo la capacidad del Laboratorio de Radioquímica de procesar 10 gr de muestra por ensayo, la concentración mínima detectable del sistema para $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ en equilibrio será de 7 Bq/kg para un tiempo de lectura de 10 minutos, con lo cual, se garantiza que el sistema de análisis permite verificar que las muestras de alimentos no sobrepasen los niveles permisibles de contaminación con ^{90}Sr .

5. Bibliografía

- [1] Osoreo J M, Martínez J, López E, Jara R, Anaya A. Programa de Vigilancia Radiológica Ambiental en el Área de Influencia del Centro Nuclear Oscar Miro Quesada de la Guerra "RACSO". Departamento de Control Ambiental. Instituto Peruano de Energía Nuclear. 2004.
- [2] International Atomic Energy Agency. Measurement of radionuclides in food and the environment. A Guidebook. Technical Reports Series No. 295. Vienna: Austria; 1989.
- [3] Osoreo J M, Gonzáles S, López, E. Procedimiento para la determinación de actividad beta global equivalente en harinas. PR N° 022-01-COAM. Departamento de Control Ambiental. Instituto Peruano de Energía Nuclear. Versión 01 (Abr-2001). 10 páginas; 2001.
- [4] El Peruano. Reglamento de Seguridad Radiológica. Decreto Supremo N° 009-97-EM. 11 págs. 1997.