

# DETERMINACIÓN DE LA ACTIVIDAD ALFA (NATURAL Y ARTIFICIAL) EN SUELOS Y AGUA CONTINENTAL EN EL PERÚ

Gonzáles S. <sup>(1)</sup> [sgonzales@ipen.gob.pe](mailto:sgonzales@ipen.gob.pe), Osores J. <sup>(1)</sup> [josoresh@ipen.gob.pe](mailto:josoresh@ipen.gob.pe), Martínez J. <sup>(1)</sup>, Torres C. <sup>(2)</sup>

*(1) Departamento de Control Ambiental – IPEN / Lima, Perú*

*(2) Universidad Nacional Federico Villarreal / Lima, Perú*

## 1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década el Departamento de Control Ambiental del Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), estuvo dedicado a la implementación de sus Programas de Vigilancia Radiológica Ambiental en el país, utilizando para ello técnicas estandarizadas de espectrometría gamma y métodos radioquímicos para el estudio de radionucleídos emisores beta en componentes ambientales, los cuales podían ser evaluados mediante sistemas de espectroscopía gamma y contadores proporcionales de bajo fondo. Sin embargo, ha quedado pendiente la implementación de métodos y sistemas para la evaluación de los niveles de radionucleídos emisores alfa, tales como los descendientes del Uranio y Torio, los cuales juegan un rol importante en el aporte a la dosis anual que recibe la población de una determinada región. Es por esta razón, que con fecha 31 de agosto de 1998, se firmó un contrato de investigación entre el Organismo Internacional de Energía Atómica y el Departamento de Control Ambiental del IPEN con la finalidad de implementar y estudiar los radionucleídos emisores alfa en muestras de agua y suelo de nuestro territorio nacional. Durante el período comprendido entre octubre de 1998 y junio de 1999, se realizaron una serie de gestiones administrativas y de capacitación a fin de contar con el equipamiento y los reactivos necesarios para realizar determinaciones de los principales radionucleídos alfa, la demora se debió principalmente en la adquisición de los reactivos los cuales tuvieron que ser importados ya que en el mercado nacional no se encuentran disponibles. Luego de esta etapa se procedió a desarrollar las metodologías seleccionadas y la adaptación a nuestras condiciones de laboratorio, igualmente, se ensambló la cadena de espectroscopía alfa y se iniciaron los tratamientos radioquímicos y las lecturas instrumentales preliminares. El presente informe muestra los resultados y las evaluaciones estadísticas obtenidas durante esta segunda etapa del Proyecto, los cuales

han servido para dar los primeros pasos en la implementación de nuestros métodos de ensayo analíticos e instrumentales para la determinación de radionucleídos emisores alfa.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El desarrollo experimental se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Control Ambiental del Instituto Peruano de Energía Nuclear, Lima, Perú. Se realizaron cuatro etapas definidas durante el desarrollo del Proyecto, la primera consistió en la implementación del sistema de espectrometría alfa, la segunda consistió en la determinación de eficiencias instrumentales con soluciones radiactivas emisoras alfa, la tercera consistió en el análisis semicuantitativo de  $Po^{210}$  en aguas mediante deposición espontánea y la cuarta consistió en la evaluación de rendimientos químicos para la determinación de  $Ra^{226}$  en muestras de aguas de diferente procedencia. Para la preparación de las muestras se llevaron a cabo métodos de concentración radioquímicos los cuales fueron adaptados en función a la capacidad instalada de los Laboratorios del Departamento de Control Ambiental.

**Procedimiento analítico para la determinación de  $Ra^{226}$** : Se tomó un litro de la muestra y se filtró para eliminar sólidos en suspensión. Se agrega un portador de Bario (20 mg/ml), se calienta hasta ebullición adicionando  $H_2SO_4$  3M y se deja decantar hasta el día siguiente, al cabo de los cuales se lava el precipitado con  $H_2SO_4$  0,1M y se adiciona 2,0 g de Titriplex I (NTA) agregándose agua destilada para disolver. Se lleva a medio básico con NaOH 6M y se calienta a 60°C en baño maría adicionando 5 ml. de  $(NH_4)_2SO_4$  (25 mg/ml) ajustando a pH 4,5 - 5,0 con ácido acético glacial. Dejar en baño maría a 60°C durante toda la noche. Lavar el precipitado con 20 ml. de una solución de acetato de amonio al 40%. Disolver el precipitado con 2,0 g. de EDTA, 5

ml. de  $\text{NH}_4\text{OH}$  concentrado y 25 ml. de agua destilada, calentando en baño maría, el pH deberá ser mayor o igual a 13. En seguida, aún en caliente, adicionar 5 ml. de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (25 mg/ml) para precipitar el radio y ajustar el pH entre 4,5 y 5,0 con ácido acético concentrado. Anotar el día y la hora de precipitación. Dejar calentando durante la noche a 60 °C. Filtrar al día siguiente con papel Whatman 44. Lavar el precipitado con agua destilada y alcohol al 80%. Secar el filtro en estufa a 80 °C durante 30 minutos.

**Procedimiento analítico para la determinación de  $\text{Po}^{210}$** : Se ha desarrollado un procedimiento radioquímico para la determinación de  $\text{Po}^{210}$  en agua aprovechando la propiedad química del Polonio de depositarse espontáneamente en metales. En este procedimiento, se deposita polonio en discos de plata utilizando clorhidrato de hidroxilamina que incentiva la deposición eliminando las impurezas. La medición se realiza por espectrometría alfa. Se toma una muestra de 2 litros de agua filtrada y se evapora hasta obtener un volumen de 50 ml, luego se trasvasa a la celda de deposición adicionando 1 gramo de clorhidrato de hidroxilamina y se coloca el disco de plata. Calentar en una plancha calefactora a 85-90 °C durante 4 horas con agitación constante evitando se formen burbujas de aire en el disco. Anotar la hora y el día al finalizar la deposición del  $\text{Po}^{210}$ . Retirar el disco de plata y lavar con etanol.

**Electrodeposición de actínidos en planchetas de acero inoxidable**: Para la electrodeposición se utiliza una fuente eléctrica de 30 V que tiene un electrodo de platino y otro de acero inoxidable. Para la lectura de las fuentes se utiliza un detector semiconductor de barrera de superficie de 2,5cm de diámetro. Actividades entre 0,03 Bq - 8,00 Bq del trazador elegido de volumen y peso conocidos se colocan en una celda de electrodeposición y se añade ácido sulfúrico y sulfato de sodio regulando el pH a 2. Para la electrodeposición del  $\text{Th}^{230}$  y del  $\text{U}^{232}$ , se regula el voltaje a 7 V, para el  $\text{Pu}^{142}$  y el  $\text{Am}^{241}$  se regula a 25 V y 20 V respectivamente. El tiempo para lograr la electrodeposición del  $\text{Th}^{230}$  y el  $\text{U}^{232}$  es de 90 minutos mientras que para el  $\text{Pu}^{242}$  y el  $\text{Am}^{241}$  es de 120 minutos. Un minuto antes de terminar la electrodeposición se agrega 0,5 ml de amoníaco concentrado. El disco de acero se lava con agua destilada y acetona y se pone a secar al medio ambiente para luego ser leído por espectrometría alfa.

#### **Variación en la resolución del espectro alfa de $\text{Po}^{210}$ por efecto de la presión de vacío:**

Se realizaron lecturas de una fuente de  $\text{Po}^{210}$  bajo diferentes presiones de vacío de la cámara con la finalidad de evaluar estadísticamente la variación del espectro mediante el análisis del ancho medio del peak de este radionucleído. Se registraron los valores de ubicación del peak del  $\text{Po}^{210}$ , cuentas totales, cuentas netas, ancho medio (FWHM) y ancho total (FWTM) del área de estudio o región de observación de interés (ROI). Los resultados fueron evaluados estadísticamente mediante la utilización del software Excel-Microsoft: estadística descriptiva, análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de Student con un nivel de significación del 95% ( $\alpha=0,05$ ).

#### **Variación de eficiencias debido al proceso de electrodeposición:**

Para estimar el grado de confiabilidad del proceso de electrodeposición, se procedió a tomar soluciones con actividades conocidas de  $\text{Am}^{241}$  y  $\text{U}^{232}$  fueron sometidas al proceso de electrodeposición establecido para luego proceder a evaluar estadísticamente las eficiencias obtenidas mediante la determinación de sus medidas de tendencia central, de dispersión y análisis de variancia con un nivel de significación del 95%.

#### **Variación de eficiencias debido al proceso de espectroscopía alfa:**

Con la finalidad de estimar el grado de variabilidad de la eficiencia debido a las características particulares del sistema de espectroscopía alfa se realizaron lecturas repetidas de planchetas con  $\text{Th}^{230}$  y  $\text{Am}^{241}$  procediendo a evaluar estadísticamente las eficiencias obtenidas mediante la determinación de sus medidas de tendencia central, de dispersión y análisis de variancia con un nivel de significación del 95%.

#### **Determinación semicuantitativa de $\text{Po}^{210}$ en muestras de agua:**

Se realizó la separación radioquímica de  $\text{Po}^{210}$  en muestras de agua mediante la técnica de deposición espontánea en discos de plata, sin embargo, no fue posible determinar el rendimiento radioquímico ni la actividad específica debido a la falta de soluciones patrón de  $\text{Po}^{210}$  y  $\text{Po}^{208}$ . Como base de referencia para ubicar el peak de  $\text{Po}^{210}$  se utilizó una muestra de agua de río mezclada con una solución de uranio natural y la determinación semicuantitativa se hizo comparando los diferentes valores de las cuentas por segundo totales de las muestras analizadas.

### Determinación de Ra<sup>226</sup> en muestras de

agua: Se realizaron ensayos preliminares para la determinación de Ra<sup>226</sup> en muestras de agua colectada en diferentes localidades del país de acuerdo con el método propuesto. Se realizó el análisis estadístico descriptivo del rendimiento químico del sulfato de bario-radio precipitado. No se realizaron determinaciones de la actividad específica de Ra<sup>226</sup> por conteo alfa total en un detector proporcional debido a la falta de patrones estandarizados para este radionucleído.

### 3. RESULTADOS

- Se implementó satisfactoriamente el sistema de espectroscopía alfa del Laboratorio de Radiometría Ambiental del Instituto Peruano de Energía Nuclear, presentando resultados aceptables para las lecturas de radionucleídos emisores alfa como el Am<sup>241</sup>, Th<sup>230</sup> y U<sup>232</sup>.
- El proceso de electrodeposición aún no está debidamente estandarizado dado que existen fuentes de incertidumbre desconocidas las cuales deberán ser identificadas mediante ensayos experimentales posteriores.
- Se requiere contar con soluciones patrón de actividad conocida de múltiples radionucleídos alfa de modo tal que se puedan determinar la actividad específica de estos elementos en muestras de agua y suelo del país.
- Se ha estandarizado el procedimiento para la recuperación de radio en muestras de agua obteniéndose buenos rendimientos químicos, la siguiente etapa será la evaluación instrumental de estas muestras.

### 4. BIBLIOGRAFÍA

- [1]. EG & ORTEC. 1996. SOLOIST™ Alpha Spectrometer Operating and Service Manual. EG&ORTEC Part. No. 740180. Manual Revision A. USA. 20 pp.
- [2]. Godoy, J.L. , M.L. Godoy, and Z.L. Carvalho. 1994. Development of an analytical method of sequential determination for U-238, U-234, Th-230, Th-228, Ra-226 and Pb-210 in environmental samples. Journal of Radio anal and Nuclear Chem 182(1), 165-169.
- [3]. IAEA. 1989. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. A Guidebook. Technical Report Series No. 295. Annex IV. pp. 105-116.
- [4]. IRD 1996 Método secuencial para la determinación de plomo, uranio, torio, polonio y radio en muestras ambientales. Instituto de radioprotección y dosimetría documento PA-DEPRA-002. Río de Janeiro Brasil.
- [5]. Lederer, M.; Hollander M. & I. Perlman. 1968. Table of Isotopes. Sixth Edition. John Wiley & Sons. Inc. USA.
- [6]. Russell, F.M. 1960. Electrodeposition of actinide elements at tracer concentrations. Journal Analytical Chemistry 32(3), 326-328.
- [7]. Talvitie, N.A. 1972. Electrodeposition of actinides for alpha spectrometric determination. Journal Analytical Chemistry 44(2), 280-283.