

## MEDIDA DE LA CONCENTRACIÓN DE ACTIVIDAD ALFA BETA TOTAL EN AGUA POTABLE EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Zutta, J<sup>1</sup>. Puerta, J<sup>2</sup>. Morales, J<sup>3</sup>.

<sup>1, 2, 3</sup> Universidad Nacional de Colombia sede Medellín,

### RESUMEN

La Organización Mundial de la Salud, en su guía para la calidad del agua potable establece la medida de la concentración de actividad alfa y beta total como primera fase de control, tal que sí, las mediciones obtenidas son inferiores a 0.1 Bq/L para alfa y 1 Bq/L para beta, no es necesario realizar estudios más específicos. No hay información de medidas de radioactividad en el agua potable de la ciudad de Bogotá (Colombia). Por esta razón, se midió la concentración de actividad alfa beta total en 40 muestras de la ciudad, utilizando un contador proporcional de flujo de gas de bajo fondo. La recolección de muestras, la preparación de las mismas y la medición, siguen protocolos que garantizan la fiabilidad de la metodología y de los resultados, en la evaluación de la calidad de agua potable en cuanto a aspectos radiológicos. Las mediciones obtenidas mostraron que las concentraciones de actividad alfa y beta total en agua potable se encuentran dentro de los rangos: 0.01-0.08 mBqL<sup>-1</sup> para partículas alfa grueso y de 0.09-0.21 mBqL<sup>-1</sup> para partículas beta. Rangos que se encuentran por debajo del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud, indicando que, las dosis efectivas individuales se encuentran por debajo de los niveles de referencia establecidos por dicha organización.

### 1. INTRODUCCIÓN

El acceso al agua potable es esencial para la salud humana y un derecho fundamental [1], por esta razón se debe garantizar la calidad en los diferentes aspectos tales como microbiológicos, químicos, respecto a la aceptabilidad (sabor, olor y aspecto) y radiológico. Este último no está concebido por las regulaciones colombianas.

Los elementos naturales presentes en el agua potable vienen principalmente de las cadenas radioactivas del <sup>238</sup>U, <sup>232</sup>Th y <sup>40</sup>K [2]. La solubilidad del agua permite modificar la concentración de elementos radioactivos, bien sea en aguas superficiales o de mantos subterráneos. El agua potable puede contener radioisótopos procedentes de, ciclos hidrológicos naturales o como producto de contaminación, estos últimos pueden ser debidos a desechos de procedencia médica e industrial, minería, y el uso de fertilizantes fosfatados[1].

La ingestión de radionúclidos provoca exposición interna de radiación ionizante, es por esto que, se establece normas y regulaciones internacionales que limitan las concentraciones de radionúclidos en agua potable. La identificación de cada uno de estos es un proceso lento y costoso[1], por lo cual, se establece la medición de todas las emisiones alfa y beta, como un procedimiento preliminar para determinar si se requiere un análisis específico adicional que

---

<sup>1</sup> jmzuttav@unal.edu.co

<sup>2</sup> jpuerta@unal.edu.co

<sup>3</sup> jmorales@unal.edu.co

permita conocer la actividad de cada radionúclido que esté presente en la muestra. Dichos límites se establecen como 0.5 BqL<sup>-1</sup> para alfa grueso y 1 BqL<sup>-1</sup> para beta grueso[1].

Bogotá se encuentra ubicada en el centro del país, en la cordillera oriental, cuenta con un área de 1775,98 km<sup>2</sup>, de los cuales el área urbana corresponde a 307.36km<sup>2</sup>, y tiene una población de 7.778.691 hasta el censo realizado en el 2005. El 70% del agua que abastece a la ciudad viene del parque natural de Chingaza, el 30% restante proviene del parque del Sumapaz y del río Tunjuelo. En este estudio se midió la concentración de actividad alfa beta grueso en muestras de agua potable de la ciudad, tomadas de la red de distribución domiciliaria, para evaluar el riesgo radiológico causado por la ingesta de agua en la población.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Equipo

Se utilizó un contador proporcional de flujo de gas constante de bajo fondo (Canberra modelo LB5500), de 0.1 CPS para alfa grueso y 0.85 CPS para beta grueso[3], para la región de energías de interés. El equipo permite la medición simultánea alfa-beta, teniendo canales separados para cada tipo de partícula.

El porta-muestras y los detectores del equipo se encuentran rodeados de un blindaje de ladrillos de plomo, el cual reduce la radiación ambiental. El fondo del conteo se determinó contando una plancheta porta-muestras de acero inoxidable de 2" de diámetro y 1/8" de espesor.

Se determinó la eficiencia de conteo alfa grueso (41.98%) y beta grueso (56.77%) con, fuentes patrón de Am<sup>241</sup> y Sr<sup>90</sup> (marca Eckert & Ziegler G8-014 y G8-015)[4] respectivamente, las cuales presentan la misma geometría que las planchetas porta-muestras.

### 2.2 Actividad mínima detectable:

La actividad mínima detectable (AMD) fue calculada utilizando la siguiente ecuación:

$$AMD = \frac{L_D \cdot F_{AC}}{\varepsilon \cdot s} \quad (1)$$

Donde:

$$L_D = \frac{k^2}{T_S} + 2 \cdot k \cdot \sqrt{\frac{R_B}{T_S} + \frac{R_B}{T_B}} \quad (2)$$

Con  $F_{AC}$  el factor de conversión de actividad,  $\varepsilon$  la eficiencia del sistema,  $s$  el tamaño de la muestra,  $k = 1.645$ ,  $T_S$  el tiempo de conteo,  $R_B$  conteo del fondo,  $T_B$  tiempo de conteo del

fondo. La actividad mínima detectable fue calculada para alfa grueso como 0,1 CPM y 5 CPM para beta grueso.

### 2.3 Recolección de muestras:

La ciudad de Bogotá cuenta con una población de más de 7 millones de habitantes distribuida en 20 localidades. El número de muestras de agua potable se establecieron de acuerdo a al porcentaje poblacional de cada localidad, estas fueron tomadas de las redes domiciliarias correspondientes a 19 localidades mostradas en la Tabla 1.

En cada punto de muestreo se tomó 4L de la red domiciliaria en recipientes de polietileno, garantizando la aeración y la estabilización con HNO<sub>3</sub> llevando a un PH-2[5]. En el laboratorio las muestras fueron almacenadas a 16°C.

**Tabla 1. Muestras de la ciudad de Bogotá, discriminadas por localidad.**

Localidad	% Población	# muestras
Candelaria	0,33%	0,1
Los Mártires	1,34%	0,5
Antonio Nariño	1,43%	0,6
Santa Fé	1,49%	0,6
Chapinero	1,80%	0,7
Teusaquillo	1,99%	0,8
Tunjuelito	2,79%	1,1
Barrios Unidos	3,20%	1,3
Puente Aranda	3,57%	1,4
Fontibón	4,56%	1,8
Usme	4,82%	1,9
Rafael Uribe	5,21%	2,1
San Cristóbal	5,66%	2,3
Usaquén	6,38%	2,6
Bosa	7,65%	3,1
Ciudad Bolívar	8,51%	3,4
Engativá	11,43%	4,6
Kennedy	13,77%	5,5
Suba	14,06%	5,6

## 2.4 Preparación de la muestra y medición de la concentración de actividad:

Las concentraciones de actividad alfa beta grueso fueron realizadas siguiendo la metodología propuesta en la EPA 900[5]. De la muestra de agua se toma una alícuota de 1L en un Beaker, garantizando que esta no contenga más de 100mg de sólidos disueltos[5], se evaporó a 105°C en una plancha calefactora hasta que el volumen se encuentre en 5 ml. Se agregó 10 ml de HNO<sub>3</sub> al Beaker para disolver los residuos y, se transfirió el concentrado cuantitativamente a una plancheta porta muestra tarada, en pequeñas porciones, hasta llegar a sequedad. Se mantuvo las muestras secas en un desecador, hasta realizar el conteo.

Se midió la concentración de actividad alfa beta grueso por un periodo de 60 minutos, se registra como resultado, el promedio de dos conteos. Dicho procedimiento fue llevado a cabo para cada muestra.

## 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

### 3.1 Medida de la concentración de actividad alfa beta grueso en agua potable:

Los valores de las medidas de concentración de actividad alfa beta grueso en muestras de agua potable, en la ciudad de Bogotá discriminadas por localidad son registradas en la Tabla 2. Las concentraciones de actividad están en el rango de 0.01-0.08 mBqL<sup>-1</sup> para partículas alfa grueso. Para partículas beta grueso las concentraciones de actividad están en el rango de 0.09-0.21 mBqL<sup>-1</sup>.

La Tabla 2 presenta que las concentraciones de actividad beta grueso son mayores que las concentraciones de actividad alfa grueso. Los valores de las mediciones de concentración alfa y beta grueso no sobrepasan los niveles recomendados por la OMS siendo estos, 0.5 BqL<sup>-1</sup> para alfa grueso y 1BqL<sup>-1</sup> [1].

**Tabla 2. Medidas de las concentración de actividad alfa beta grueso.**

Localidad	Alfa (± 0,01)	Beta (± 0,01)	Localidad	Alfa (± 0,01)	Beta (± 0,01)
Teusaquillo	0,02	0,11	Tunjuelito	0,04	0,16
Chapinero	0,08	0,26	Tunjuelito	0,01	0,11
Vía la Calera	0,02	0,09	Usme	0,05	0,21
20 de Julio	0,01	0,12	Usme	0,01	0,12
Fontibón	0,02	0,09	Usme	0,03	0,12
Fontibón	0,01	0,09	San Cristóbal	0,01	0,09
Kennedy	0,02	0,11	Rafael Uribe	0,02	0,08

Kennedy	0,03	0,12		Rafael Uribe	0,03	0,13
Kennedy	0,01	0,1		Candelaria	0,02	0,1
Kennedy	0,02	0,08		Mártires	0,01	0,09
Kennedy	0,02	0,14		Usaquén	0,02	0,09
Bosa	0,02	0,08		Usaquén	0,02	0,09
Bosa	0,01	0,13		Suba	0,02	0,09
Bosa	0,02	0,11		Suba	0,02	0,16
Bosa	0,01	0,08		Suba	0,01	0,15
Bosa	0,15	0,4		Suba	0,02	0,1
Ciudad Bolívar	0,02	0,14		Engativá	0,01	0,08
Ciudad Bolívar	0,01	0,07		Engativá	0,03	0,13
Ciudad Bolívar	0,05	0,16		Puente Aranda	0,03	0,14
Ciudad Bolívar	0,06	0,2		Puente Aranda	0,04	0,14
				<b>Promedio</b>	<b>0,03</b>	<b>0,13</b>

#### 4. CONCLUSION

Las concentraciones de actividad alfa beta grueso en las muestras de agua potable, recolectadas en las 19 localidades de Bogotá, fueron medidas para comprobar el cumplimiento de la normativa internacional y, obtener mediciones pioneras y bases, para determinar los posibles cambios en la radiactividad ambiental debido a las actividades humanas. Las medidas de concentración de actividad alfa beta grueso se encuentran por debajo del límite establecido por la Organización Mundial de la Salud.

#### 5. REFERENCIAS

- [1] O. M. de la salud OMS, “Guidelines for Drinking-water Quality,” vol. 1, pp. 32–35, 191–240, 2008.
- [2] IAEA, “Naturally Occurring Radioactive Material ( NORM V ),” no. March, pp. 19–22, 2007.
- [3] Canberra Industries, “Eclipse LB,” p. 257, 2007.
- [4] G. F. Knoll, *Radiation Detection and Measurement*. John Wiley & Sons, 2010, p. 860.
- [5] E. P. Agency, *Prescribed procedures for measurement of radioactivity in drinking water*. 1980.

- [6] S. Turhan, E. Özçtak, H. Taşkn, and a. Varinlioğlu, “ Determination of natural radioactivity by gross alpha and beta measurements in ground water samples,” *Water Res.*, vol. 47, pp. 3103–3108, 2013.