

# **Evaluación de las dosis recibidas por la incorporación de Ra-226 debido al consumo de aguas minerales en la República de Cuba.**

**Juan Tomás Zerquera, Miguel Prendes Alonso**

*Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones, Cuba.*

## **RESUMEN**

Por la relativa buena solubilidad de algunos de los compuestos de radio que se encuentran en los minerales de la corteza terrestre, con frecuencia se encuentran en las aguas provenientes del subsuelo concentraciones de Ra-226 que pueden llegar a ser significativas. Países como Francia y Finlandia han reportado concentraciones de este radionúclido en aguas subterráneas de hasta 2700 y 5300 respectivamente. Por estas razones, el control de la radiactividad en aguas de consumo y en específico de las concentraciones de Ra-226 se han convertido en una práctica habitual en numerosos países.

En Cuba se han organizado desde 1992 el muestreo y análisis de Ra-226 para las aguas de los principales manantiales y fuentes de abasto del país, el cual se realiza con una periodicidad establecida de acuerdo a los volúmenes de producción y las características primarias de cada una de estas fuentes.

Las concentraciones de este radionúclido en las aguas estudiadas fluctúan entre los 26 y los 144 mBq/L, valores que se corresponden con los reportados en la literatura para fuentes de abasto habituales. Las dosis comprometidas que se reciben por cada año de consumo de estas aguas se encuentran en el orden de las decenas de nanoSievert, valores poco significativos desde el punto de vista dosimétrico. Ninguna de las aguas estudiadas supera el valor establecido en la Norma Cubana, por lo que no ha sido necesario establecer restricciones sobre su consumo.

## **Introducción**

Una de las vías de incorporación de radiactividad al organismo humano la constituye la ingestión de agua, en particular de aguas minerales, las cuales son un portador potencial de radionúclidos naturales que incorporan por disolución al pasar por los lechos rocosos que contienen estos radionúclidos. Por la relativa buena solubilidad de algunos de los compuestos de radio que se encuentran en los minerales de la corteza terrestre, con frecuencia se encuentran en las aguas provenientes del subsuelo concentraciones de Ra-226 que pueden llegar a ser significativas. Países como Francia y Finlandia han reportado concentraciones de este radionúclido en aguas subterráneas de hasta 2700 y 5300 mBq/L respectivamente [1]. Por estas razones, el control de la radiactividad en aguas de consumo y en específico de las concentraciones de Ra-226 se ha convertido en una práctica habitual en numerosos países.

Entre los controles que se han implementado en la República de Cuba para la protección radiológica del público en su interacción con las diferentes fuentes ambientales de radiación se encuentra el control de las concentraciones del Ra-226 presente en las aguas minerales medicinales y de mesa que se destinan al consumo tanto de la población residente como de visitantes eventuales y turistas. Este trabajo forma a su vez parte de los controles estatales establecidos para garantizar la calidad de las aguas de consumo, lo que se refleja, por ejemplo, en la norma cubana que define las concentraciones permisibles de Ra-226 en aguas embotelladas [2].

Como parte de estos esfuerzos se organizó desde 1992 el muestreo y análisis de Ra-226 para las aguas de los principales manantiales y fuentes de abasto del país, el cual se realiza con una periodicidad establecida de acuerdo a los volúmenes de producción y las características primarias de cada una de estas fuentes.

### **Materiales y métodos**

La esencia de la técnica utilizada para la determinación de la concentración del Ra-226 en las aguas es el método emanométrico, descrito profusamente en la literatura [3].

Las muestras de aguas se recogen directamente de la fuente de abasto y en cada una de las etapas del proceso a que se somete el agua hasta su embotellamiento, en recipientes previamente endulzados y en un volumen no inferior a 1L, acidulándose las mismas por adición de  $\text{HNO}_3$  hasta  $\text{pH}=2$  para evitar el intercambio con las paredes del recipiente. Todo esto se realiza de acuerdo con el procedimiento establecido al efecto por el CPHR [4].

En el laboratorio las muestras recogidas en balones de 1L, se someten a la eliminación del Rn-222 disuelto mediante burbujeo con aire envejecido y posteriormente se dejan reposar por 8 días como mínimo para garantizar una acumulación de radón en el recipiente suficiente para los requerimientos estadísticos de la medición (un nivel de confianza para las determinaciones cuantitativas superior al 90% [5]).

Transcurrido el tiempo de acumulación, se somete la muestra a burbujeo acompañado de agitación a través de un sistema cerrado que incluye una campana de Lucas, hasta lograr remover el radón en solución en el agua de tal forma que se alcance una concentración de radón uniforme en todo el recinto de circulación, registrándose el tiempo requerido para ambos procesos ( $t_1$ ). La campana de Lucas se deja posteriormente en reposo durante un tiempo ( $t_2$ ) para que se alcance en su interior el equilibrio del radón con sus hijos anteriores al Pb-210 y posteriormente se mide el conteo alfa en la campana acoplada a un fotomultiplicador con ayuda de un radiómetro durante el tiempo de medición ( $t_3$ ).

Las concentraciones en agua de Ra-226 se determinan por la fórmula:

$$A_V = \frac{C_m/t_3 - C_f/t_f}{3 \varepsilon V} F_1(t_1) F_2(t_2) F_3(t_3)$$

donde:

$C_m$ : número de conteos registrados para la muestra;

$C_f$ : número de conteos registrados para el fondo;

$\varepsilon$ : efectividad de registro del sistema de medición;

$V$ : volumen de la muestra;

$t_f$ : tiempo de medición del fondo;

$F_1(t_1)$ :  $1 / (1 - \exp(-\lambda t_1))$ ;

$F_2(t_2)$ :  $1 / \exp(-\lambda t_2)$ ;

$F_3(t_3)$ :  $(\lambda t_3) / (1 - \exp(-\lambda t_3))$

Los valores de  $t_1$  y  $t_3$  fueron estudiados con el objetivo de lograr la optimización de la medición para el sistema empleado y se han establecido los valores  $t_1 \geq 900$  s,  $t_2 \geq 14400$  s y  $t_3 = 4000$  s para nuestras determinaciones, que aseguran un límite de detección de 3 mBq/L.

### Resultados y discusión

Los resultados de las determinaciones de las concentraciones de Ra-226 en agua para los manantiales estudiados se reflejan en la tabla I. En la misma se incluyen los valores medios calculados para cada fuente a partir de los muestreos de las diferentes etapas del proceso de embotellamiento y el rango de variación.

**Tabla I: Concentraciones de Ra-226 en aguas para los manantiales estudiados.**

Fuente de abasto	Conc. media, mBq/L	Rango de medición, mBq/L
Manantiales de Santiago de Cuba	43 ± 14	< 30 - 58
Manantial "El Templado"	131 ± 12	120 - 144
Manantiales "Ciego Montero"	46 ± 22	26 - 99
Manantiales de la Isla de la Juventud	90 ± 40	30 - 95
Manantial "La Cotorra"	55 ± 8	42 - 68
Manantial "Mayabeque"	59 ± 7	34 - 86

No se observaron en ninguno de los casos diferencias significativas entre las concentraciones determinadas para muestras tomadas en diferentes etapas del proceso de embotellamiento, por lo que se confirmó la hipótesis de que estas etapas no alteran la

concentración en el agua de Ra-226. La tabla 2 ilustra esta afirmación en el caso de uno de los manantiales.

**Tabla II: Concentración de Ra-226 para muestras tomadas en diferentes etapas del procesamiento tecnológico del agua embotellada "La Cotorra".**

Punto de muestreo	Concentración de actividad (mBq/L)
Pozo de abasto	42 ± 13
Cisterna	55 ± 17
Botellón 1	68 ± 20
Botellón 2	55 ± 17

Entre los manantiales estudiados se destaca el conocido por "El Templado", para el cual los valores elevados en la concentración de Ra-226 se encuentran en correspondencia con su región de ubicación, el balneario de aguas termales de San Diego de los Baños, que se caracteriza por una presencia significativa en sus suelos de radionúclidos de la serie del U-238. En el resto de los casos los valores encontrados generalmente se ubican en la región inferior de los rangos de fluctuación reportados por otros países [3], algunos de los cuales se reflejan en la tabla III. En ninguno de los casos los valores determinados superan la concentración máxima permisible establecida en el país para las aguas embotelladas de consumo por la norma correspondiente -2 Bq/L [2].

**Tabla III: Valores de concentración de Ra-226 en aguas reportados por otros países (aguas de pozo).**

Países	Concentraciones de Ra-226 en aguas mBq/L
Austria	< 3.7 - 270
India	1.11 - 77.7
USA	0.74 - 1780

A partir de los valores determinados puede hacerse una evaluación de la dosis por consumo de estas aguas. Asumiendo un consumo de 1.5L diarios para adultos y calculando la media aritmética de los valores determinados para los cuatro manantiales - 77.5 mBq/L, se obtiene una incorporación por ingestión de agua igual a 116.3 mBq/año, la cual significa a partir del coeficiente de conversión incorporación-dosis comprometida (0.2 nSv/Bq [1]) una dosis comprometida de 23 nSv por el consumo de 1 año.

### Conclusiones

Se han determinado los niveles de las concentraciones de Ra-226 en aguas minerales para importantes fuentes de abasto de la República de Cuba. Las concentraciones de este radionúclido en las aguas estudiadas fluctúan entre los 26 y los 144 mBq/L, valores que se corresponden con los reportados en la literatura para fuentes de abasto habituales. Las dosis comprometidas que se reciben por cada año de consumo de estas aguas se encuentran en el orden de las decenas de nanoSievert, valores poco significativos desde el punto de vista dosimétrico. Ninguna de las aguas estudiadas

supera el valor establecido en la Norma Cubana, por lo que no ha sido necesario establecer restricciones sobre su consumo.

## Referencias

- [1] UNITED NATIONS SCIENTIFIC COMMITTEE ON THE EFFECTS OF ATOMIC RADIATION, "Sources and Effects of Ionizing Radiation: UNSCEAR 1993 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes", United Nations, New York (1993).
- [2] COMITE ESTATAL DE NORMALIZACION DE LA REPUBLICA DE CUBA, "Reglas Básicas de Seguridad", Norma Cubana NC69-0181, La Habana (1981).
- [3] INTERNACIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, "The Environmental Behaviour of Radium", Technical Report Series N°. 310, Vienna (1990).
- [4] CENTRO DE PROTECCION E HIGIENE DE LAS RADIACIONES, "Instrucción para la determinación de Ra-226 en aguas no salinas", La Habana (1993).
- [5] CURRIE L. "Limits for Qualitative Detection and Quantitative Determination", Anal. Chem. 40 3 (1968).

## ABSTRACT

Because of the good solubility of radium compounds in the earth core, concentrations of Ra-226 in groundwater may be significant. Some countries like France and Finland have reported Ra-226 concentrations in groundwater up to 2700 and 5300 mBq/L respectively. By these reasons the control of the concentrations of Ra-226 in water for human consumption became a practice in various countries.

Sampling and analysis for Ra-226 in water from the principal springs and sources in Cuba have been organized since 1992, taking into account the volumes and primary features of each source.

Radium-226 concentrations in studied waters are in the range 26-144 mBq/L. These concentrations correspond with values reported in the literature for sources in other countries. Committed doses for water consumption in a year are in the order of nanoSieverts. Determined concentrations are below the value established by corresponding Cuban Standard and no restrictions have been recommended.