

**Título:****RADIOACTIVIDAD NATURAL EN AGUA POTABLE DE CAMAGÜEY.****Autores:****Adelmo Montalván Estrada; Osvaldo Brígido Flores; Zurima Sanz Ramos; Yanitse Caparrós Cubeña.****Institución:****Centro de Ingeniería Ambiental de Camagüey.****Dirección electrónica:****[sean@caonao.cmw.inf.cu](mailto:sean@caonao.cmw.inf.cu)****Teléfonos:****26 16 57 y 26 22 73.****RESUMEN**

En el trabajo se hace un estudio de la radiactividad natural presente en el agua potable de Camagüey, como parte de un Proyecto territorial de estudio del fondo radiológico ambiental en nuestra región. Se evalúan los parámetros físicos químicos de las fuentes de abasto de la población y se determinan las concentraciones de los siguientes radionúclidos naturales: Ra-226, Pb-210, Po-210 y K-40. El Ra-226 se determinó por el método emanométrico, siendo su actividad específica media de  $27 \pm 8$  mBq/l; el Pb-210 y Po-210 se determinaron por deposición electrolítica en discos de cobre y posterior radiometría, siendo sus actividades específicas medias de  $3 \pm 1$  mBq/l y  $2 \pm 1$  mBq/l, respectivamente; el K-40 se determinó por espectrometría gamma, siendo su actividad específica media de  $1.8 \pm 0.3$  Bq/l. No se encontraron variaciones estacionales significativas en los resultados. Sobre la base de las concentraciones medidas se calcularon las dosis efectivas debido a la ingestión de estos radionúclidos, como consecuencia del consumo directo de agua potable. Así, por ejemplo, la dosis efectiva que recibe un adulto debido a la ingestión de Ra-226 en agua potable es de  $5.2 \mu\text{Sv/año}$ . Los resultados se comparan con los obtenidos en otras regiones del mundo. Quedan establecidos valores de referencia para la región y en ningún caso se superan las concentraciones máximas permisibles.

**Temática:** Vigilancia Radiológica Ambiental.

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es fruto del Proyecto "Caracterización del fondo radiológico de la región Ciego de Avila, Camagüey, Tunas", financiado por el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente de la República de Cuba.

La exposición natural del hombre a las radiaciones ionizantes se debe a dos fuentes fundamentales: la radiación cósmica y la terrestre. Esta última está determinada por la presencia de radionúclidos naturales en el aire, los alimentos y el agua. De los cuatro isótopos del Radio que se derivan de las series de decaimiento radiactivo del Uranio, Actinio y Torio, el Ra-226 producto del decaimiento del U-238 es el más importante, esto se debe a su vida media larga 1622 años y a la abundancia del U-238 en la naturaleza. Tanto el Ra-226 como su producto de decaimiento Rn-222 poseen riesgos radiológicos, el Ra-226 por su capacidad de sustituir al Calcio en la estructura ósea y el Rn-222 por su retención en los pulmones en la forma de Pb-210 y Po-210. El Ra-226 es una de las principales fuentes de radiactividad en alimentos y el agua [1]. De acuerdo con el Comité Nacional de Protección Radiológica de los EE.UU la concentración máxima permisible del Ra-226 en agua potable es de  $148 \text{ mBq.l}^{-1}$ , siendo el valor mínimo de cualquier radionúclido [2]. El Potasio es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre (2,6 % en masa) y en su mezcla isotópica natural el K-40 constituye el 0,0119 %.

Como parte de la caracterización de la calidad del agua potable de la ciudad de Camagüey, se determinaron las concentraciones de Ra-226, Pb-210, Po-210 y K-40 en aguas de pozo y de acueducto. Los valores obtenidos no sobrepasan las concentraciones máximas permisibles. Sobre la base de las concentraciones obtenidas se calcularon las dosis efectivas asociadas por grupo de edades debido a la ingestión de estos radionúclidos como consecuencia del consumo directo de agua potable. También se estudió la variación por estaciones y por tipo de fuente de abasto.

## MATERIALES Y METODOS

**Área de estudio.** La ciudad de Camagüey es la capital de la Provincia del mismo nombre, su población es de aproximadamente 300 000 habitantes. La región donde se asienta la ciudad es llana y el suelo es arenoso. La ciudad se abastece de agua de presas artificiales que suministran al acueducto y de pozos privados de poca profundidad (10 metros o menos), situados en los barrios periféricos.

**Muestreo.** La ciudad de Camagüey está dividida en cuatro distritos administrativos. El muestreo fue realizado por distritos. En cada distrito se tomó una muestra del agua de acueducto y 10 muestras del agua de pozo. Para el muestreo se emplearon frascos de vidrio de un litro de capacidad, completamente limpios. Las muestras se preservaron con 5 ml de ácido nítrico concentrado y los frascos fueron tapados herméticamente [3].

**Medición del Ra-226.** El Ra-226 fue determinado por el método emanométrico.

**Medición del Po-210 y Pb-210.** La deposición electroquímica en discos de cobre y el posterior conteo alfa en un radiómetro de bajo fondo fue el método utilizado. Los cálculos de actividad se realizan con ayuda de las ecuaciones de Bateman.

**Medición del K-40.** Determinación por espectrometría gamma en el pico de 1,46 MeV. Se empleó un detector de NaI (TI) con superficie de 45×45 mm, y analizador AMC-11F (1024 canales), con una resolución del 6,7% para el pico de 1,33 MeV del Co-60.

**Cálculo de la dosis efectiva.** La dosis efectiva que recibe un individuo debido a la ingestión de un radionúclido al consumir agua potable es calculada por la fórmula  $D_{ing} = Cr \times If \times Ed$ ,

Donde  $D_{ing}$  - es la dosis efectiva anual al individuo debido a la ingestión del radionúclido ( $Sv.año^{-1}$ )

Cr - concentración del radionúclido en el agua ingerida ( $Bq.l^{-1}$ )

If - consumo anual de agua ( $l.año^{-1}$ )

Ed - factor de conversión para la dosis por ingestión para el radionúclido ( $Sv.Bq^{-1}$ ).

Valores tomados de NRPB R 245 [4].

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras de agua fueron sometidas a análisis físico-químicos en el Centro Provincial de Higiene y Epidemiología de Camagüey. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Parámetros físico-químicos de las aguas analizadas, valores promedios.

Fuente de agua	Parámetros				
	pH	Conductividad mS/cm	F <sup>-</sup> mg/l	Cl <sup>-</sup> mg/l	Dureza mg CaCO <sub>3</sub> /l
Acueducto	7.1	249	0	99	167
Pozo	7.6	493	0	51	229

El agua de acueducto posee menos contenido de sales disueltas, lo que está en relación con la fuente de suministro (presas artificiales) y al tratamiento en las plantas potabilizadoras. Los índices de acidez ligeramente alcalinos se explican por la naturaleza carbonatada de los suelos. La dureza del agua de pozo es apreciable. En algunos pozos fueron detectadas trazas de nitritos, lo que evidencia una incipiente contaminación con heces fecales.

Las determinaciones de Ra-226 en el suelo de la ciudad arrojan una media de  $12,0 \pm 1,0$  Bq/Kg, lo que es un valor aceptable para suelos arenosos. En los alrededores de la misma, donde se encuentran situadas las presas que abastecen al acueducto, los valores dan una media de  $26,4 \pm 2,5$  Bq/Kg . El valor promedio de K-40 en el suelo de la Provincia es de 210 Bq/Kg[5].

En la Tabla 2 se aprecian las actividades específicas promedios de los diferentes radionúclidos, según el sistema de abasto de agua y las estaciones del año.

**Tabla 2.** Concentraciones de los radionúclidos estudiados.

Radionúclidos		Actividad específica, mBq.l <sup>-1</sup>		
		Estación lluviosa	Estación seca	Promedio
Ra-226	Pozos	25 ± 8	24 ± 7	25 ± 7
	Acueducto	31 ± 10	31 ± 9	31 ± 9
Pb-210	Pozos	3 ± 1	3 ± 1	3 ± 1
	Acueducto	4 ± 1	3 ± 1	3 ± 1
Po-210	Pozos	2 ± 1	2 ± 1	2 ± 1
	Acueducto	3 ± 1	2 ± 1	2 ± 1
K-40	Pozos	1600 ± 250	1740 ± 280	1670 ± 265
	Acueducto	2100 ± 420	1800 ± 300	1950 ± 360

Las actividades específicas medias son: para el Ra-226 ( $27 \pm 8$  mBq/l), para el Pb-210 ( $3 \pm 1$  mBq/l), para el Po-210 ( $2 \pm 1$  mBq/l) y para el K-40 ( $1,8 \pm 0,3$  Bq/l).

Como puede observarse, no hay variación apreciable en las actividades específicas de los diferentes radionúclidos en dependencia de las estaciones del año. Las actividades específicas para algunos radionúclidos presentes en el agua de acueducto son ligeramente superiores a las obtenidas en el agua de pozo.

Las dosis efectivas por grupo de edades debido a la ingestión de los radionúclidos estudiados en agua potable se calcularon para cada tipo de fuente según se muestra en Tabla 3.

Para el cálculo del promedio se considera que el 70 % de la población recibe agua del acueducto y el 30 % restante de los pozos. Así para el Ra-226 la dosis efectiva promedio es mayor para niños de hasta un año:  $26,5$  nSv.l<sup>-1</sup>, y alcanza el valor mínimo para los adultos:  $6,4$  nSv.l<sup>-1</sup>.

**Tabla 3.** Dosis efectiva por grupo de edades debido a la ingestión de los diferentes radionúclidos en agua potable.

Radionúclido		Dosis efectiva, nSv.l <sup>-1</sup>				
		Grupo de edades				
		1 a	5 a	10 a	15 a	Adulto
Ra-226	Pozo	22,7	14,5	8,7	6,0	5,5
	Acueducto	28,2	18,0	10,8	7,4	6,8
	Promedio	<b>26,5</b>	<b>16,9</b>	<b>10,2</b>	<b>7,0</b>	<b>6,4</b>
Pb-210	Pozo	2,9	1,9	1,1	0,8	0,7
	Acueducto	2,9	1,9	1,1	0,8	0,7
	Promedio	<b>2,9</b>	<b>1,9</b>	<b>1,1</b>	<b>0,8</b>	<b>0,7</b>
Po-210	Pozo	1,7	1,0	0,6	0,4	0,3
	Acueducto	1,7	1,0	0,6	0,4	0,3
	Promedio	<b>1,7</b>	<b>1,0</b>	<b>0,6</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>
K-40	Pozo	56,8	35,1	18,4	10,5	8,3
	Acueducto	66,3	40,9	21,4	12,3	9,7
	Promedio	<b>63,4</b>	<b>39,2</b>	<b>20,5</b>	<b>11,8</b>	<b>9,3</b>

El consumo promedio diario de agua es estimado en 250 ml para el intervalo de edades entre 0 y 1 años, un litro para el intervalo de edades entre 1 y 5 años, 1,2 litros para el intervalo de edades entre 5 y 10 años, 1,5 litros para el intervalo de edades entre 10 y 15 años y de 2,2 litros para los adultos.

A partir de estos valores de ingestión se hace una estimación de la dosis efectiva anual debido a la ingestión de los radionúclidos estudiados en agua potable. Estos valores se ofrecen en la tabla 4.

**Table 4.** Dosis efectiva anual debido a la ingestión de los radionúclidos estudiados en agua potable.

Radionúclido		Dosis efectiva, mSv.a <sup>-1</sup>				
		Grupo de edades				
		1 a	5 a	10 a	15 a	Adulto
Ra-226	Pozo	2,1	5,3	3,8	3,3	4,4
	Acueducto	2,6	6,6	4,7	4,1	5,5
	Promedio	<b>2,4</b>	<b>6,2</b>	<b>4,4</b>	<b>3,9</b>	<b>5,2</b>
Pb-210	Pozo	0,3	0,7	0,5	0,4	0,6
	Acueducto	0,3	0,7	0,5	0,4	0,6
	Promedio	<b>0,3</b>	<b>0,7</b>	0,5	<b>0,4</b>	<b>0,6</b>
Po-210	Pozo	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
	Acueducto	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2
	Promedio	<b>0,2</b>	<b>0,4</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,2</b>
K-40	Pozo	5,2	12,8	8,1	5,7	6,7
	Acueducto	6,0	14,9	9,4	6,7	7,8
	Promedio	<b>5,8</b>	<b>14,3</b>	<b>9,0</b>	<b>6,5</b>	<b>7,5</b>

Las dosis efectivas anuales promedios debido a la ingestión de los radionúclidos estudiados en agua potable pueden asumirse como sigue: para el Ra-226 (4,4  $\mu$ Sv); para el Pb-210 (0,5  $\mu$ Sv); para el Po-210 (0,3  $\mu$ Sv); para el K-40 (8,6  $\mu$ Sv). La contribución de estos radionúclidos a la dosis media mundial debido a la ingestión e inhalación de radionúclidos terrestres (0,23 mSv) [6] es del 0,06 % del total.

## CONCLUSIONES

Las actividades específicas medias de diferentes radionúclidos naturales presentes en el agua potable se determinaron, siendo: para el Ra-226 ( $27 \pm 8$  mBq/l), para el Pb-210 ( $3 \pm 1$  mBq/l), para el Po-210 ( $2 \pm 1$  mBq/l) y para el K-40 ( $1,8 \pm 0,3$  Bq/l). Estos valores no superan las concentraciones máximas permisibles en agua de consumo, según el Comité Nacional de Protección Radiológica de los EE.UU. No hay variación apreciable en las actividades específicas de los diferentes radionúclidos en dependencia de las estaciones del año.

El agua de acueducto presentó una actividad específica promedio para algunos radionúclidos (Ra-226, K-40) ligeramente superior a la encontrada en aguas de pozo, lo que puede relacionarse con las concentraciones superiores de estos radionúclidos en los suelos donde se asientan los embalses que abastecen el acueducto.

Las dosis efectivas anuales promedios debido a la ingestión de los radionúclidos estudiados en agua potable puede asumirse como sigue: para el Ra-226 ( $4,4 \mu\text{Sv}$ ); para el Pb-210 ( $0,5 \mu\text{Sv}$ ); para el Po-210 ( $0,3 \mu\text{Sv}$ ); para el K-40 ( $8,6 \mu\text{Sv}$ ). La contribución de estos radionúclidos a la dosis media mundial debido a la ingestión e inhalación de radionúclidos terrestres ( $0,23 \text{ mSv}$ ) es del 0,06 % del total.

## REFERENCIAS

1. UNSCEAR. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiations. Report to the General Assembly (New York, United Nations, 1988).
2. NCRP. National Bureau of Standards Handbook No. 52 (National Committee on Radiation Protection, USA 1954).
3. IAEA. Measurement of Radionuclides in Food and the Environment. Technical Report Series No. 295 (Vienna, IAEA, 1989).
4. Phipps, A. W., et al. Committed Effective Doses from Intakes of Radionuclides. NRPB, Chilton, Didcot, Oxon OX 11 ORQ, UK 1991).
5. Brigido Flores, O., et al. Environmental Gamma Radiation Measurement on Province of Camagüey, Cuba. (Proc. Int. Symp. NURT 1999, Havana, 1999, Cuba).
6. UNSCEAR, 1993.