

## **Análisis de la Radiactividad en el Balneario “Elguea”, Villa Clara, Cuba**

*I.M. Fernández Gómez, J. Tomás Zerquera, J. Carrazana González, E. Capote Ferrera  
G. Rodríguez Castro  
Centro de Protección e Higiene de las Radiaciones  
La Habana, Cuba*

[isis@cphr.edu.cu](mailto:isis@cphr.edu.cu); [jtomas@cphr.edu.cu](mailto:jtomas@cphr.edu.cu); [carrazana@cphr.edu.cu](mailto:carrazana@cphr.edu.cu); [capote@cphr.edu.cu](mailto:capote@cphr.edu.cu);  
[gloria@cphr.edu.cu](mailto:gloria@cphr.edu.cu)

### **Resumen**

El Balneario de “Elguea”, ubicado en la costa norte de la provincia de Villa Clara, Cuba, está considerado uno de los más importantes balnearios de América Latina. Las aguas de este balneario son ricas en sales de cloro, sodio, bromo, sulfuros y contienen radón. Como resultado de mediciones de tasas de dosis gamma ambiental realizadas en la zona del balneario, se estimaron niveles de dosis entre 0.13 y 2.3 mSv. Los resultados obtenidos motivaron que se realizara una caracterización, desde el punto de vista radiológico, del balneario. Esta caracterización resulta de suma importancia para poder evaluar el impacto que tiene el balneario y la descarga de sus aguas sobre el medio, así como las dosis que puede recibir la población potencialmente afectada por estas descargas. Con este fin se realizaron determinaciones cuantitativas de los radionúclidos naturales más significativos existentes en diferentes objetos ambientales provenientes de la zona del balneario y su entorno, así como una caracterización gamma “in situ” de la misma. Los resultados obtenidos se presentan en este trabajo.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las aguas del Balneario de “Elguea”, ubicado en la costa norte de la provincia de Villa Clara se usan para diferentes tratamientos terapéuticos como: relajación, revitalización, anti-stress, contra la obesidad, problemas de los sistemas locomotor, respiratorio y circulatorio y problemas neurológicos. Con este fin, la Estación termal del balneario está equipada, entre otras facilidades, con tres piscinas de natación, bañeras individuales con motores para masajes, sauna, hidroterapia y terapia de barro. Todos estos servicios emplean, de una forma u otra, las aguas y lodos termales del balneario.

Hoy en día, la normativa internacional existente, relativa a la exposición a las fuentes naturales de radiación, tiene entre su ámbito de aplicación las actividades laborales, donde el uso de los

radionúclidos naturales conlleve a un incremento significativo de la exposición de los trabajadores o de los miembros del público. Por esta razón se ha establecido que cada país identifique las situaciones de exposición en el trabajo y entre las mismas se encuentra *la exposición al radón, torón y radiación gamma en balnearios* [1].

La Resolución conjunta entre el Ministerio de Ciencias, Tecnología y Medio Ambiente y el Ministerio de Salud Pública de Cuba de enero de 2002, Reglamento “*Normas Básicas de Seguridad*” [2], regula, en el país, las exposiciones objetos de control por el Centro Nacional de Seguridad Nuclear. De forma particular, con relación a las exposiciones naturales, establece en su Artículo 35 que la misma se considerará normalmente una situación de exposición crónica a no ser que tal exposición esté sujeta a los requisitos relativos a las prácticas con radiaciones ionizantes, según se establece en el Artículo 37. Este último artículo refleja el estado del arte actual y sólo establece criterios claros para la exposición al radón, mientras otorga a la Autoridad Reguladora la potestad de determinar cuál exposición a fuentes naturales habrá de estar sujeta a requisitos reguladores.

En el país fueron identificadas 5 prácticas que podrían estar asociadas a niveles de dosis de radiación, que hiciesen aconsejable el establecimiento de controles reguladores sobre las mismas y entre estas se encuentran los sanatorios de aguas termales. El escenario tipo estudiado en este caso fue justamente el Balneario de “Elguea”. Con este fin se realizaron mediciones de tasas de dosis gamma ambiental de la zona del balneario y se estimaron niveles de dosis entre 0.13 y 2.3 mSv en el año. Estos valores permitieron recomendar a la Autoridad Reguladora Nacional, la conveniencia de que para esta práctica laboral se establezca el requisito de notificación, teniendo en cuenta que la literatura internacional coincide en que para niveles de dosis ocupacionales superiores 1 mSv en el año, debería establecerse algún control regulador

Teniendo en cuenta que sólo se había llevado a cabo un estudio preliminar de varias prácticas del país y que las dosis estimadas en el Balneario de “Elguea” se encontraban por encima de 1 mSv, se consideró de sumo interés un estudio exhaustivo, desde el punto de vista radiológico, de este balneario. Por esta razón se realizó la caracterización radiológica del mismo y su entorno, trabajo este englobado dentro de un estudio para estimar el impacto radiológico del Balneario de “Elguea” sobre los trabajadores, la población y el medio ambiente.

## 2. MATERIALES Y METODOS

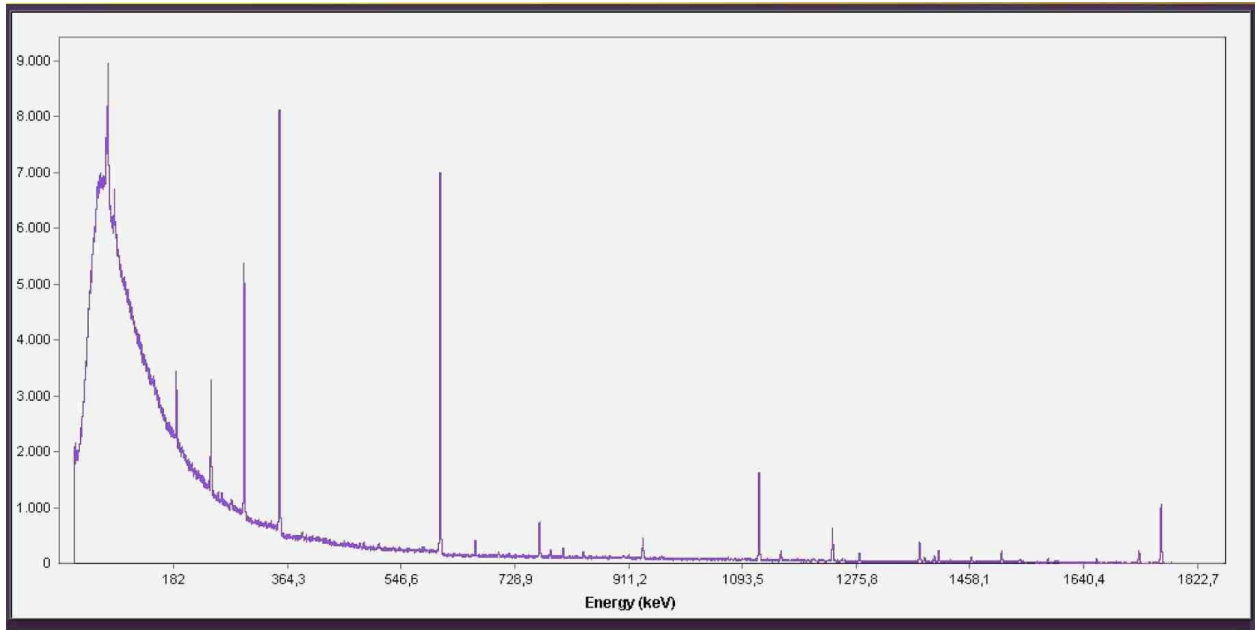
Se llevó a cabo un levantamiento gamma in situ de la zona de ubicación del balneario y su entorno, usando para esto un sistema gamma espectrométrico SILENA, con detector HpGe de ventana de Berilio, dewar de enfriamiento, amplificador y fuente de alto voltaje WALK LAB, y software GAMMA-2000. Igualmente se realizó la determinación en el Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental del CPHR de radionúclidos emisores gamma de origen natural en diferentes objetos ambientales procedentes de la zona de ubicación del balneario y su entorno. El equipamiento empleado para esto fue un sistema gamma espectrométrico CANBERRA, con detector HpGe, con un 18% de eficiencia absoluta, tarjeta multicanal y software InterWinner 4.1 [3]. En estas mediciones las muestras fueron envasadas y selladas para su medición al cabo de 30 días, una vez que se restableciera el equilibrio entre el Ra-226 y el Rn-222 y sus hijos.

Se estimó la concentración de Rn-222 en agua, mezclando 10mL de agua en con 10 mL de un cóctel de centelleo en base a tolueno y haciendo una extracción líquido-líquido dentro del propio vial de medición. Esta mezcla se midió pasadas las 3 horas de la extracción para que se restableciera el equilibrio entre el Rn-222 y sus hijos, usando un contador de centelleo líquido WALLAC 1409 [4]. La concentración de Rn-222 se calculó haciendo la corrección correspondiente a la fecha y hora del muestreo. Las muestras se midieron nuevamente pasadas 72 horas (tiempo de decaimiento del Rn-222) para comprobar la ausencia de Ra-226 en la fase orgánica, lo que pudiera falsear el resultado obtenido. También se estimó la concentración de Rn-222 en aire, empleando un equipo de medición directa SARAD RM2000. Por último, se estimó la tasa de dosis gamma ambiental integrada en diferentes locales dentro de la Estación termal del balneario, usando dosímetros termoluminiscentes de LiF [5].

## 2. RESULTADOS Y DISCUSION

Los elementos radiactivos encontrados en los diferentes objetos ambientales estudiados, a excepción del K-40, procedían de las series radiactivas naturales de los radionúclidos primarios U-238, U-235 y Th-232, que se encuentran distribuidos abundantemente en la corteza terrestre. Iguales resultados muestra la espectrometría gamma in situ, realizada en diferentes lugares de la zona de emplazamiento del balneario y en su entorno.

Las mayores concentraciones de actividad fueron medidas en la zona aledaña a las piscinas naturales donde se forman los lodos termales. En esta zona desaguan todas las piscinas naturales creándose un playazo, con una elevada concentración de Ra-226 y de otros radionúclidos de origen natural. En la Figura 1 se puede apreciar el espectro colectado en este lugar, correspondiendo los fotopicos encontrados principalmente al Ra-226 y sus hijos.



**Figura 1. Espectro gamma in situ de la zona de lodos termales del balneario**

En la Tabla I aparecen las concentraciones de Actividad de Rn-222 en agua, determinadas en los diferentes pozos del Balneario de “Elguea”.

**Tabla I. Concentración de Actividad de Rn-222 en agua**

Procedencia de la muestra		Concentración de Actividad (Bq/L)
Estación termal nueva	Piscina termal interior	2.93 ± 0.71
	Piscina termal exterior	3.17 ± 0.65
Estación termal vieja	Pozo “para los pies”	3.17 ± 0.71
	Pozo “el guapo”	3.41 ± 0.72
	Pozo “para los ojos”	3.71 ± 0.65
	Pozo “para la piel”	3.41 ± 0.72
	Pozo “el purgante”	3.41 ± 0.72
	Pozo “el champú”	3.17 ± 0.65
	Pozo “de la belleza”	3.17 ± 0.65

Como se puede apreciar de la Tabla I, no hay diferencias significativas entre las concentraciones de Actividad de Rn-222 encontradas en los diferentes pozos del balneario y los valores encontrados de gas radón disuelto en el agua son bajos, teniendo en cuenta los valores reportados en balnearios considerados radónicos [6]. Por otro lado el valor de Rn-222 en aire más elevado, correspondiente a 20 Bq/m<sup>3</sup>, fue encontrado, junto a la piscina de agua termal, que se usa para los tratamientos en la Estación Termal. En la Tabla II se presentan los resultados del análisis gamma espectrométrico de los diferentes objetos ambientales estudiados.

**Tabla II. Concentración de actividad de emisores gamma de origen natural**

Tipo de muestra	Ac-228 (Bq/kg)	Ra-226 (Bq/kg)	K-40 (Bq/kg)	Pb-210 (Bq/kg)
Lodos termales (piscina 2)	15 ± 2	711 ± 36	116 ± 8	395 ± 21
Lodos termales (piscina 3)	19 ± 3	480 ± 24	121 ± 13	127 ± 12
Lodos termales (piscina 4)	19 ± 3	473 ± 24	119 ± 13	128 ± 12
Líquenes (zona piscinas de lodos)	<7	13.0 ± 0.7	368 ± 16	21 ± 10
Cactus (zona piscinas de lodos)	<15	26 ± 2	202 ± 22	<19
Pasto (zona piscinas de lodos)	<14	21.6 ± 1.5	125 ± 23	<63
Plantas rastreras (zona piscinas de lodos)	15 ± 3	392 ± 5	340 ± 26	243 ± 23
Pasto (zona desagüe de las piscinas de lodos)	<8	10 ± 2	415 ± 29	29 ± 6
Sedimentos superficiales (zona desagüe de las piscinas de lodos)	32 ± 3	3919 ± 196	199 ± 14	1383 ± 70
Aguas termales	-	6.3 ± 0.4	-	-
Lodo del canal desagüe	15 ± 2	240 ± 12.1	101 ± 7	-

De la tabla II se puede observar la elevada concentración de Ra-226 en los lodos termales en comparación con el resto de los objetos estudiados. También hay presencia de este radionúclido, en la vegetación de la zona adyacente a las piscinas naturales donde se forman los lodos, que luego son empleados para los diferentes tratamientos en la Estación Termal.

En la Tabla III aparecen las dosis gamma equivalentes ambientales determinadas en diferentes locales de la Estación termal.

**Tabla III. Dosis equivalente ambiental**

Lugar de exposición del dosímetro ambiental	Dosis equivalente ambiental (mSv)
Enfermería	0.22
Electroterapia	0.20
Dirección	0.17
Consulta de masaje	0.20
Local de preparación de fangos	0.15

Los resultados encontrados no son significativos en ninguno de los locales donde fueron expuestos los dosímetros termoluminiscentes. Estos resultados se esperaban una vez que fueron hechos los estudios de los diferentes objetos ambientales, ya que los lodos termales que son los de mayor concentración de actividad, no permanecen almacenados dentro de la Estación termal, sólo se usan en el momento del tratamiento y se transportan para su preparación diariamente desde la piscina donde se forman hasta la Estación.

#### 4. CONCLUSIONES

Todos los radionúclidos que fueron determinados durante el estudio realizado, tanto en la zona de ubicación del Balneario de “Elguea” como en su entorno, pertenecen a las series radiactivas naturales del U-238, U-235 y Th-232.

El radionúclido de mayor concentración de actividad en todos los objetos estudiados resultó ser el Ra-226, encontrándose el mismo en mayores concentraciones en los lodos termales que se emplean para los diferentes tratamiento en la Estación termal y así mismo en la zona aledaña a las piscinas donde se forman estos lodos y a donde va a desaguar toda el agua remanente de los mismos.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

1. Radiation Protection 88. Recommendations for the implementation of title VII of the European Basic Safety Standards Directive concerning significant increased in exposure due to natural radiation sources. European Commission, 1997.
2. Resolución CITMA-MINSAP: Reglamento “Normas Básicas de Seguridad Radiológica”, La Habana, 2002.
3. Nuclear instrumentation – Measurement of gamma-ray emission rates of radionuclides – Calibration and use of germanium spectrometers. IEC 1452, 1995-08.
4. Standard Test Method for Radon in Drinking Water. American Society for Testing and Materials. Designation: D 5072 – 98.
5. ICRU REPORT 47 Measurement of Dose Equivalents from External Photon and Electron Radiations.
6. Análisis de la radiactividad en aguas del balneario El Paraíso, Manzanera (Teruel). J. Palomares, M. Pozuelo. Anal. Real Acad. Farm. 2000.