

## **Análisis de la radiactividad en aguas del Balneario Cervantes**

JUAN PALOMARES LÓPEZ, MILAGROS POZUELO CUERVO  
*Departamento de Medio Ambiente (CIEMAT)*

### **RESUMEN**

Se ha realizado el estudio radiológico del agua de los manantiales del Balneario Cervantes: Mina Bilbao y Villa Rosa.

Este estudio ha consistido en la determinación cuantitativa de los radionucleidos naturales más importantes desde el punto de vista de la protección radiológica existentes en las aguas del balneario.

La medida del contenido radiactivo de las aguas constituye un tema cuyo estudio resulta de gran interés. Las aguas con elementos radiactivos disueltos pueden producir, como consecuencia directa de su consumo, dosis de irradiación interna tanto por ingestión como por inhalación de estos elementos. Debido a esto es necesario, en algunos casos, proceder al análisis y posterior evaluación de la dosis asociada a este consumo.

**Palabras clave:** radiactividad, radionucleido, periodo de semidesintegración, series radiactivas.

### **ABSTRACT**

#### **Radioactivity analysis of Cervantes Spa waters**

Radioactivity analysis of Cervantes Spa water were carried out by the CIEMAT Laboratory of Environmental Radioactivity.

With this aim the most important natural radionuclides were determined in water from: spring water Mina Bilbao and spring water Villa Rosa.

The measurement and knowledge of radioactivity level in water is an interesting and convenient topic. The consumption of water which has dissolved some radionuclides could lead to internal irradiation both by ingestion and by inhalation. Therefore it is necessary, in some cases, to determine the water radioactivity level in order to assess the dose.

**Key words:** Radioactivity, radionuclides, half live, radioactive series

## 1. INTRODUCCIÓN

El Laboratorio de Radiactividad Ambiental del Departamento de Medio Ambiente del CIEMAT ha realizado un estudio de la radiactividad en las aguas de los manantiales del Balneario Cervantes. Este trabajo está englobado dentro de un estudio más amplio sobre las características generales de los balnearios españoles en el que se incluye las características radiológicas de sus aguas mineromedicinales.

Las aguas subterráneas que circulan por la corteza terrestre constituyen agentes fundamentales en los procesos geológicos de formación. Siendo un solvente natural complejo y dinámico, el agua participa tanto en los procesos de disolución y transporte como en las reacciones químicas y en la transferencia de calor, gases y elementos químicos. Como consecuencia de ello es el principal medio de dispersión y transporte de los elementos radiactivos naturales a través de la biosfera y de los niveles tróficos hasta alcanzar al hombre.

## 2. ANÁLISIS DE RADIATIVIDAD

Los isótopos radiactivos que habitualmente se encuentran presentes en el agua, excepción hecha del K-40, proceden de las series radiactivas naturales de los radionucleidos primarios U-238, U-235 y Th-232, que se encuentran distribuidos abundantemente, aunque de forma desigual, en la corteza terrestre.

Estos radionucleidos cabeza de las series radiactivas son denominados radionucleidos primogénicos, ya que proceden de los primitivos materiales que se acumularon en la formación de la tierra, y por sus largos periodos de semidesintegración están aún presentes. La mayor parte de los otros radionucleidos miembros de las series son de periodos más cortos y se están produciendo continuamente por la desintegración de sus precursores, de periodos largos.

La mayor o menor concentración de estos radionucleidos en las aguas viene condicionada no sólo por la mayor abundancia en el terreno sino también por las características físico-químicas de cada uno de ellos individualmente (solubilidad, etc.). Ello hace que los

equilibrios radiactivos seculares entre los radionucleidos existentes en los terrenos se alteren radicalmente en las aguas que los disuelven y acumulan. Un caso típico es el Rn-222, cuya actividad en agua suele ser mucho mayor que la de su progenitor el Ra-226, de características físico-químicas distintas, a pesar de su periodo de semidesintegración mucho más corto.

## 2.1. Índices de Actividad Total

Una estimación del contenido de la radiactividad en el agua nos la proporcionan los llamados índices de radiactividad alfa total y beta total, cuya medida es simple y rápida y que nos permite decidir sobre la necesidad de realizar determinaciones cuantitativas e individualizadas de los posibles radionucleidos presentes.

Estas medidas son, como su nombre indica, unos índices y por tanto proporcionan unos valores orientativos, los cuales se expresan refiriendo toda la actividad alfa como si fuera Am-241 y la actividad beta como Sr-90 en equilibrio con el Y-90.

La determinación de los citados índices se ha realizado siguiendo los procedimientos normalizados en el laboratorio (1)(2).

Los equipos utilizados han sido un contador de centelleo de sulfuro de cinc (Ag), modelo 2007P de la firma «Canberra», para la medida de la actividad alfa, y un contador proporcional de flujo de gas, modelo Berthold 6B-770/2, para la medida de la actividad beta.

## 2.2. Determinación de Radionucleidos

La selección de los radionucleidos a determinar se ha basado fundamentalmente en criterios de peligrosidad radiológica, según su contribución a las dosis del hombre por ingestión o inhalación. Siguiendo este criterio se ha elegido en primer lugar el Rn-222 y su progenitor el Ra-226, que son los principales contribuyentes de la radiactividad de la serie del U-238, debido a sus descendientes de periodo de semidesintegración corto, con los cuales alcanza rápidamente el equilibrio. Los restantes radionucleidos seleccionados han

sido fundamentalmente aquellos de periodo de semidesintegración largo, que son los únicos que se pueden determinar en la práctica aunque se haya roto el equilibrio radiactivo entre los diferentes radionucleidos de la serie.

Los radionucleidos seleccionados han sido los siguientes:

### *Rn-222*

En general, el mayor porcentaje de radiactividad de las aguas subterráneas se debe a la presencia de Rn-222. Debido a sus propiedades físico-químicas se produce una acumulación de radón en el agua que da lugar a valores de actividad muy superior a la debida al simple equilibrio radiactivo con su progenitor. Por otra parte, la presencia de Rn-222 juega un papel primordial en la actividad total de las aguas, no sólo por su propia radiactividad sino porque es el precursor de una serie de radionucleidos de periodos de semidesintegración cortos, tales como el Pb-214 ( $T_{1/2}= 26,8$  minutos) y Bi-214 ( $T_{1/2}=19,8$  minutos), que contribuyen en gran medida a los valores de actividad encontrada en las aguas.

El Rn-222 pertenece a la serie radiactiva del U-238, forma parte de los gases nobles, grupo de elementos químicos de muy poca reactividad química, por lo que su disolución y arrastre por el agua se realiza mediante procesos físicos.

Los métodos de medida «in situ» en el propio manantial son menos sensibles y precisos que los métodos de determinación de radón en el laboratorio, que es como se han realizado. Para ello se requiere una toma de muestra de agua en el balneario sin pérdidas de radón, utilizando para la misma un recipiente herméticamente cerrado.

La determinación del Rn-222 se realiza por medida directa mediante la técnica de espectrometría gamma del envase que contiene la muestra. El cálculo de la actividad se realiza sobre los fotopicos del Pb-214 y Bi-214, en equilibrio con el Rn-222 (3). El equipo utilizado es un detector de germanio intrínseco «reverse» (Rege) con su correspondiente cadena electrónica asociada. El detector está rodeado con un blindaje de plomo de 10 cm. de espesor para reducir el fondo.

El envase utilizado para la toma de muestra, transporte y medida directa de la actividad ha sido tipo «Marinelli», con el que se obtiene un máximo de sensibilidad analítica.

### *Ra-226*

El Ra-226 es un radionucleido emisor alfa con un periodo de semidesintegración  $T_{1/2}=1600$  años y es el precursor del Rn-222. Su determinación en agua se realiza según el procedimiento normalizado (4) mediante una separación radioquímica del radio utilizando portador de bario. Las medidas se realizan con un detector de sulfuro de cinc a distintos intervalos de tiempo a partir del momento de separación y mediante el planteamiento y resolución de un sistema de ecuaciones simultáneas se obtienen las actividades de Ra-226 y Ra-224.

### *U-238, U-235, U-234*

Los isótopos de uranio se han determinado utilizando la técnica de espectrometría alfa, previa separación radioquímica y deposición electrolítica sobre un disco de acero inoxidable, utilizando como patrón interno el U-232 (5).

### *Th-230, Th-232, Th-228*

Los isótopos de torio se han determinado por espectrometría alfa (6) previa separación radioquímica y utilizando como patrón interno el Th-229.

El Th-230 pertenece a la serie radiactiva natural del U-238 y tiene un periodo de semidesintegración  $T_{1/2}=80.000$  años. Su determinación es muy importante por tratarse de un radionucleido muy restrictivo desde el punto de vista de protección radiológica, dado que es un emisor alfa con un periodo de semidesintegración muy largo.

*Pb-210*

El Pb-210 es un emisor beta con un periodo de semidesintegración  $T_{1/2} = 22$  años. Su determinación se realiza previa separación radioquímica del mismo y posterior medida, transcurrido un mes, cuando alcanza el equilibrio con su descendiente el Bi-210, en un contador proporcional de flujo de gas (7).

*Po-210*

El Po-210 es un emisor alfa con un periodo de semidesintegración de  $T_{1/2} = 138,4$  días. Se ha determinado por espectrometría alfa (8). La deposición electrolítica del mismo se realiza sobre un disco de plata de forma espontánea debido al diferente potencial redox existente entre los mismos. Para la cuantificación de la medida se utiliza un patrón interno de Po-209.

*K-40*

El K-40 es un emisor beta-gamma con un periodo de semidesintegración  $T_{1/2} = 1.28E+09$  años. Su determinación se realiza por espectrometría gamma (3) a partir del fotopico de 1460 keV.

*H-3*

El tritio es un emisor beta con un periodo de semidesintegración  $T_{1/2} = 12.33$  años. Su determinación se lleva a cabo según el procedimiento normalizado (9), mediante destilación de la muestra y posterior medida por centelleo líquido.

### 3. CONCLUSIONES

1. Todos los radionucleidos que han sido determinados en las aguas por encima de los límites de detección son naturales: K-40 y los pertenecientes a las series radiactivas naturales del U-238, U-235 y Th-232.

2. Los niveles de radiactividad total encontrada en las aguas de los balnearios son muy bajos. En comparación con los encontrados en otros balnearios son los más bajos, solamente comparables a las de Blancafort, Alange y Cofrentes.

3. La escasa actividad detectada es fundamentalmente debida a miembros de la serie radiactiva natural del U-238.

4. Los valores encontrados para los índices de actividad alfa y beta total no superan los mencionados como niveles guía en el BOE del 20 de septiembre de 1990 para aguas potables.

5. El Real Decreto 1138/1990, de 14 de septiembre, publicado el 20 de septiembre en el BOE y la Directiva Europea 98/83/EC de 4 de noviembre de 1998 sobre la calidad del agua para consumo humano no se aplican a aguas naturales mineromedicinales.

TABLA 1. *Resultados obtenidos en el estudio radiológico en las aguas del Balneario Cervantes.*

<i>ANÁLISIS DE RADIATIVIDAD EN AGUAS DEL BALNEARIO CERVANTES</i>		
<i>TIPO DE ANÁLISIS</i>	<i>ACTIVIDAD Bq/l</i>	
	<i>MINA BILBAO</i>	<i>VILLA ROSA</i>
ALFA TOTAL	0,086 ± 0,003	0,079 ± 0,003
BETA TOTAL	0,78 ± 0,05	0,34 ± 0,04
Ra-226	(16 ± 5) 10 <sup>-3</sup>	(10 ± 7) 10 <sup>-3</sup>
Rn-222	< 0,4	15 ± 1
Pb-210	<9,22 10 <sup>-3</sup>	< 11 10 <sup>-3</sup>
Po-210	(2,1 ± 0,4) 10 <sup>-3</sup>	(1,9 ± 0,5) 10 <sup>-3</sup>
Th-232	(1,6 ± 0,7) 10 <sup>-3</sup>	(1,1 ± 0,3) 10 <sup>-3</sup>
Th-230	(4,4 ± 0,7) 10 <sup>-3</sup>	(2,9 ± 0,4) 10 <sup>-3</sup>
Th-228	(3,0 ± 0,6) 10 <sup>-3</sup>	(1,6 ± 0,3) 10 <sup>-3</sup>
U-238	(4,6 ± 0,6) 10 <sup>-3</sup>	(38,2 ± 2,1) 10 <sup>-3</sup>
U-235	(1,7 ± 1,2) 10 <sup>-4</sup>	(1,6 ± 0,3) 10 <sup>-3</sup>
U-234	(10,2 ± 0,9) 10 <sup>-3</sup>	(59,6 ± 2,9) 10 <sup>-3</sup>
K-40	< 1,92	4,9 ± 1,2
H-3	< 3,95	< 3,79

## BIBLIOGRAFÍA

- (1) Procedimiento para la determinación de la actividad alfa total en muestras de agua por precipitación. Procedimiento específico CIEMAT, PE-IA-LRA-08
- (2) Procedimiento para la determinación de actividad beta total en muestras ambientales de diversa naturaleza. Procedimiento específico UNE 73311-4
- (3) Procedimiento de determinación de emisores gamma en muestras ambientales. Procedimiento específico CIEMAT, PE-IA-LRA-07
- (4) Procedimiento para la determinación de Ra-226 y Ra-224 en aguas mediante separación radioquímica. Procedimiento específico CIEMAT, PR-X2-04.
- (5) Procedimiento para la separación radioquímica y determinación mediante espectrometría alfa de uranio en aguas. Procedimiento específico CIEMAT, PR-X2-09.
- (6) Procedimiento para la determinación de Th-230 en aguas. Procedimiento específico CIEMAT, PE-IA-LRA-09
- (7) Procedimiento para la determinación de Pb-210 en aguas. Procedimiento específico CIEMAT, PR-X2-05
- (8) Procedimiento para la determinación de Po-210 en agua superficial. Procedimiento específico CIEMAT, PR-X2-10.
- (9) Procedimiento para la determinación de Tritio en agua. Procedimiento específico CIEMAT, PE-IA-LRA-04.
- (10) Real Decreto 1138/1990 de 14 de septiembre, BOE de 20 de septiembre de 1990.