

Radiactividad de las aguas mineromedicinales

J. SOTO *

RESUMEN

Se estudia la radiactividad de las aguas mineromedicinales de Cantabria haciéndose determinaciones de radón mediante la técnica de espectrometría gamma y del radio disuelto, seguidamente separación radioquímica con bario inactivo como portador, procediéndose al conteo mediante un detector de radiación alfa de SZn acoplado a un fotomultiplicador.

RÉSUMÉ

On étudie la radioactivité des eaux minérales de Cantabria, en mesurant le radon d'après la technique de Gamma-spectrométrie et du Radium dissous, d'après la méthode de séparation radiochimique avec le Barium inactif comme porteur. Nous faisons le comptage avec le détecteur de radiation alfa de SZn accouplé au photomultiplicateur.

SUMMARY

The radiactivity of the Cantabrian mineromedicinal waters is studied. Determinations of Radon have been done by using gamma spectrometry and solved radium tchenic by means of radiochemical separation with inactive Barium as carrier and count proceeding with a detector of alfa radiation from SZn joint to a photomultiplier.

INTRODUCCION

La existencia de isótopos radiactivos en el agua da lugar a una dosis de radiación interna por ingestión del agua. Esta irradiación interna se produce por acumulación selectiva, por vía metabólica, de cada isótopo radiactivo en un determinado órgano corporal en el que la desintegración del isótopo produce una cantidad de energía liberada. Dependiendo de la magnitud de la energía que se libera y del fraccionamiento con que se produce, las dosis de radiación pueden generar efectos perjudiciales para la salud o efectos beneficiosos. Los primeros, efectos perjudi-

ciales para la salud, se asocian normalmente a la ingestión continua de agua de bebida con un alto contenido radiactivo que produce una irradiación continuada de un órgano. Los segundos, efectos horméticos, están asociados al fraccionamiento de la dosis que se produce en el tratamiento con aguas mineromedicinales en los balnearios de aguas radiactivas.

En esta exposición se refieren algunos de los resultados obtenidos por la Cátedra de Física Médica de la Universidad de Cantabria relativos a las medidas de la radiactividad de aguas, tanto aguas usadas normalmente para el consumo como aguas mineromedicinales usadas en balnearios. Nuestros resultados se refieren principalmente a las aguas de balnearios de la región de Cantabria y a ellos nos referiremos en lo sucesivo.

AGUAS MINEROMEDICINALES

Las aguas mineromedicinales se definen como aquellas que por su composición química y características físicas, tales como caudal de surgencia o pureza bacteriana, pueden utilizarse con fines profilácticos y curativos. Estas aguas salen de la corteza terrestre en forma de manantiales o fuentes, pudiendo tener dos orígenes distintos: origen superficial o de infiltración y origen profundo o magmático.

Las aguas mineromedicinales superficiales están ligadas al ciclo del agua atmosférico. Brotan de cualquier tipo de terreno. En su composición química abundan las sales solubles por lo que su mineralización es abundante en carbonatos, sulfatos y nitratos, siendo en cambio escasos los elementos metálicos que son característicos de capas más profundas del suelo. Esta mineralización es debida a la acción del agua de lluvia que, cargada de nitrógeno y oxígeno de la atmósfera y dióxido de carbono y materia orgánica de la primera capa del suelo, posee un cierto poder reaccionante con los materiales del terreno.

Las aguas mineromedicinales profundas brotan del terreno a través de fallas y proceden de terrenos volcánicos, filones metálicos o erupti-

* Cátedra de Física Médica, Universidad de Cantabria.

vos y, en general, de rocas primitivas. Las aguas profundas se forman a una temperatura elevada y tienen una mineralización cuantitativamente menor que las superficiales aunque más variada. Esta temperatura elevada junto con la presión a la que se encuentran sometidas, que permite que el agua se encuentre en estado líquido por encima de 100° centígrados, les confiere unas condiciones óptimas para disolver elementos del terreno. Así las aguas profundas al ascender hacia la superficie disuelven la materia que compone las rocas que atraviesan y se enriquecen en sustancias minerales. Cerca de la superficie estas aguas pueden mezclarse con las de origen meteórico, disminuyendo algo su temperatura, aunque la constancia en el caudal, la presencia de ciertos elementos y la radiactividad son siempre indicativos de su origen profundo.

BALNEARIOS Y MANANTIALES MINEROMEDICINALES DE CANTABRIA

Cantabria es una región con una gran riqueza en manantiales de agua que, desde muy antiguo, han tenido la consideración de mineromedicinales. La bibliografía de principios de este siglo recoge más de una veintena de fuentes y balnearios de aguas con propiedades curativas: Alceda, Aldea de Ebro, Arroyo, Astillero, Las Caldas de Besaya, Carmona, Carriazo, Castañeda, Castro Urdiales, Cueto, Entrambasaguas, Fontibre, Ganzo, La Hermida, Hoznayo, Liérganes, Limpias, Ontaneda, Puente Nansa, Puente Viesgo, Quijas, Quintana, Solares, Suances, Tezanos, entre otros. Algunos de ellos eran usados como manantiales de aguas curativas mientras que otros estaban constituidos como establecimientos balneotépicos con tratamientos diversos.

En la actualidad existen en Cantabria cuatro balnearios que se utilizan en la temporada estival: Alceda, Las Caldas de Besaya, Liérganes y Puente Viergo, mientras que un número similar de ellos, usados en el pasado, se encuentran ahora sin utilizar.

Las aguas procedentes de este conjunto de manantiales de la región poseen propiedades muy variables como corresponde a la variabilidad de las características geológicas existentes en los lugares donde se generan las aguas. De acuerdo con estas características geológicas los principales manantiales mineromedicinales de la región se pueden clasificar en cuatro grupos. El primero lo integran los manantiales de La Hermida, Las Caldas y Puente Viesgo que se generan en terrenos antiguos formados por caliza de montaña que se extiende desde los Picos de Europa hasta la zona costera en su confluencia con los ríos Deva, Besaya y Pas. El segundo se forma en terrenos jurásicos de calizas oscuras

con impregnación de sulfuros y abundantes restos animales que proporcionan ácido sulfídrico, dando lugar a los manantiales típicamente sulfurados de Alceda. El tercer grupo tiene como único representante el balneario de Fontibre, cuyas aguas se generan en las calizas fuertemente magnésicas del tramo superior del jurásico. El cuarto grupo posee aguas generadas en terrenos de caliza aptense del cretácico con mezcla de aguas meteóricas e incluye los manantiales de Solares, Liérganes y Hoznayo.

RADIATIVIDAD DE LAS AGUAS MINEROMEDICINALES

En todas las aguas mineromedicinales existe una concentración, mayor o menor, de elementos radiactivos de origen natural. Este contenido radiactivo de las aguas depende de la naturaleza geológica del terreno, que está relacionada con la concentración de elementos radiactivos presentes en él, con el recorrido del agua en el interior del terreno y con las características físico-químicas del agua.

La principal contribución a la radiactividad de las aguas mineromedicinales es la debida a la existencia en los terrenos por los que circula el agua de los isótopos radiactivos U-238 y Th-232 y de sus descendientes radiactivos. El diferente comportamiento geoquímico de estas dos familias radiactivas está dominado por la presencia en ellas del radio que puede dar lugar a depósitos radiactivos al precipitar incluso cuando se encuentra en concentraciones bajas. Igualmente es importante el contenido de otro elemento radiactivo de la cadena de desintegración del U-238 como es el radón, Rn-222, que se disuelven en el agua cuando ésta atraviesa terrenos en los que la presión parcial del gas es elevada.

Estos dos elementos radiactivos Rn-222 y radio, principalmente Ra-226, son los isótopos radiactivos más importantes en las aguas mineromedicinales. Otros isótopos que se encuentran en menor cantidad en las aguas tienen normalmente un interés menor.

METODO DE MEDIDA DE Rn-222 y Ra-226

La medida de la concentración de gas radón (Rn-222) disuelto en el agua se ha realizado usando la técnica de la espectrometría gamma. Para ello las muestras fueron tomadas en recipientes con geometría Marinelli que se cierran una vez llenados y se miden posteriormente por contaje mediante un detector de radiación de INa(Tl) de dimensiones 3*3. El detector está protegido de la radiación externa por un castillete de plomo de 10 cm. de espesor y conectado con un anali-

zador muticanal. El conteo de las muestras permite determinar la concentración de cualquier elemento emisor de radiación gamma, como por ejemplo el Th-232, además del Rn-222. En las condiciones experimentales usadas, tiempo de conteo, geometría de las muestras, ruido de fondo, corrección por decaimiento radiactivo, el límite de detección del método para el radón es de 2Bq/L.

La medida de la concentración de radio (Ra-226) disuelto en el agua se realiza posteriormente a partir de la misma muestra. El método seguido en este caso consiste en la separación radioquímica del radio con bario inactivo como portador hasta obtener una muestra sólida en deposición sobre plancheta. Esta es contada mediante un detector de radiación alfa de SZn acoplado a un fotomultiplicador unido a una cadena de conteo. En las condiciones experimentales usadas el límite de detección del método es de 4 mBq/L.

ACCION DE LAS AGUAS MINEROMEDICINALES RADIATIVAS

La acción que las aguas mineromedicinales radiactivas ejercen sobre el organismo es debida a la energía liberada por la desintegración radiactiva que da lugar a una dosis de radiación sobre el conjunto del organismo o sobre alguna de sus partes. Esta dosis de radiación liberada puede producir un efecto estimulante sobre diferentes funciones corporales a la vez que puede potenciar la acción que ejercen las aguas debido a sus otras propiedades físico-químicas.

La dosis de radiación producida por las aguas puede liberarse en la totalidad del organismo o bien, principalmente, en el órgano crítico de acumulación del radioisótopo. Esto depende de la forma de aplicación de las aguas, del comportamiento químico del isótopo y de su período de semidesintegración. La existencia de un órgano crítico para determinados elementos radiactivos junto con la necesidad de fraccionar la dosis absorbida hace que sea muy importante el que la radiactividad de las aguas sea debida al Rn-222, al Ra-226 o a algún otro elemento. Así, mientras el radón es un gas noble de corto período que se puede disolver en todos los líquidos corporales, el radio se fija preferentemente en los huesos dando lugar a una irradiación continuada por su período largo.

Tanto el Rn-222 como el Ra-226 son elementos emisores de radiación alfa a la que se atribuyen los efectos beneficiosos de las aguas. Sin embargo, tanto uno como otro poseen descendientes radioactivos que son también emisores beta o gamma, por lo que el efecto puede ser más

complejo no irradiándose sólo la zona próxima al punto donde se ha fijado el isótopo, radiación alfa, sino también zonas alejadas, radiaciones beta y gamma.

El Ra-226 da lugar a una irradiación interna cuando el tratamiento es por inmersión, pero, sobre todo, a una irradiación interna cuando el tratamiento es por ingesta. El Rn-222 se absorbe por ingesta y por inhalación disolviéndose en la sangre y otros líquidos corporales y en sustancias lipoides.

El efecto estimulante de las radiaciones se manifiesta en un aumento de los procesos metabólicos, de la hematopoyesis y de la función ovárica. Fluidifica las secreciones del aparato respiratorio y calma la tos y espasmos bronquiales. Es sedante para el sistema nervioso y desensibilizante de la piel estimulando su regeneración.

Entre las indicaciones referentes a estas aguas se encuentran en primer lugar las enfermedades reumáticas y las nerviosas. También están indicadas en muchas dermatosis y en distintas enfermedades de los aparatos respiratorio y circulatorio. Dada la sensibilidad de determinados órganos a la radiación están contraindicadas en caso de embarazo.

ALGUNOS RESULTADOS OBTENIDOS

MANANTIALES CANTABRIA

Manantiales	Rn-222	Ra-226
Aldea de Ebro	2	0.042
Arce	8	nd
Arroyo	2	nd
Carmona	2	nd
Castañeda	4	nd
Entrambasaguas	4	nd
Quijas	22	0.016
Tezanos	26	0.180

MEDIDAS VILLAR DE LA YEGUA (Salamanca)

Aguas superficiales...	Rn-222	0.8 (100 %)
	Ra-226	0.020 (95 %)
Aguas bebida... ..	Rn-222	100 (30 %)
		100-1000 (60 %)
		1000 (10 %)
	Ra-226	0.5 (55 %)
		0.5-3 (30 %)
		3 (15 %)

MEDIDAS CANTABRIA

Aguas superficiales...	Rn-222	0.8 (100 %)
	Ra-226	0.020 (100 %)
Aguas bebida... ..	Rn-222	1 (30 %)
		1-4 (30 %)
		4 (40 %)
	Ra-226	0.020 (80 %)
		0.02-0.1 (10 %)
		0.1 (10 %)

MEDIDAS DE RADIATIVIDAD EN BALNEARIOS DE CANTABRIA

Balnearios	Rn-222	Th-232	Ra-226
Alceda... ..	2	2	0.060
Las Caldas	824	2	0.840
Liérganes... ..	6	2	0.020
Puente Viesgo ...	34	2	0.510
Aldea de Ebro ...	5	2	0.018
Fontibre	2	10	nd
La Hermida	840	2	0.120
Hoznayo	19	2	0.016
Puente Nansa. ...	4	2	nd

BALNEARIOS EXTREMADURA Y SALAMANCA

Balnearios	Rn-222	Th-232	Ra-226
Alange... ..	112	2	—
B. Montemayor ...	13	2	0.043
El Raposo... ..	6	10	nd
Ledesma	35	2	0.016
Retortillo	147	2	0.087

BALNEARIOS GALICIA

Balnearios	Rn-222	Th-232	Ra-226
Acuña	104	2	0.006
Arteixo	181	2	—
Caldas de Molgas.	355	2	0.226
Caldelas de Tuy...	112	2	—
Dávila	29	2	nd
La Toja	266	40	3.660

SERIE RADIATIVA DEL U-238

U-238	4.5*10 a.	alfa		
Th-234	24 d.			
Th-230	2.5*10 a.	alfa	gamma	
Ra-226	1600 a.	alfa	gamma	
Rn-222	3.8 d.	alfa		
Po-218	3 mn	alfa		
Pb-214	27 mn		gamma	beta
Bi-214	20 mn	alfa	gamma	beta
Pb-210	21 a.		gamma	beta
Pb-206	estable			

CONCENTRACION DE U-238

Rocas básicas	0.001 ppm
Basalto	1
Granito	3
Sienitas	3
Carbonatos	2.2

DOSIS DE RADIACION AMBIENTAL

	Externa	Interna	Total (mSv)
Radiación cósmica.	0.3	0.015	0.315
K-40	0.132	0.198	0.3
Serie del Th-232 ...	0.154	0.2	0.354
Serie del U-238... ..	0.1	0.9	1
			2 mSv

AMBIENTE BALNEARIO

Inhalación directa ...	13.000 Bq/L	(1-3 horas)
Sala inhalación	20 Bq/L	

FORMAS DE TRATAMIENTO

Radon spa: mínimo 3.7 Bq/L de Ra-226	
spa: mínimo 370 Bq/L de Rn-222	
Tratamiento integrado: baños, inhalación, bebida, lodos...	

DOSIS IRRADIADA AL PACIENTE

Baños (15 baños de 20 mn cada uno)	
Rn en el agua: 555 Bq/L	
Rn en el aire: 3.3 Bq/L	
RaB/Rn: 0.4	0.02 mSv
Inhalación (12 sesiones de 2 h. cada una)	
Rn en el aire: 110 Bq/L	
RaB/Rn: 0,7	7 mS

DOSIS EN MEDICOS Y TRABAJADORES

Merano (Italia)	25 mSv
Badgastein (Austria)	30-55 mSv
Ischia Italia)	1-120 mSv

BIBLIOGRAFIA

- BOGOLYUBOV, V.; GUSAROV, J. y ANDREW, S. (1983). «The risk-benefit ratio in radon therapy». Int. Proc. Congr. Natural radioactivity and termal waters. Merano, 109.
- GARZON, L. y QUINTANA, A. (1987). «Análisis de radionucleidos naturales en el agua del balneario de Las Caldas (Oviedo)». Anales de Física, 83, 244.
- KELKAR, D. N. y JOSHI, P. V. (1969). «A rapid method for estimating radium and radon in water». Health Physics, 17, 253.
- SOTO, J.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, N.; DELGADO, T.; FERNANDEZ, P. L.; GOMEZ, J.; GUTIERREZ, I.; QUINDOS, L. S. y RODENAS, C. (1989). «Medida de los niveles de ^{222}Rn y ^{226}Ra en balnearios y aguas mineromedicinales de Cantabria». VII Congreso Nacional de Física Médica. Oviedo.
- SOTO, J.; QUINDOS, L. S.; DIAZ-CANEJA, N.; GUTIERREZ, I. y FERNANDEZ, P. L. (1988). « ^{226}Ra and ^{222}Rn in natural waters in two typical locations in Spain». Radiation Protection Dosimetry, 24, 1-4, 109.
- SOTO, J.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, N.; FERNANDEZ, P. L.; GOMEZ, J.; GUTIERREZ, I.; QUINDOS, L. S. y RODENAS, C. (1989). «Concentración de ^{226}Ra en aguas embotelladas españolas». VII Congreso Nacional de Física Médica. Oviedo.
- SOTO, J.; BONET, A.; DIAZ-CANEJA, N.; DELGADO, T.; FERNANDEZ, P. L.; GOMEZ, J.; GUTIERREZ, I.; QUINDOS, L. S. y Ródenas, C. (1989). «Reactividad de balnearios españoles». XXII Reunión de la Sociedad Española de Física. Palma de Mallorca.
- STEINHAUSLER, F. (1988). «Radon spas: Source term, doses and risk assesment». Radiation Protection Dosimetry, 24, 1-4, 257.