

Las aguas radiactivas de los balnearios españoles. Aplicaciones e indicaciones

Francisco Maraver ^{***}, Carmen Ródenas ^{***}, Ana Isabel Martín-Megías ^{***},
Iluminada Corvillo ^{**}, Iciar Vázquez ^{**}, Francisco Armijo ^{***}

^{*}Escuela Profesional de Hidrología Médica, Facultad de Medicina, Universidad Complutense, Madrid, España

^{**}Departamento de Radiología, Rehabilitación y Fisioterapia, Facultad de Medicina, Universidad Complutense, Madrid, España

^{***}Laboratorio de Física Médica. Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas, Facultad de Medicina, Universidad de Cantabria, Santander, España

^{****}Instituto Geológico Minero de España (IGME), Tres Cantos-Madrid, España

Recibido: 14/12/2017

Aceptado: 30/12/2017

RESUMEN

En España se consideran aguas mineromedicinales radiactivas aquellas que contienen más de 67, 3 Bq/L de ²²²Rn. El objetivo de este trabajo es determinar el contenido de esas sustancias en las aguas mineromedicinales de 91 balnearios españoles, así como sus aplicaciones e indicaciones en los distintos sistemas o aparatos del cuerpo humano. De las aguas de los 91 balnearios analizadas, 27 (29, 6%) pueden clasificarse como radiactivas; 41 (45%) presentaron ²²²Rn aunque sin llegar a la concentración necesaria para ser consideradas como radiactivas. El rango de concentraciones varía de 2.273 a 74 Bq/L de ²²²Rn. Las aplicaciones de las aguas en estos balnearios son en aparato locomotor, respiratorio y dermatología, por este orden.

Palabras clave: Radón, Agua Radiactiva, Balnearios Españoles.

The radioactive spring waters of spanish spas. Applications and indications

ABSTRACT

In Spain, radioactive spring waters are considered those containing more than 67, 3 Bq/L of ²²²Rn. The aim of this work is to determine the content of these substances in the water of 91 spanish spas. As well as the application and indications in different systems or apparatus of human body. From the waters of the 91 spas analyzed, 27 (29, 6%) can be classified as radioactive water, 41 (45%) had ²²²Rn, but without reaching a concentration of 67, 3 Bq/L. The range concentration from 2.273 to 74 Bq/L of ²²²Rn. Applications these spas are rheumatic, respiratory and dermatology diseases, in this order.

Keywords: Radon, Radioactive Spring Water, Spanish Spas.

Correspondencia:

Francisco Maraver
Escuela Profesional de Hidrología Médica
Facultad de Medicina - UCM
28040 Madrid
Correo electrónico: fmaraver@med.ucm.es

INTRODUCCIÓN

La medicina termal y la espeleoterapia emplean aguas mineromedicinales, peloides y gases, entre ellos el radón. En todas las aguas de origen subterráneo existe una concentración, mayor o menor, de elementos radiactivos de origen natural. El contenido radiactivo de las aguas depende de la naturaleza del terreno y del recorrido del agua en su interior. La principal aportación a la radiactividad de las aguas mineromedicinales es la debida a la existencia en los terrenos donde se origina de los isótopos radiactivos ^{238}U y ^{232}Th y de sus descendientes radiactivos. Concretamente de la cadena de desintegración del primero procede el ^{222}Rn , que se disuelve en el agua cuando atraviesa terrenos en los que la presión parcial del gas es elevada (52-56). Por eso Armijo destaca que la radiactividad de las aguas es un factor añadido a las mismas (5).

El radón es un gas noble, incoloro, inodoro e insípido, emisor de radiación alfa a la que se atribuyen los efectos beneficiosos de las aguas, tiene un período de actividad breve ya que presenta un período de desintegración de 3, 82 días, de ahí que solo se manifieste en el punto de emergencia y no produzca riesgo de acumulación orgánica. En definitiva, el estudio de las aguas mineromedicinales radiactivas y sus productos derivados constituye un capítulo importante de la Balneoterapia (1-5-14-30-34-44-56-66).

En España se consideran aguas mineromedicinales radiactivas aquellas que tienen una actividad radiactiva superior a 67, 3 Bq/L (5). Estas aguas actúan con marcada actividad analgésica, estimulan los procesos metabólicos y endocrinos, favorecen la hematopoyesis, fluidifican las secreciones de la mucosa respiratoria y tienen una intensa acción antiespasmódica. A nivel del sistema nervioso son sedantes y, desde el punto de vista dermatológico, se comportan como desensibilizantes de la piel estimulando su regeneración. Así mismo, tienen marcada acción diurética (32-33-56-62).

Se administran por vía tópica en bañación, por vía atmiátrica en inhalaciones, por vía oral en bebida, sin olvidar la aplicación de peloides que emplean como residuo líquido para su maduración aguas radiactivas. La periodicidad y duración de las técnicas varía según la composición físico-química de las aguas, así como su actividad radiactiva (1-18-19-20-21-31-66).

Las principales indicaciones de estas aguas son los trastornos reumatológicos, destacando entre otros los procesos inflamatorios, como la espondilitis anquilosante y la artritis reumatoidea; los procesos reumáti-

cos degenerativos, las artrosis en cualquiera de las localizaciones; reumatismos de parte blandas, así como en el dolor de espalda y en la osteoporosis (3-8-9-10-11-36-45-63-65-67-68). Pero por su importancia, hay que destacar el respaldo de la OARSIS, quien en su última guía, elaborada por un equipo multidisciplinar de trece expertos de diez países de tres continentes, para el manejo no quirúrgico de la osteoartritis de rodilla, incluye, entre otros, como tratamiento de elección la Balneoterapia en casos de osteoartritis poliarticular con morbilidades asociadas como: diabetes, hipertensión, enfermedad cardiovascular, insuficiencia renal, enfermedad hemorrágica gastrointestinal o trastornos que limiten la actividad, incluyendo la obesidad; entendiéndose que "La balneoterapia (definida como el uso de baños que contienen aguas minerales termales) incluye prácticas tales como la sal del Mar Muerto o baños minerales, baños de azufre y baños de radón-dióxido de carbono" (22).

Enfermedades del tracto respiratorio, tanto de vías respiratorias superiores, sinusitis, rinitis o faringitis; como profundas, bronquitis crónica, proceso bronco obstructivo crónico o procesos asmáticos (28-41-42).

Enfermedades dermatológicas, como psoriasis y esclerodermia (66). Y, en nuestro entorno cabe destacar el caso del establecimiento balneario de Alange, ya que como señalan Romero y Serrano (48) emplean las aguas para trastornos del sistema nervioso: en distonías neurovegetativas, depresiones neuróticas y endógenas, timopatías ansiosas, formas neuróticas e infraneuróticas climatéricas, irritabilidad y excitaciones seniles, cefaleas, jaquecas y neuralgias, etc.

Entre las causas que contraindican este tipo de aguas figuran: el hipertiroidismo, el embarazo, insuficiencia cardíaca descompensada, procesos reumatológicos inflamatorios en período de actividad y, en general, las habituales de la crenoterapia (5-66).

MATERIAL Y MÉTODO

Material

Muestras de aguas mineromedicinales españolas recogidas de noventa y un balnearios, se toman directamente del manantial, sin agitación, en un envase cilíndrico de 250 mL, llenado hasta el borde y cerrado mediante obturador plano a presión enviándose al laboratorio antes de 72 horas, incluyéndose en el informe de toma de muestras la hora exacta de recogida.

La toma de muestra se realizó por personal de la Cátedra de hidrología médica, para lo cual se efectuaron desplazamientos programados a diferentes zonas de España (25).

emisor de radiación gamma. Para las condiciones de medición utilizadas, el límite inferior de detección de este método fue de 4 mBq L⁻¹ con un error de medición estadística de alrededor del 10% (46).

Método de análisis

La medida de la radiactividad se ha realizado en el Laboratorio de Física Médica del Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Cantabria. La determinación del ²²²Rn se realiza por medida directa mediante la técnica de espectrometría gamma del envase que contiene la muestra. El contaje de la muestra permite determinar la concentración de cualquier elemento

RESULTADOS

En la Tabla I se reúnen los resultados del análisis de las aguas radiactivas de los balnearios españoles estudiados, indicando su situación geográfica, el contenido de radón en Bq/L, temperatura en °C y el residuo seco a 110 °C en mg/L.

El rango de concentraciones de ²²²Rn varía de 2.273 a 74 Bq/L.

Tabla I: Situación geográfica, contenido de radón en Bq/L, temperatura en °C y residuo seco a 110 °C en mg/L

NOMBRE	Provincia	²²² Rn	Temperatura	RS
La Hermita	Cantabria	2273	51,2	3032
Armedillo	La Rioja	1530	49,3	7537
San Gregorio de Brozas	Cáceres	911	18,2	304
Caldas de Besaya	Cantabria	768	16,1	3963
Baños de Molgas	Ourense	452	46,4	672
Caldas d'Estrac	Barcelona	328	36,7	726
Alange	Badajoz	322	24,8	174
Almeida	Zamora	296	17,1	538
Mondariz - Gándara	Pontevedra	281	16,4	808
Caldas de Boí	Lleida	257	44,6	271
Guitiriz	Lugo	247	13,9	244
Titus	Barcelona	225	36,1	850
Caldas de Oviedo	Asturias	204	47,2	289
Retortillo	Salamanca	188	43,4	364
San Nicolás	Almería	181	47,6	632
Cestona - N ^a S ^a Natividad	Guipúzcoa	157	24,2	3664
Villavieja	Castellón	144	37,9	997
Lugo	Lugo	144	42,1	450
Tus	Albacete	141	24,8	1175
Carballino	Orense	134	26	218
Acuña	Pontevedra	105	38,6	590
Fitero Nuevo	Navarra	100	46,2	4915
Fitero Viejo	Navarra	96	45,4	5070
Valle del Jerte	Cáceres	94	17,8	337
Baños da Brea	Pontevedra	86	25,1	445
Fortuna - Leana	Murcia	80	44,5	3983
La Toja	Pontevedra	74	46,6	29858

DISCUSIÓN

El mapa adjunto (Figura 1) (26) muestra un número importante de balnearios con aguas radiactivas. Se encuentran, mayoritariamente, situados en el este, noroeste y norte de España, aunque distribuidos por todas las comunidades salvo Baleares, Canarias y las Ciudades Autónomas.

No hemos encontrado correlación entre el contenido de ²²²Rn y otros parámetros medidos en estas aguas como el residuo seco y la temperatura; Sin embargo, en relación a la mineralización predominante, la mayoría, dieciocho, son oligominerales, y de estas, siete son también sulfuradas y una carbogaseosa. Las restantes, es decir, aquellas que superan los 1000 mg/L, son cloruradas.

A partir de la información recogida en la ficha de los 27 balnearios españoles que tienen este tipo de aguas incluidas en el Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas (25), hemos confeccionado la Tabla II teniendo en cuenta el orden de la indicación terapéutica (Primera, Segunda y Tercera) y la especialidad (Locomotor, Respiratorio, Piel, Otros) de los diferentes centros termales. De la observación de la misma puede deducirse que la primera especialidad de estas aguas es el aparato locomotor, ya que la suma de los porcentajes de la primera y segunda indicación supone el 96, 2%; y la segunda, el aparato respiratorio el 74%.

En nuestro país estos recursos han sido ampliamente estudiados desde el ámbito académico (5-7-15-23-25-27-46-47-58-59-60-61) y en trabajos de investigación dedicados a las aguas mineromedicinales radiactivas de los diferentes establecimientos balnearios como: Alange (37-48), Arnedillo (54), Caldas de Besaya (57), Caldas de Bohí (64), Caldas de Estrac (2), Caldas de Oviedo (13), Fitero (12-31-38) (Figura 2), Lugo (29-40), Titus (2), La Toja (4-39) y Villavieja (16-55).



Figura 1: Mapa de las aguas radiactivas analizadas de los balnearios españoles (26)



Figura 2: Balneario de Fitero (Navarra). Torre de refrigeración

Así mismo, han sido objeto de estudio los peloides terapéuticos madurados con aguas mineromedicinales radiactivas, es decir, los de los balnearios de Arnedillo y Caldas de Bohí (6-24-43).

Tabla II. Indicaciones de las aguas por especialidades

Indicaciones	Locomotor	Respiratorio	Dermatología	Otros*
Primera	81,4%	3,7%	-	14,8%
Segunda	14,8%	70,3%	7, 4%	3,7%
Tercera	-	22,2%	37%	37%
Total	96,2%	96,2%	44, 4%	55,5%

* Otros: Digestivo, Riñón, Nervioso

No queremos finalizar sin hacer hincapié en la existencia de detractores de la radonterapia (51). Numerosos estudios realizados desde los años setenta relacionan al radón con el cáncer de pulmón, y de hecho ha sido clasificado como agente cancerígeno. Así, la OMS en 2009, en el Proyecto Internacional contra el Radón (PIR), publica la obra "Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública", en la que ofrece recomendaciones y normativas de aplicación para reducir los posibles riesgos sanitarios que estén vinculados a la exposición de radón en las viviendas, y cuya última publicación en español es de 2015 (35). De ahí el interés actual de los responsables de Salud Pública sobre el radón interior y su repercusión negativa sobre la salud (49-50-51).

Más recientemente se han publicado los "criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural", donde figura la conveniencia de un control de las dosis recibidas por estas causas, entre otros, de los trabajadores de los centros termales (17). Existiendo trabajos que demuestran cómo se puede controlar el comportamiento del radón en un establecimiento balneario (53).

Teniendo en cuenta estas consideraciones, creemos que prevalece la existencia de muchos estudios que avalan la hormesis y los efectos beneficiosos que conlleva en el caso del empleo de las aguas radiactivas.

CONCLUSIONES

De las aguas de los noventa y un balnearios analizadas, veintisiete (29, 6%) pueden clasificarse como radiactivas, y del resto cuarenta y una (45%) presentaron ²²²Rn aunque sin llegar a la concentración necesaria para ser consideradas como radiactivas. De las veintisiete aguas radiactivas, dieciocho son oligominerales, de estas, siete son también sulfuradas y una carbogaseosa, y las siete restantes, que superan los 1000 mg/L, son cloruradas.

Por especialidades, estas aguas mineromedicinales están indicadas primordialmente en las afecciones de aparato locomotor, respiratorio y piel, por este orden.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el Grupo de Investigación 911757 (Hidrología Médica - Universidad Complutense de Madrid).

BIBLIOGRAFÍA

1. Agostini G, Agostini S, Dellavalle F. Antro e speleoterapia. Pisa: Nistri-Lischi, 2000.
2. Aguilera L, Armijo F, Maraver F. Estudio de las aguas mineromedicinales de los Establecimientos Balnearios del Maresme "Caldetas" y "Titus". R Acad Med Catalunya. 1994;9:31-8.
3. Annegret F, Thomas F. Long-term benefits of radon spa therapy in rheumatic diseases: results of the randomised, multi-centre IMuRa trial. Rheumatol Int. 2013;33:2839-50.
4. Ares T. Indicaciones clínicas del balneario de La Toja. An R Acad Nac Farm. 1993;19: 113-9.
5. Armijo M. Radiactividad en las aguas mineromedicinales. Radonterapia. En: Armijo M, San Martín J. Curas Balnearias y Climáticas, Talasoterapia y Helioterapia. Madrid: Complutense. 1994: 287-302.
6. Carretero MI, Pozo M, Martín-Rubi JA, Pozo E, Maraver F. Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spa. Appl Clay Sci. 2010;48(3):506-15.
7. Dueñas C, Fernández MC, Enríquez C, Carretero J, Liger E. Natural radioactivity levels in Andalusian spas. Wat Res. 1998; 32(8)2271-2278.
8. Erickson BE. Radioactive pain relief: health care strategies and risk assessment among elderly persons with arthritis at radon health mines. J Altern Complement Med. 2007;13(3):375-9.
9. Falkenbach A, Just G, Soto J. Radon progeny activity in sweat following radon exposure in a warm and humid environment. Radiat Environ Biophys. 2000;39(2):137-9.
10. Falkenbach A, Kovacs J, Franke A, Jörgens K, Ammer K. Radon therapy for the treatment of rheumatic diseases--review and meta-analysis of controlled clinical trials. Rheumatol Int. 2005;25:205-10.
11. Franke A, Reiner L, Resch KL. Long-term benefit of radon spa therapy in the rehabilitation of rheumatoid arthritis: a randomised, double-blinded trial. Rheumatol Int. 2007;27(8):703-13.
12. Frias JA, Aldave G. Farmacodinamia, indicaciones terapéuticas y resultados de la crenoterapia en el balneario de Fitero (Navarra). An R Acad Nac Farm. 1991;18:137-49.
13. Garzon L, Quintana A. Análisis de radionucleidos naturales en el agua del balneario de Las Caldas (Oviedo). Anales de Física. 1987;83:244-50.
14. Giacomino M, De Michele D. Radon in Medical Hydrology. An Update. Anal Hidrol Med. 2012;5(2):147-59.

15. Gómez-Arozamena J. Medida de niveles de radiactividad en aguas. Estimación de la dosis de radiación producidas [tesis]. Santander: Universidad de Cantabria, 1994.

16. Heras MC, Simón MA, Suarez JA, Gascó C, Romero B, Trinidad A, Suáñez AM. Análisis de la radiactividad en aguas del Balneario de Villavieja (Castellón). *An R Acad Nac Farm.* 2016;34: 67-74.

17. Instrucción IS-33, de 21 de diciembre de 2011, del Consejo de Seguridad Nuclear, sobre criterios radiológicos para la protección frente a la exposición a la radiación natural. *BOE.* 2012;22:6833-8.

18. Karpińska M, Mnich K, Kapala J, Bielawska A, Kulesza G, Mnich S. Radioactivity of peat mud used in therapy. *J Environ Radioact.* 2016;152:97-100.

19. Karpińska M, Kapala J, Raciborska A, Kulesza G, Milewska A, Mnich S. Radioactivity of natural medicinal preparations contained extracts from peat mud available in retail trade used externally. *Nat Prod Res.* 2017;31(16):1935-9.

20. Kávási N, Kovács T, Somlai J, Jobbágy V, Nagy K, Deák E, Berhész I, Bender T, Ishikawa T, Tokonami S. Comparison of urinary excretion of radon from the human body before and after radon bath therapy. *Radiat Prot Dosimetry.* 2011;146(1-3):27-30.

22

21. Lettner H, Hubmer A, Hofmann W, Landrighinger J, Gaisberger M, Winkler-Heil R. Radon in the Exhaled Air of Patients in Radon Therapy. *Radiat Prot Dosimetry.* 2017;23:1-5.

22. McAlindon TE, Bannuru RR, Sullivan MC, Arden NK, Berenbaum F, Bierma-Zeinstra SM, Hawker GA, Henrotin Y, Hunter DJ, Kawaguchi H, Kwoh K, Lohmander S, Rannou F, Roos EM, Underwood M. OARSJ guidelines for the non-surgical management of knee osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014 Mar;22(3):363-88.

23. Maraver F, Aguilera L, Armijo F, Martín-Megías AI, Meijide R, Soto J. *Vademecum de aguas minero-medicinales españolas.* Madrid. ISCIII. 2003.

24. Maraver F, Corvillo I, Aguilera L, Armijo F. Los peloides del balneario de Caldes de Boi: Estudio químico-físico, de microscopía electrónica analítica y barrido. *Bol Soc Esp Hidrol Méd.* 2005;20(2):43-47.

25. Maraver F, Armijo F. *Vademecum II de aguas minero-medicinales españolas.* Madrid. Complutense. 2010.

26. Maraver F, Martín-Megías AI, Corvillo I, Armijo F. Cuando el radón es beneficioso para la salud. *Gac Sanit.* 2015;29(3):232-3.

27. Martín-Sánchez A, Vera F, Orantos RM, Gómez V, Jurado M. Gamma and alpha spectrometry for

natural radioactive nuclides in the spa waters of Extremadura (Spain). *J Environ Radioact.* 1995;28(2):209-220.

28. Marullo T, Abramo A. Effects of one cycle of inhalation crenotherapy with radioactive fluoridated oligomineral. *Acta Otorhinolaryngol Ital.* 2000;20(4 Suppl 63):1-13.

29. Meijide R. Las aguas del Balneario de Lugo. En: Crecente JM, Gonzalez-Soutelo S. Dos mil años del Balneario de Lugo. Lugo. Crecente asociados. 2016: 98-120.

30. Morer C, Roques CF, Françon A, Forestier R, Maraver F. The role of mineral elements and other chemical compounds used in balneology: data from double-blind randomized clinical trials. *Int J Biometeorol.* 2017 Aug 28. doi: 10.1007/s00484-017-1421-2

31. Murillo J. La estufa general de los Baños de Fitero. *Bol Soc Esp Hidrol Méd.* 2014;29(2):145-6.

32. Nagy K, Berhész I, Kovács T, Kávási N, Somlai J, Bender T. Does balneotherapy with low radon concentration in water influence the endocrine system? A controlled non-randomized pilot study. *Radiat Environ Biophys.* 2009;48(3):311-5.

33. Nagy K, Berhész I, Kovács T, Kávási N, Somlai J, Kovacs L, Barna I, Bender T. Study on endocronological effects of radon speleotherapy on respiratory diseases. *Int J Radiat Biol.* 2009;85(3):281-90.

34. Navarro M, Martín-Megías AI. Aguas radiactivas, ¿fe peligrosa o beneficio demostrado? *Anal Hidrol Med,* 2010, vol. 3, 109-129.

35. OMS Manual de la OMS sobre el radón en interiores. Una perspectiva de salud pública. 2015. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/>

36. bitstream/10665/161913/1/9789243547671_spa.pdf?ua=1

37. Ortega-Maján MT, Júdez-Legaristi D, Guillén-Mateo J, Hernández-Torres A. Revisión de la efectividad de la balneoterapia sobre diversos problemas de salud. *Med Naturista.* 2016;10(2):75-80.

38. Palomares J, Travesi A. Análisis de radiactividad en aguas del balneario de Alange. *An R Acad Nac Farm.* 1990;16: 47-53.

39. Palomares J, Travesi A, Martínez-Lobo A. Análisis de radiactividad en aguas del balneario de Fitero. *An R Acad Nac Farm.* 1991;17: 61-67.

40. Palomares J, Travesi A, Martínez-Lobo A. Análisis de la radiactividad de aguas y lodos del balneario de La Toja (Pontevedra). *An R Acad Nac Farm.* 1993;19: 37-44.

41. Palomares J, Travesi A, Martínez-Lobo A. Análisis de radiactividad en aguas del balneario de Lugo. *An R Acad Nac Farm.* 1994;20: 35-41.
42. Passali D, Gabelli G, Passali GC, Magnato R, Platzgummer S, Salerni L, Lo Cunsolo S, Joos A, Bellussi LM. Radioactive Merano SPA Treatment for Allergic Rhinitis Therapy. *Int J Otolaryngol.* 2016;2016:2801913.
43. Passali D, Gabelli G, Passali GC, Mösges R, Bellussi LM. Radon-enriched hot spring water therapy for upper and lower respiratory tract inflammation. *Otolaryngol Pol.* 2017;71(4):8-13.
44. Pozo M, Carretero MI, Maraver F, Pozo E, Gómez I, Armijo F, Martín Rubí JA. Composition and physical-physicochemical properties of peloids used in Spanish spas: a comparative study. *Appl Clay Sci.* 2013; 83-84, 270-9.
45. Pratzel H, Deetjen P (Eds). *Radon in der Kurortmedizin.* Geretsried: ISMH, 1997.
46. Razumov AN, Puriga AO, Yurova OV. The modern applications of radon therapy for the medical rehabilitation of the patients. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2015;92(4):54-60.
47. Ródenas C, Gómez J, Soto J, Maraver F. Natural radioactivity of spring water used as spas in Spain. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry.* 2008;277(3):625-30.
48. Ródenas C, Gómez J, Soto J, Maraver F, Quindós LS. Radón and radioactivity in Spanish spas of different geological formations. *Arab J Nucl Sci Appl.* 2009;42:349-58.
49. Romero-Martín A, Serrano C. Estudio clínico del balneario de Alange. *An R Acad Nac Farm.* 1990;16: 55-64.
50. Ruano-Ravina A, Barros-Dios JM. Radón y cáncer de pulmón. Implicaciones para profesionales sanitarios, ciudadanos y administraciones públicas. *Medicina Clínica Barcelona.* 2007. 128(14):545-9.
51. Ruano-Ravina A, Quindós-Poncela L, Sainz-Fernández C, Barros-Dios JM. Radón interior y salud pública en España. *Tiempo para la acción. Gac Sanit.* 2014;28:439-41.
52. Ruano-Raviña A, Quindós-Poncela L, Fernández CS, Barros-Dios JM. ¿Puede ser saludable un carcinógeno humano reconocido como el radón? *Gac Sanit.* 2015;29(3):233-4.
53. Sainz-Fernández C, Fuente-Merino I, Quindós-López L, Soto Velloso JA, Arteché-García JL, Quindós-Poncela LS. La radiactividad natural y el radón. En: *Cendrero-Uceda A, Gómez-Arozamena J, Fernández-Navarro PL, Quindós-Poncela LS, Ródenas C, Sainz-Fernandez C (Coords.). Contribuciones científicas en memoria del Profesor Dr. Jesús Soto Torres.* Santander: Universidad de Cantabria, 2008: 135-43.
54. Sainz C, Rábago D, Fuente I, Celaya S, Quindós LS. Description of the behavior of an aquifer by using continuous radon monitoring in a thermal spa. *Sci Total Environ.* 2016;543(Pt A):460-6.
55. San Martín J. La cura termal en el establecimiento balneario de Arnedillo: factores terapéuticos, indicaciones y contraindicaciones, técnicas y resultados. *An R Acad Nac Farm.* 1988;14: 33-46.
56. San Martín J. Acción terapéutica de las aguas del Balneario de Villavieja de Nules (Castellón). *An R Acad Nac Farm.* 2016;34: 164-185.
57. Soto J. Radiactividad de las aguas mineromedicinales. *Bol Soc Esp Hidrol Med.* 1990, 3 (2): 115-9.
58. Soto J, Delgado MT, Fernández P, Gómez J, Quindós LS. Niveles de Rn 222 en el Balneario "Las Caldas de Besaya" (Cantabria). *Rev Sanid Hig Publica (Madr).* 1991;65(1):71-5.
59. Soto J, Fernández P, Quindós L, Delgado MT. Radioactividad en agua de balnearios de Cantabria. *Mapfre medicina.* 1991;2(4):274-6.
60. Soto J, Fernández PL, Quindós LS, Gómez-Arozamena J. Radioactivity in Spanish spas. *Sci Total Environ.* 1995;162(2-3):187-92.
61. Soto J, Gómez J. Occupational doses from radon in Spanish spas. *Health Phys.* 1999;76(4):398-401.
62. Soto J, Gómez-Arozamena J, González A, Cendrero A, Díaz JR, Alcaide J. Medida de radiactividad en el agua de manantiales de Cantabria, España. *Nucleus.* 1999;27:21-8.
63. Tempfer H, Hofmann W, Schober A, Lettner H, Dinu AL. Deposition of radón progeny on skin surfaces and resulting radiation doses in radon therapy. *Radiat Environ Biophys.* 2010;49(2):249-59.
64. Vakulenko OY, Rassulova MA, Razumov AN. The feasibility of the application of cryotherapy and radonotherapy for the treatment of the patients presenting with osteoarthritis. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult.* 2017;94(5):58-66.
65. Valero A. La cura termal en el establecimiento balneario de Caldas de Bohí. *An R Acad Nac Farm.* 1989;15: 49-62.
66. Winklmayr M, Kluge C, Winklmayr W, Küchenhoff H, Steiner M, Ritter M, Hartl A. Radon balneotherapy and physical activity for osteoporosis prevention: a randomized, placebo-controlled intervention study. *Radiat Environ Biophys.* 2015;54(1):123-36.

67. Working Group of European Radon Spas. 10 Questions on Radon Therapy. 9th Edition 2016. Disponible en: http://www.euradon.de/CMS/tiny_mce/jscripts/tiny_mce/plugins/imagemanager/files/pdf/10_Questions_on_Radon_Therapy_-Englische_Finalfassung_21-2-2017_002.pdf

68. Yamaoka K, Komoto Y. Experimental study of alleviation of hypertension, diabetes and pain by radon inhalation. *Physiol Chem Phys Med NMR*. 1996;28(1):1-5.

69. Yamaoka K, Mitsunobu F, Hanamoto K, Mori S, Tanizaki Y, Sugita K. Study on biologic effects of radon and thermal therapy on osteoarthritis. *J Pain*. 2004;5(1):20-5.