

Barberá, J.A., De Abrisqueta, A. y Andreo, B.

Departamento de Geología y Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga (CEHUMA); jbarbera@uma.es

INTRODUCCIÓN

El isótopo ²²²Rn es un elemento radiactivo que proviene de la cadena de desintegración del ²³⁸U, más concretamente del decaimiento radiactivo del isótopo ²²⁶Ra. Este gas puede estar disuelto en las aguas subterráneas como consecuencia de la interacción con las formaciones geológicas del subsuelo, por lo que constituye uno de los elementos radiactivos más comunes en dicho tipo de aguas.

JUSTIFICACIÓN

Actualmente, normativas europeas y españolas establecen valores paramétricos de actividad de ²²²Rn para aguas de consumo humano (Directiva 2013/51/EURATOM y RD 140/2003), pero también para actividades desarrolladas en spas, cuevas, minas, etc. (RD 783/2001 y RD 1439/2010), los cuales están sujetos a revisión continua.

4

- Medición *in-situ* -secuencia de 20 min- de la actividad de ²²²Rn con espectrómetro α portátil AlphaGUARD (SAPHYMO, GmbH; Fig. 1), en 29 manantiales, fuentes y sondeos seleccionados de la provincia de Málaga (abril-julio de 2017)
- Determinación en campo de parámetros físico-químicos (conductividad eléctrica -Cond-, temperatura del agua, pH, oxígeno disuelto y potencial redox)
- Análisis en laboratorio de componentes mayoritarios
- Tests estadísticos de correlación entre ²²²Rn y el resto de variables físico-químicas consideradas

METODOLOGÍA

3

- Determinar los niveles de ²²²Rn en las aguas minerales y termales de la provincia de Málaga, con la doble finalidad de:
 - analizar la actividad y la distribución espacial del radioisótopo en las aguas subterráneas seleccionadas, así como su relación con los principales grupos litológicos (carbonáticos, detríticos y peridotíticos) que predominan en las masas de agua subterránea definidas en el área de estudio,
 - precisar en la medida de lo posible el origen del ²²²Rn en aguas con un quimismo distintivo y heterogéneo.

OBJETIVOS

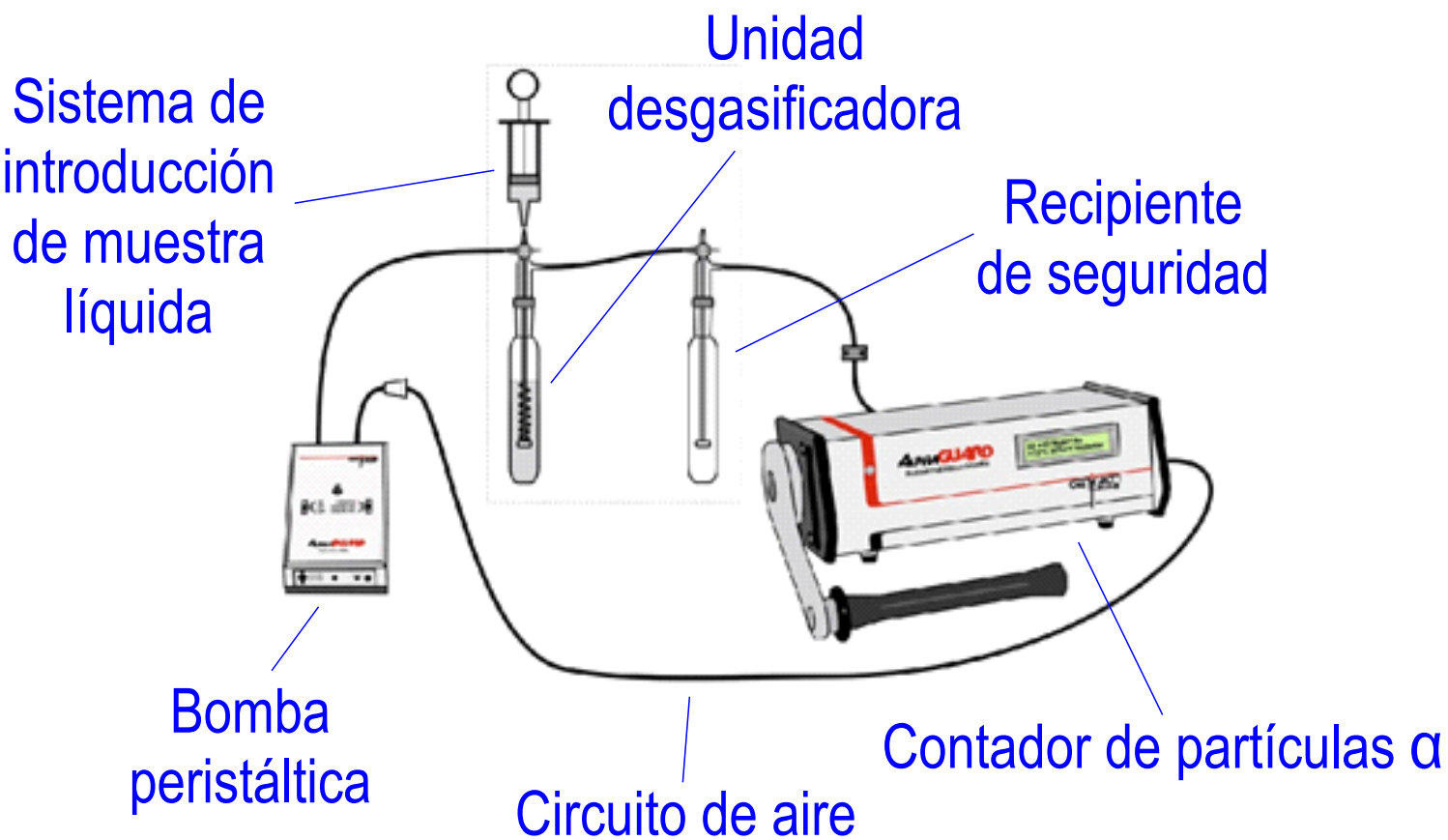


Foto 1. Medida *in-situ* de ²²²Rn en sondeo surgente perforado en materiales detríticos (A03)



Figura 1. Espectrómetro α portátil utilizado en la presente investigación para la detección *in-situ* de ²²²Rn en muestras de agua subterránea

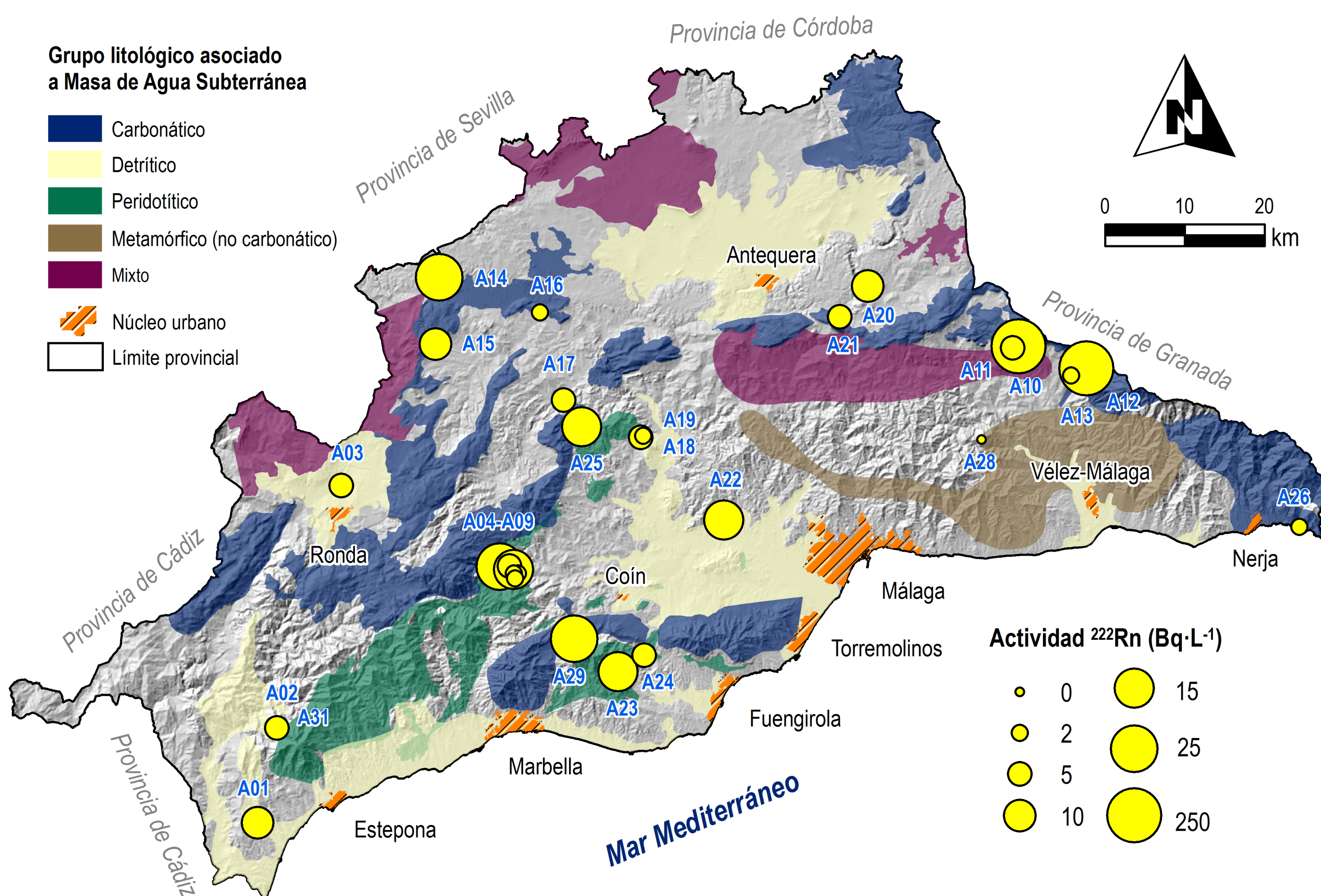


Figura 2. Distribución espacial de la actividad de ²²²Rn en las aguas subterráneas termominerales de la provincia de Málaga. En el mapa se representan las principales masas de agua subterránea asociadas a los puntos de agua muestreados

Variables	Cond	Temp	pH	O ₂	Eh	TAC	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	Na ⁺	K ⁺	Mg ⁺²	Ca ⁺²	Sr ⁺²
Todas las muestras (n=29)														
²²² Rn	0,0099	0,7789	0,1933	0,0549	0,2021	0,0717	0,0247	0,4360	0,0786	0,4478	0,5644	0,0964	0,0076	0,0073
Litologías carbonáticas (n=12)														
²²² Rn	0,3603	0,6672	0,8950	0,1845	0,5281	0,7747	0,0443	0,9649	0,3484	0,7319	0,1125	0,0290	0,3904	0,1651
Litologías detríticas (n=5)														
²²² Rn	0,9500	0,2333	0,0833	0,3500	0,7833	0,2333	0,9500	0,7833	0,2333	0,7833	0,4500	0,1333	0,4500	1,0000
Litologías peridotíticas (n=11)														
²²² Rn	0,0165	0,5021	0,0928	0,0333	0,1814	0,7856	0,8803	0,2595	0,7085	0,2354	0,5021	0,4580	0,3688	0,1051

Tabla 1. Resultados (p-valor) de los tests de correlación -conjunto de muestras y por grupo litológico principal- realizados entre el radioisótopo objeto de estudio y el resto de variables físico-químicas consideradas

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Los valores de ²²²Rn medidos en las aguas subterráneas estudiadas varían entre 0 ± 2 (A28) y 248 ± 23 Bq·L⁻¹ (A12) (Figs. 2 y 3).
- No se ha identificado ningún patrón de distribución espacial de ocurrencia del radioisótopo (Fig. 2), pero sí se ha constatado la relación de éste con los principales tipos de roca aflorante.
- Las mayores actividades de ²²²Rn se detectaron en las aguas drenadas por materiales carbonatados (mediana = 7 ± 2 Bq·L⁻¹), seguidos por aquellas asociadas a litologías detríticas ($4,1 \pm 0,2$ Bq·L⁻¹) y a afloramientos de peridotitas ($2,8 \pm 1$ Bq·L⁻¹) (Fig. 3).
- El elemento radiactivo muestra una cierta correlación estadística con Sr⁺², Ca⁺², Cond y F⁻ (en este orden de nivel de significación), para el conjunto de muestras de agua (Tab. 1). Por grupos litológicos, el ²²²Rn se asocia en mayor medida a las variables Mg⁺² y F⁻ en el caso de las aguas que drenan litologías carbonáticas, y a Cond y O₂ en las surgencias de macizos peridotíticos. La correlación del ²²²Rn con la mineralización de las aguas y con parámetros característicos de la interacción de estas con la roca (Sr⁺², Mg⁺², Ca⁺² y F⁻) sugiere un origen asociado a la matriz rocosa más que a una procedencia superficial (p.e. suelo).

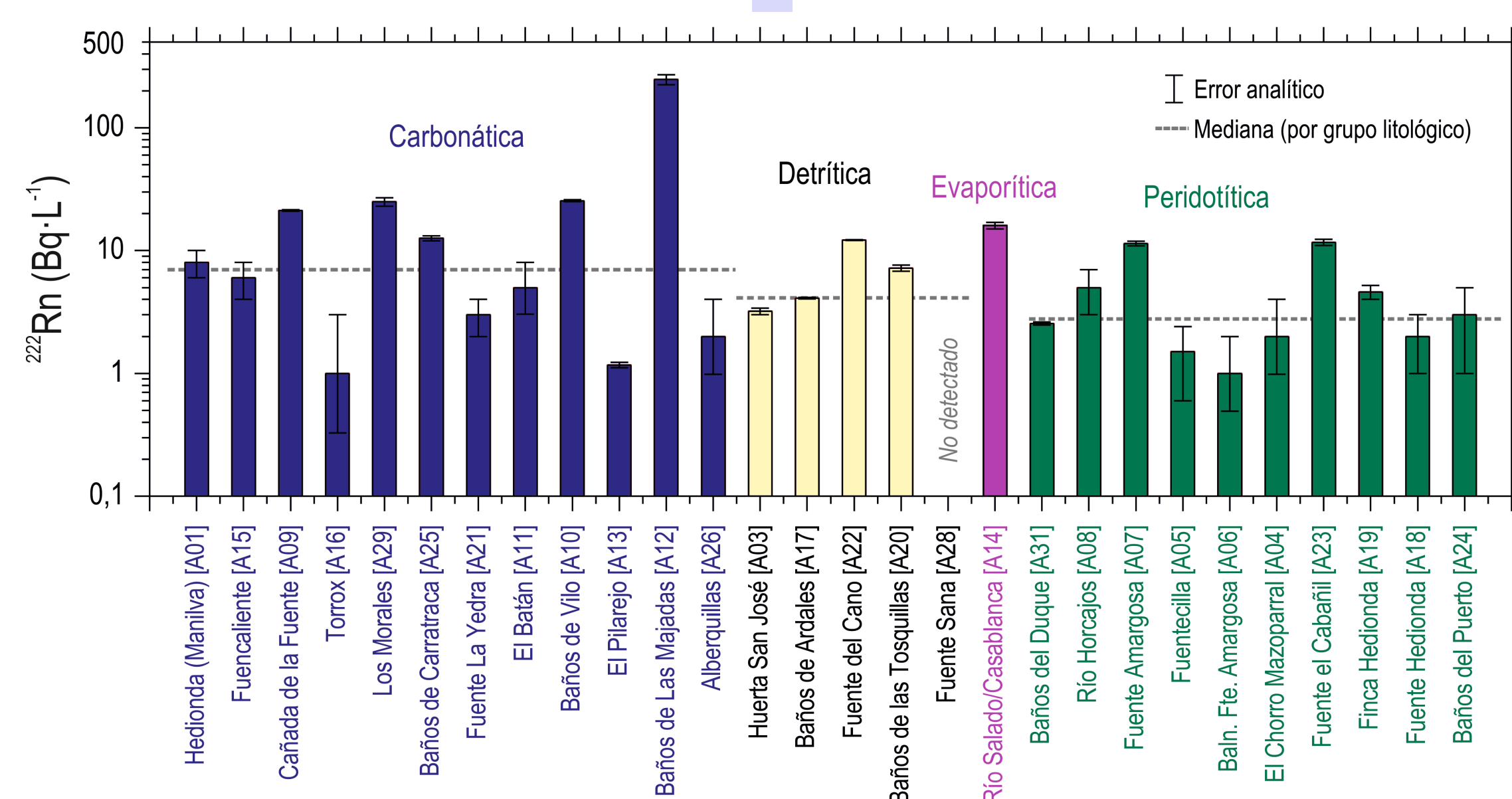


Figura 3. Valores de ²²²Rn y error analítico medidos en las aguas subterráneas. Los puntos de agua (cuyos códigos pueden verse en la Fig. 2) se agrupan por tipo de litología predominante (carbonática, detrítica y peridotítica)

CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS FUTURAS

- Las mediciones de ²²²Rn en las aguas minerales y termales de la provincia de Málaga han permitido determinar su nivel de radiación que, en todo caso, no supera el valor paramétrico establecido para aguas de consumo humano (500 Bq·L⁻¹).
- Las aguas subterráneas que presentan mayores actividades del radioisótopo son las asociadas al drenaje de materiales carbonáticos y, en menor medida, al de rocas de naturaleza detrítica y peridotítica.
- El origen del ²²²Rn en las aguas subterráneas estudiadas está probablemente relacionado con procesos de interacción agua-roca.
- A la luz de los resultados, es necesario aumentar el número de medidas de ²²²Rn en agua subterránea (en distintas situaciones hidrodinámicas) y analizar independientemente los tipos de aguas diferenciados.