

ESTUDIO DE DIFERENTES TÉCNICAS PARA LA MEDIDA DE EXHALACIÓN DE RADÓN EN SUELOS

Marta Fuente Lastra

Director: Luis S. Quindós Poncela

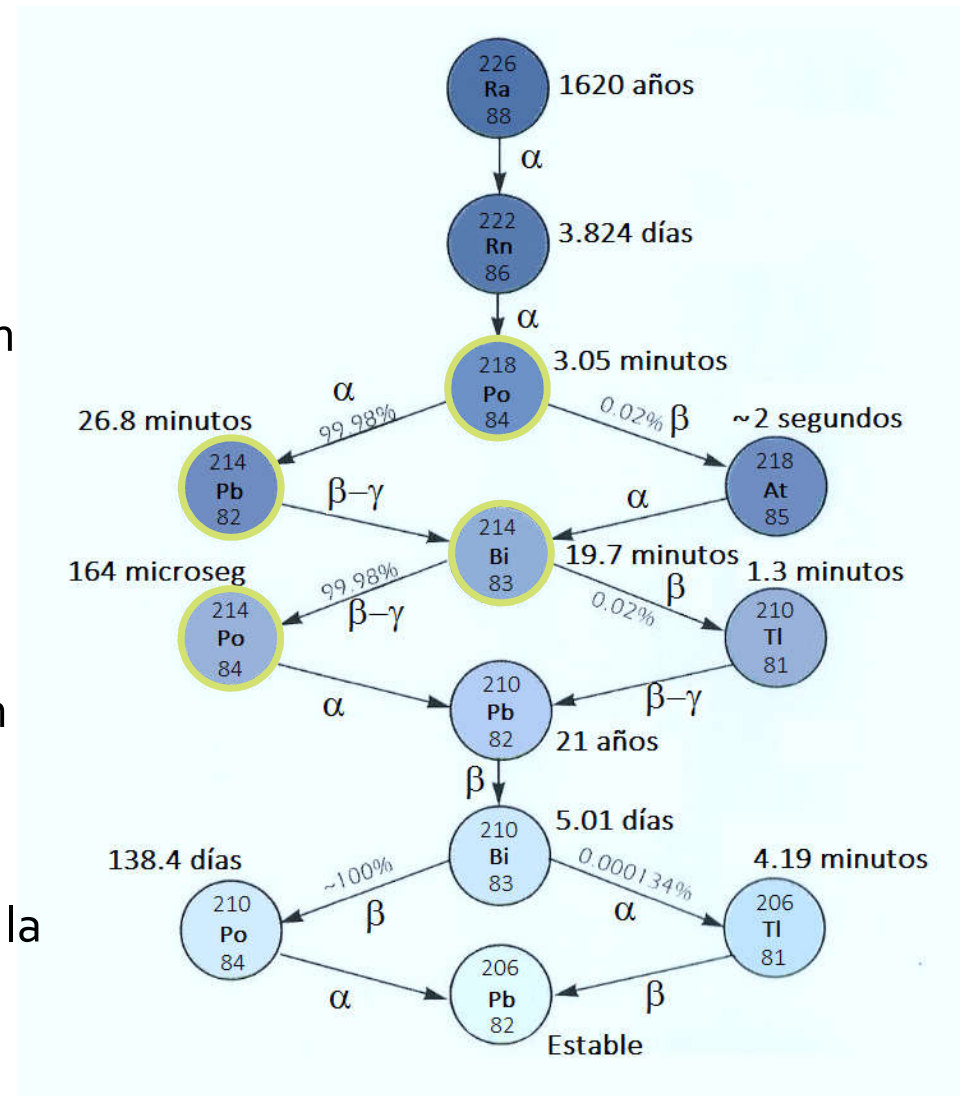


Índice

- I. Introducción
- II. Exhalación de radón
 - i. Emanación
 - ii. Transporte
 - iii. Exhalación
- III. Técnicas para la medida de exhalación de radón
 - i. Método de acumulación de radón
 - ii. Colectores con carbón activo
 - iii. Calibración técnicas
- IV. Resultados y análisis
- V. Conclusiones

Introducción

- ^{238}U ^{226}Ra ^{222}Rn
- + 50% dosis recibida población por exposición a fuentes naturales de radiación ionizante
- ^{238}U natural presente en la corteza terrestre fuente continua de ^{222}Rn
- Radón en el terreno, en aire y en agua
- Zonas uraníferas altas tasas de exposición
- Acumulación del radón exhalado del terreno medidas de protección radiológica
- Radón es la 2ª causa de cáncer de pulmón en la población tras el tabaco (OMS)



Exhalación de radón



Exhalación

Liberación de gas radón al aire atmosférico procedente del suelo

Transporte

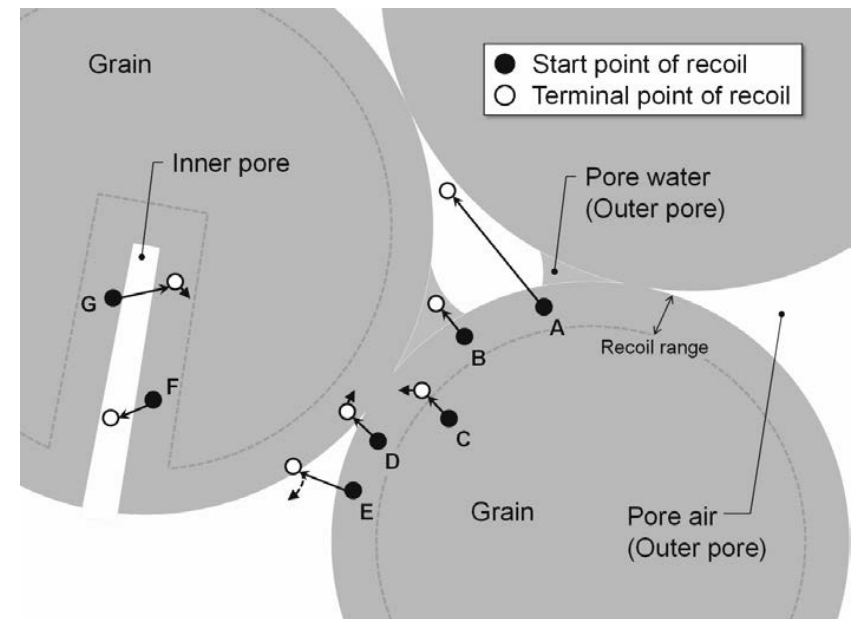
Difusión y arrastre a través del volumen poroso del suelo

Emanación

Escape de átomos de radón al volumen intersticial desde rocas o granos de suelo

Emanación

- Rango de retroceso es pequeño en sólidos ~50 nm
- Distancia de retroceso depende del medio
- Coeficiente de emanación ε se define como fracción de átomos de ^{222}Rn producidos por la desintegración radiactiva del ^{226}Ra que escapan al espacio intersticial
- Valor representativo sugerido por UNSCEAR $\varepsilon=0.2$ para suelos (dentro del rango 0.01-0.8)
- Factores que afectan la emanación de radón: composición del terreno, tamaño de grano, contenido en humedad



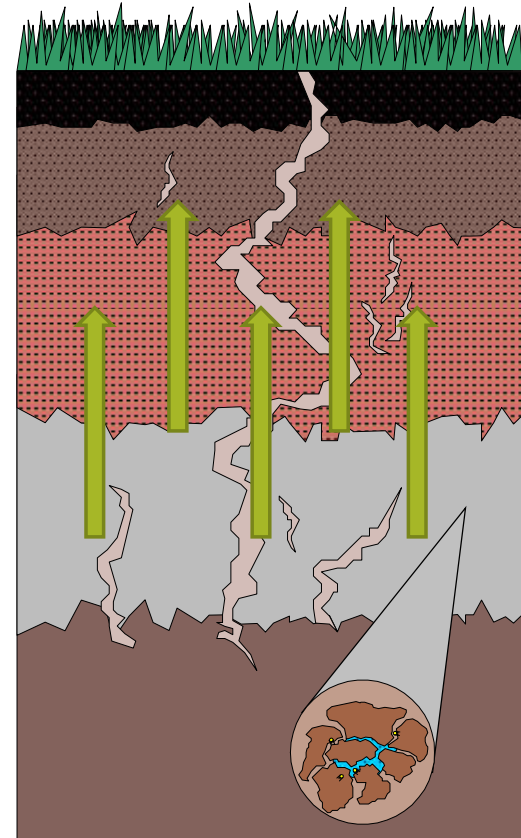
Transporte

- Difusión: depende de los gradientes de concentración
- Arrastre: movimientos de aire inducido por los gradientes de temperatura y presión
- Primera ley de Fick:

$$E = D_e \nabla C_{Rn}$$

- Factores que afectan a la difusión de radón
- Longitud de difusión:

$$L = \sqrt{D/\lambda}$$

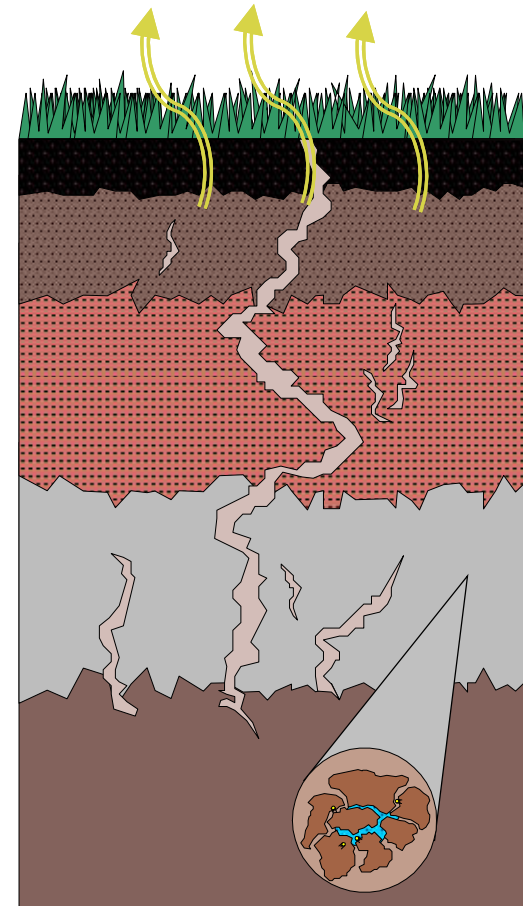


Exhalación

- Resolución ecuación difusión:

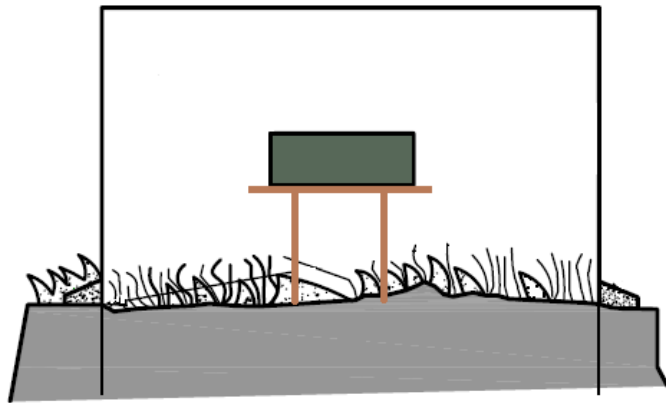
$$E = \varepsilon R \rho_b L \lambda \tanh\left(\frac{z}{L}\right)$$

- Factores que afectan a la exhalación de radón
 - Contenido de humedad
 - Presión
 - Velocidad del viento
 - Variaciones diurnas



Técnicas medida de exhalación de radón

Método de acumulación de radón

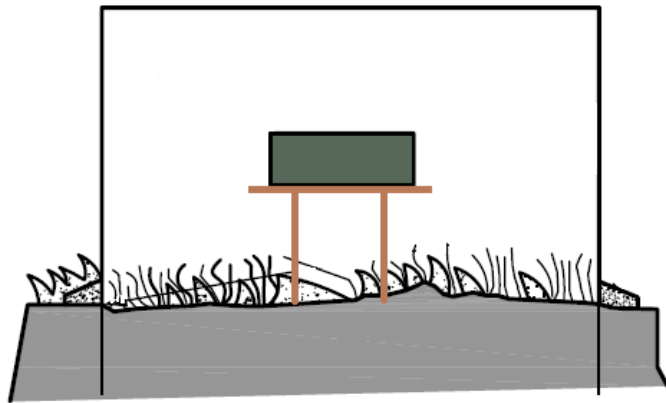


Colectores con carbón activo



Técnicas medida de exhalación de radón

Método de acumulación de radón



- Acumulación de radón en el interior del contenedor

$$C_{Rn}(t) = C_0 e^{-\lambda' t} + \frac{ES}{V\lambda'} (1 - e^{-\lambda' t})$$

- Aproximación: $t \ll \lambda^{-1}$ y $\lambda' \approx \lambda$

$$E = \frac{V \Delta C_{Rn}}{S t}$$

Técnicas medida de exhalación de radón

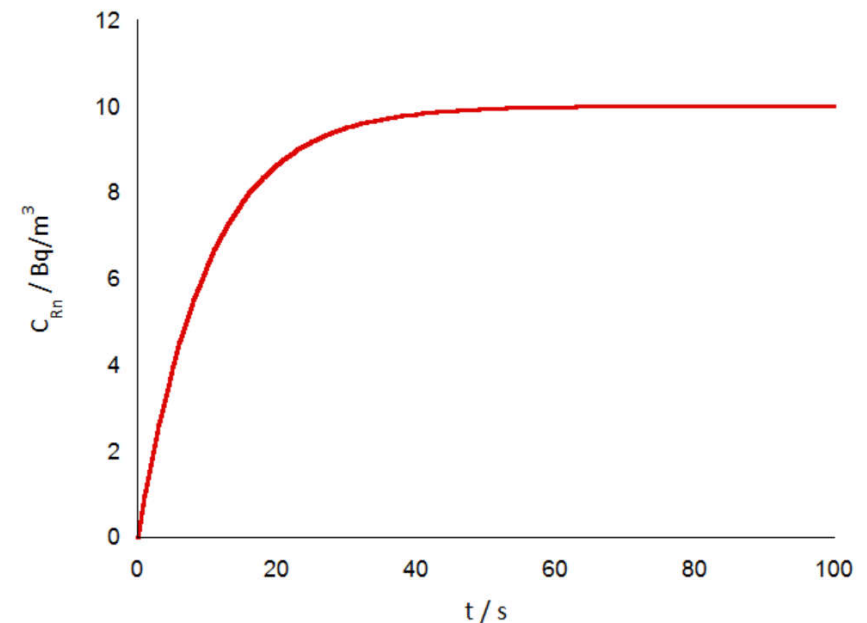
Método de acumulación de radón

- Acumulación de radón en el interior del contenedor

$$C_{Rn}(t) = C_0 e^{-\lambda' t} + \frac{ES}{V\lambda'} (1 - e^{-\lambda' t})$$

- Aproximación: $t \ll \lambda^{-1}$ y $\lambda' \approx \lambda$

$$E = \frac{V \Delta C_{Rn}}{S t}$$



Técnicas medida de exhalación de radón

Colectores con carbón activo



- Adsorción del radón en el carbón activo
- Determinación tasa superficial de exhalación de radón:

$$E = \frac{\lambda^2 N e^{-\lambda t_e}}{\epsilon S (1 - e^{-\lambda t_m})}$$

- Influencia contenido de humedad
- Medida por espectrometría gamma

Calibración de las técnicas para la medida de exhalación de radón

- Expresión teórica para la exhalación

$$E = \varepsilon R \rho_b L \lambda \tanh\left(\frac{z}{L}\right)$$

- Considerando una fuente delgada $z \ll L$
aproximación:

$$\tanh\left(\frac{z}{L}\right) \approx \frac{z}{L}$$

$$E = \varepsilon R \rho_b \lambda z$$

- Cajón de exhalación de referencia



Calibración de las técnicas para la medida de exhalación de radón

- Expresión teórica para la exhalación

$$E = \varepsilon R \rho_b L \lambda \tanh\left(\frac{z}{L}\right)$$

- Considerando una fuente delgada $z \ll L$ aproximación:

$$\tanh\left(\frac{z}{L}\right) \approx \frac{z}{L}$$

$$E = \varepsilon R \rho_b \lambda z$$

- Cajón de exhalación de referencia

$R/$ Bq/kg	10245 ± 231
ε	0.22 ± 0.02
$\rho_b/$ kg/m ³	1666 ± 40
$z/$ m	0.072 ± 0.001

$$E_{ref} = (2042 \pm 200) \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

Resultados y análisis

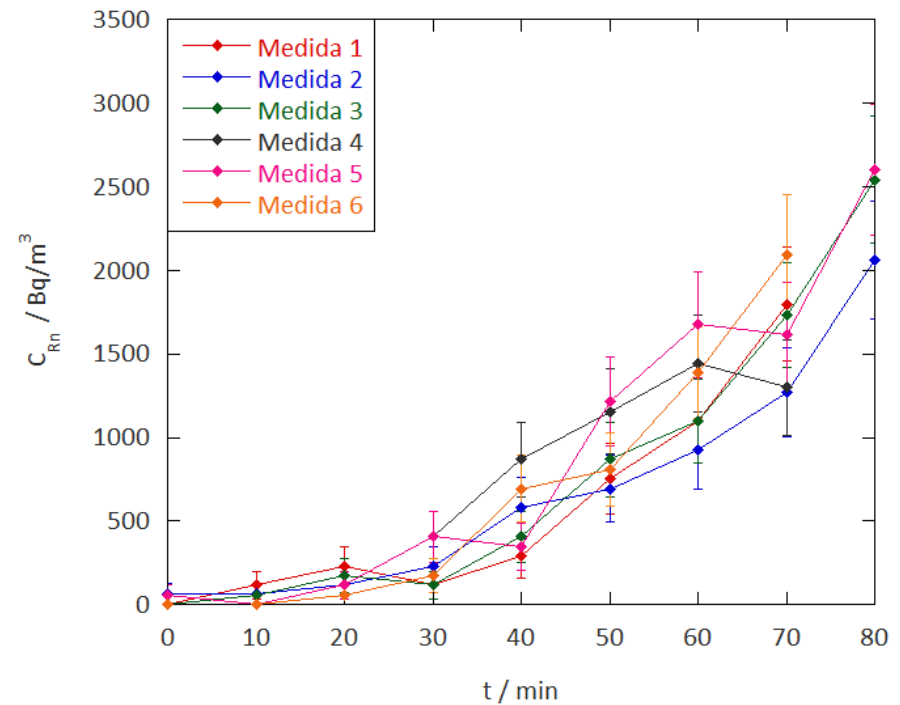
Medidas acumulación de radón



- Dimensiones contenedor:

$$V = 2.55 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3$$

$$S = 7.29 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$$



Resultados y análisis

Medidas acumulación de radón



$$E = \frac{V \Delta C_{Rn}}{S t}$$

Medida	$E_{60}/ \text{Bq/m}^2\text{h}$	$E_{70}/ \text{Bq/m}^2\text{h}$
1	384	539
2	324	382
3	384	520
4	506	390
5	587	485
6	485	629
\bar{E}	445	491
$\sigma(E)$	97	94

$$E_{ref} = (2042 \pm 200) \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

$$f = \frac{E_{ref}}{E_{60}} = (4.60 \pm 0.23)$$

Resultados y análisis

Medidas colectores con carbón activo

Experimento: influencia de la humedad en el carbón activo



$$E = \frac{\lambda^2 N e^{-\lambda t_e}}{\epsilon S (1 - e^{-\lambda t_m})}$$

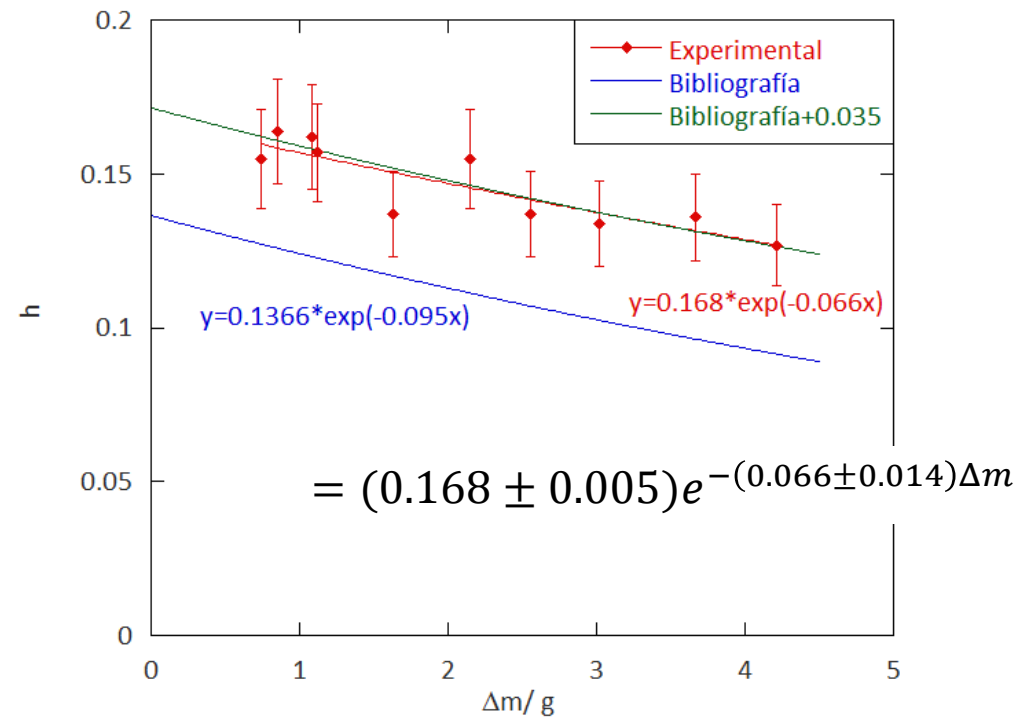
$$\left\{ \begin{array}{l} \epsilon = \frac{n}{A_{Rn}} = 0.177 \text{ cps/Bq} \\ S = \pi r^2 \text{ con } r = 3.2 \text{ cm} \\ \lambda = 2.1 \cdot 10^{-6} \text{ s}^{-1} \\ t_m = 600 \text{ s} \end{array} \right.$$

$$= 1.085 \cdot 10^{-5} N e^{-\lambda t_e}$$

Resultados y análisis

Medidas colectores con carbón activo

Experimento: influencia de la humedad en el carbón activo



Resultados y análisis

Medidas colectores con carbón activo

Cajón de exhalación de referencia



$$E_{ref} \approx 2042 \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

Cajón de exhalación nº 6



$$E_{ref}^6 \approx 116 \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

- Se realizan medidas con 5 colectores en cada cajón de exhalación

$$E = \frac{\lambda^2 N e^{-\lambda t_e}}{\epsilon S (1 - e^{-\lambda t_m})}$$

- Resultados experimentales promedio 5 medidas:

- Cajón de referencia

$$\bar{E} = (2046 \pm 104) \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

- Cajón nº 6

$$\bar{E} = (106 \pm 18) \text{ Bq/m}^2\text{h}$$

Resultados y análisis

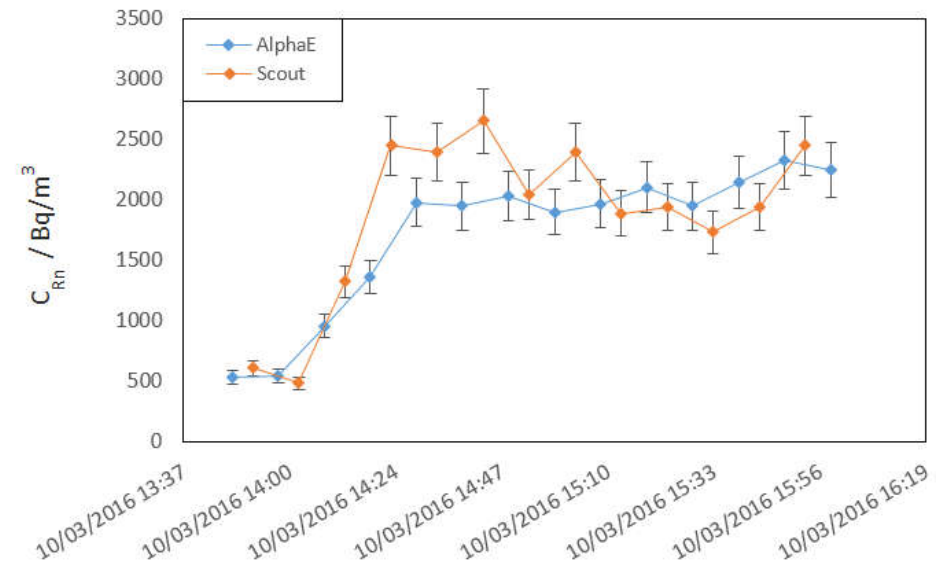
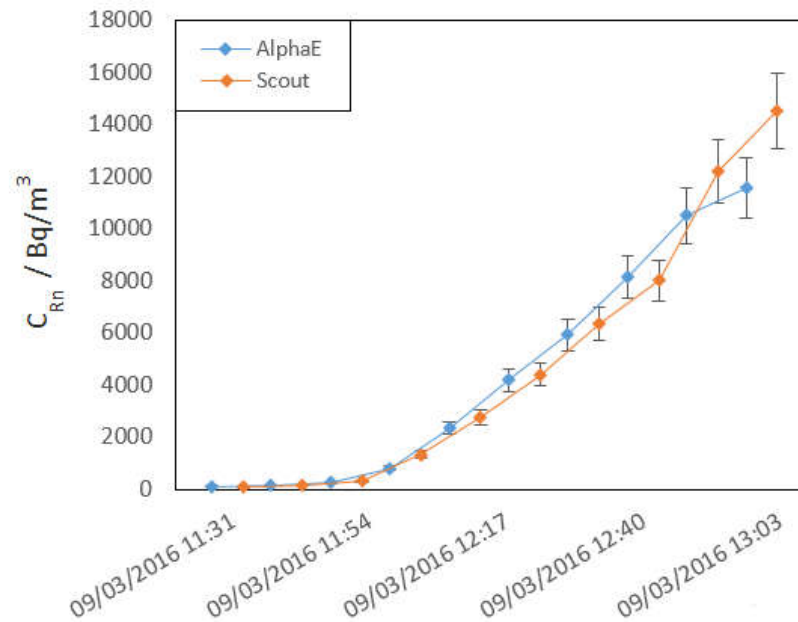
Comparación de técnicas: acumulación de radón y colectores con carbón activo

- Medidas en 3 localizaciones ubicadas en la antigua mina de uranio "Mina Fé" en Saelices El Chico (Salamanca):
 - Era de lixiviados
 - Green Ballesteros
 - Green Cosma



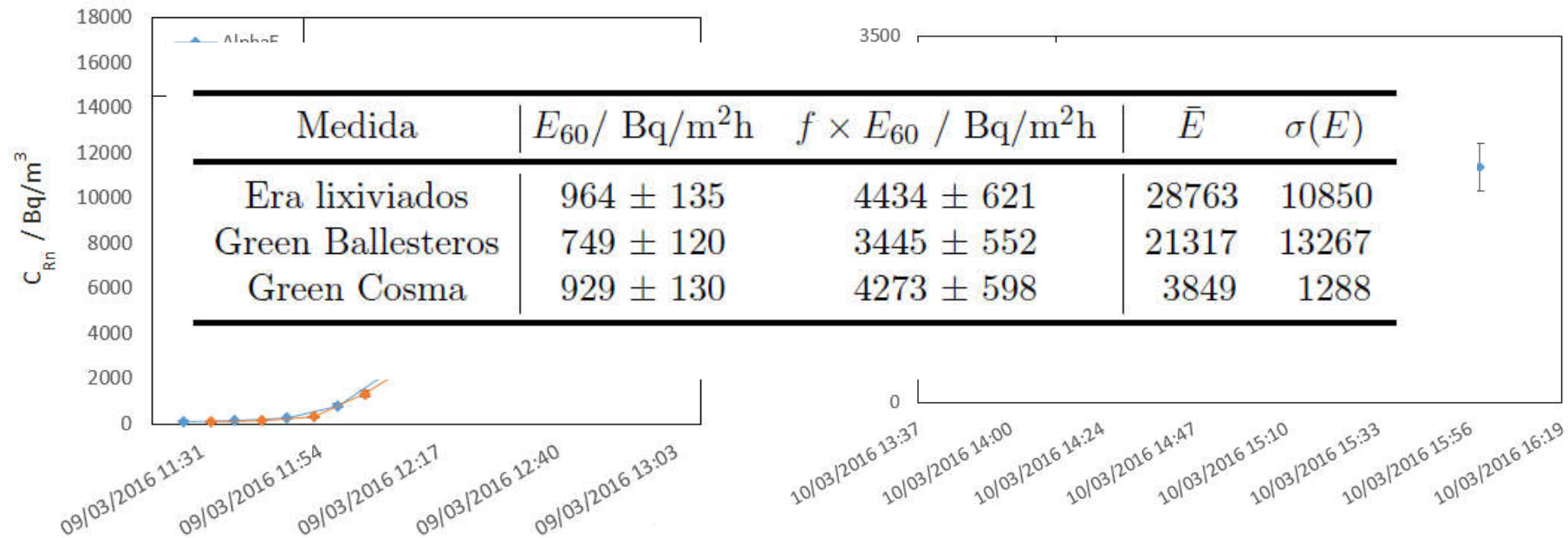
Resultados y análisis

Comparación de técnicas: acumulación de radón y colectores con carbón activo



Resultados y análisis

Comparación de técnicas: acumulación de radón y colectores con carbón activo



Conclusiones

- La exhalación de radón es un proceso complejo afectado por muchos factores y que depende de la emanación de radón y de su transporte hacia la superficie
- El método de medida de acumulación de radón permite estimar tasas de exhalación de radón de forma rápida. Sin embargo los resultados obtenidos subestiman la exhalación de radón.
- La técnica de medida de exhalación de radón empleando colectores con carbón activo es económica, pero los resultados son habitualmente poco precisos.
- No es fácil caracterizar la exhalación de radón de un suelo, las medidas en zonas uraníferas pueden presentar valores elevados en algunos puntos
- La calibración de las técnicas de medida empleadas afecta a los resultados de las medidas, hay que buscar una instalación estándar para la calibración de las técnicas de medida de exhalación de radón.

GRACIAS POR SU ATENCIÓN

Agradecimientos:

