



MX0100276

Estudio de la Radiación Ambiental en la Ciudad de Zacatecas

***L.L. Quirino, F. Mireles, J.I. Dávila, C. Ríos, J.F. Lugo,
J.L. Pinedo, H. López, M.L. García y J.M. Soriano***
Centro Regional de Estudios Nucleares
Universidad Autónoma de Zacatecas
Ciprés 10; Frac. La Peñuela; Zacatecas, Zac. 98068. México

Resumen

Se presenta un estudio de detección de la radiación ambiental en el interior de una oficina y se hace una comparación de los resultados cuando la instalación se encuentra en condiciones cerrada o ventilada. El método utilizado se basa en la detección de radiación por medio de detectores Geiger-Müller RM-60 y RM-70 que con la ayuda de una computadora personal provee un método de detección de la radiación en tiempo real. El método utilizado en este estudio se sugiere para detectar la variación de la radiación en ambientes cerrados o abiertos y como un sistema de vigilancia de los niveles de radiación. Se discuten los resultados obtenidos y se comparan con los obtenidos en otros lugares.

Introducción

Considerando el conjunto de las fuentes de radiación natural y artificial tales como rayos cósmicos, materiales de construcción, minerales, suelo y sus componentes, alimentos, agua y cualquier otra fuente de radiación ionizante como origen de la radiación ambiental, el presente trabajo se enfoca a determinar la presencia de la radiación y a asociarle un nivel de exposición.

El estudio de la radiación y radioactividad natural del medio ambiente en México es muy limitado, Zacatecas no es la excepción se ha reportado solo con detectores de trazas nucleares por periodos que es necesario repetir¹. Consecuentemente, los datos del nivel de radiación de fondo no están disponibles para cada región por lo que se pretende hacer la cuantificación y su integración en un catalogo de información del ambiente regional. Las características geográficas y geológicas de la zona en la que se encuentra la ciudad de Zacatecas se pueden considerar para investigar si tienen alguna influencia en la dosis anual recibida por la población.

Materiales

Este estudio de la radiación de fondo de Zacatecas se diseñó para determinar las concentraciones de radiación ambiental especialmente en lugares cerrados. La detección se llevó a cabo dentro de una oficina del edificio del Centro Regional de Estudios Nucleares (CREN) en la cual no existen materiales radiactivos que pudieran afectar la medición de la radiación de fondo, solo artículos y equipos de oficina que se asemejan a los que se pudieran encontrarse en una vivienda normal. Los sistemas de detección utilizados se basan en detectores Geiger Müeller de la firma AWARE Electronics.

El Detector RM-60

El sistema RM-60 consiste de un detector Geiger-Müeller cuyas características se presentan en la Tabla 1. Este detector se calibró a la energía del Cs-137 y presentó una razón nominal de 1050 cpm/mR/hr a través de las paredes del detector y de la caja de plástico que lo contiene.

Tabla 1 Características del detector Geiger Müeller del sistema RM-60		
El Detector Geiger Müeller RM-60		
Cilíndrico	Diámetro	14.9 mm
	Longitud	53.9 mm
Ventana	1.75 mg/cm ²	
Tiempo Muerto	90 µs	
Sensibilidad	Part. Alfa	80% a 3.6 MeV
	Partículas Beta	35% a 50 keV 95% a 300 KeV
	Rayos-X y Gammas	10 keV a través de la ventana 40 keV a través del contenedor

El Detector RM-70

El detector Geiger-Müeller RM-70 también de la firma AWARE Electronics consiste de un detector Geiger Müeller tipo "pancake" cuyas características se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2 Características del detector Geiger Müeller del sistema RM-70.		
El Detector Geiger Müeller RM-70		
Pancake	Diámetro	28.5 mm
	Longitud	13.1 mm
Ventana	1.75 mg/cm ²	
Tiempo Muerto	30 µs	
Sensibilidad	Part. Alfa	60% a 5.4 MeV

	Partículas Beta	40% a 157 keV 55% a 224 keV 75% a 514 keV 85% a 709 keV 90% a 2280 keV
	Rayos-X y Gammas	10 keV a través de la ventana 40 keV a través del contenedor

Este detector Geiger Müller tipo "pancake" calibrado a la energía del Cs-137 tiene una razón nominal de 1490 cpm/mR/hr para la energía del Cs-137 a través de la ventana del detector, y una sensibilidad para neutrones y gammas de una fuente de PuBe de 1.0 cps/n/cm²/seg a través de la ventana del detector y 0.8 cps/n/cm²/seg a través de las paredes del detector y de la caja de plástico que lo contiene.

Metodología

Los Geiger Müller RM-60 o RM-70 en conjunto con una computadora integraron nuestro sistema contador de radiación, en este estudio se utilizó una PC 486 a 25 MHz con 40 Mb de disco duro. El alto voltaje para los detectores se suministra a partir de la fuente de alimentación de la propia PC. Al operarlos con el software AW-SRAD registraron continuamente la radiación natural de fondo, o niveles de radiación provenientes de materiales de construcción, agua, comida, bebidas, químicos, aire, etc.

El software AW-SRAD permite registrar durante días, semanas o meses la radiación detectada, capturando los datos directamente a un archivo, también muestra los datos almacenados por medio de barras o trazos que aparecen en la pantalla y cuando el nivel de radiación promedio excede el límite previamente establecido suena una alarma, la cual también es activada y ajustada desde el software. La lecturas del RM-60 o RM-70 se capturan a través del puerto serie o del puerto paralelo como pulsos lógicos.

Los datos y su coordenada de tiempo son capturados a cada unidad de tiempo base previamente fijada (TBU) así cada dato es el promedio del nivel de radiación detectada durante el TBU elegido. En este estudio se seleccionó 60 segundos de base de tiempo por tratarse de bajos niveles de radiación. Los datos registrados se compactaron promediándolos a cada 60 TBUs y se convirtieron a unidades de exposición, $\mu\text{R/hr}$ suponiendo que se trata de eventos con la energía del Cs-137.

La detección de radón se realizó utilizando el sistema RM-70 acoplado con un filtro de poliuretano y un ventilador de 28.31 litros/min que continuamente muestrean las partículas y polvo del ambiente. Las partículas que queden atrapadas en el filtro provocarán un incremento en la razón de conteo del detector directamente relacionada con la concentración de las partículas radiactivas presentes en el ambiente. Este acoplamiento nos permite identificar mediante su vida media, tal como se muestra en las Figuras 3 y 4, que efectivamente se trata de los descendientes del radón: Radio B (Pb-214 vida media 26.8 min), Radio C (Bi-214 vida media 19.7 min), Radio C' (Po-214 vida media 1.5×10^{-4} segundos), Radio D (Pb-210 vida media 22 años) ó Radio E (Bi-210 vida media 5 días), estos emisores de radiación de vida media corta producirán en el filtro una razón de exposición de 0.85 y 26.6 $\mu\text{R/hr}$ para una concentración de radón de 2 y 4 pCi/L de aire respectivamente¹.

Resultados y discusión

Se presentan en primer lugar las mediciones de la radiación de fondo utilizando el sistema RM-60, posteriormente las mediciones respectivas utilizando el sistema RM-70 y finalmente se presenta la detección de los descendientes del radón mediante sistema RM-70 acoplado al filtro-ventilador.

El Fondo con el Sistema RM-60

La radiación ambiental medida con el sistema RM-60 incluyó radiación alfa, radiación beta, rayos gamma de alta y baja energía y rayos-X de alta y baja energía, así como radiación cósmica y cualquier radiación ionizante que alcance al detector. La medición del fondo se realizó durante distintos periodos de tiempo a partir de octubre de 1998 a marzo de 2000 obteniendo una exposición promedio de 26.76 $\mu\text{R/hr}$.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos con el sistema RM-60 en el periodo comprendido de agosto a noviembre de 1999, en esta serie se observan picos de varias horas de duración con intensidades de más del doble del fondo promedio. En otras series se observaron disminuciones en la razón de exposición hasta 14 $\mu\text{R/hr}$ y en otras series dos disminuciones de la medición del fondo cayeron hasta cero lo cual se podría interpretar como un error del sistema de adquisición.

El Fondo con el Sistema RM-70

La radiación ambiental medida con el sistema RM-70 incluyó también radiación alfa, beta, rayos gamma de alta y baja energía y rayos-X de alta y baja energía, así como radiación cósmica y cualquier radiación ionizante que alcance al detector. La medición del fondo se realizó durante distintos periodos de tiempo a partir de octubre de 1998 a marzo de 2000 obteniendo como una exposición promedio de 27.39 $\mu\text{R/hr}$, lo cual está de acuerdo con los resultados obtenidos con el sistema RM-60. La Figura 2 muestra los resultados del periodo comprendido de febrero a marzo de 1999.

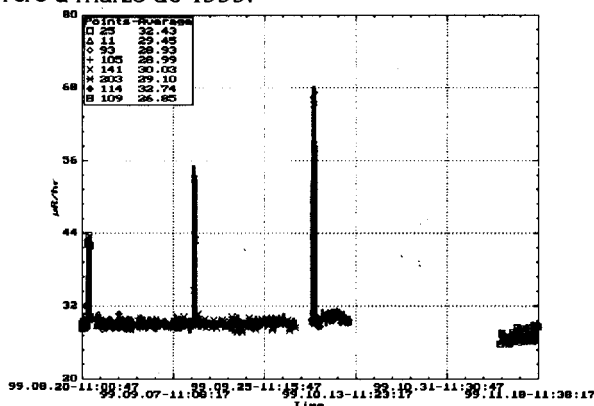


Figura 1. Fondo medido con el sistema RM-60 durante los meses de agosto a noviembre de 1999, con una exposición promedio de 29.8 $\mu\text{R/hr}$.

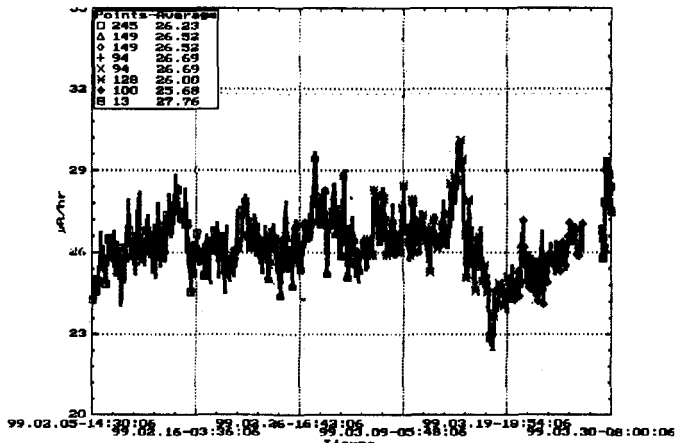


Figura 2. Fondo medido con el sistema RM-70 durante los meses de febrero a marzo de 1999, con una exposición promedio de 26.51 μ R/hr.

En el periodo de observación del RM-70, tanto el número de picos como la disminución en la razón de exposición respecto a la razón promedio fueron menores que los obtenidos con el sistema RM-60.

El Radón Detectado con el Acoplamiento RM-70-filtro-ventilador

Como era de esperarse, la lectura en el sistema RM-70-filtro-ventilador se incrementó debido a la acumulación de partículas atrapadas en el filtro. El incremento en la razón de exposición se debe a rayos gamma, alfa y partículas beta provenientes del decaimiento de los descendientes del radón. La contribución de los emisores alfa y beta es propiciada por la geometría del filtro-detector ya que la ventana es favorable al rango de estas partículas cargadas. Los resultados de una medición típica se muestran en la Figura 3.

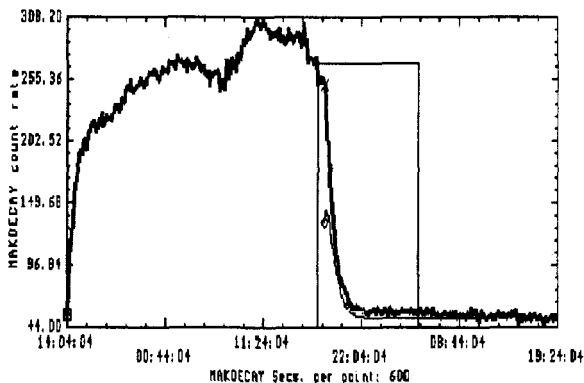


Figura 3. Decaimiento de las partículas atrapadas en el acoplamiento RM-70-Filtro-Ventilador, observando la vida media de los descendientes del Radón 222.

Después de dos horas de muestreo del ambiente, el ventilador del sistema fue desconectado, la razón de conteo disminuyó de acuerdo con la vida media aparente de los descendientes del radón lo que evidencia su presencia, este comportamiento se muestra en la Figura 4.

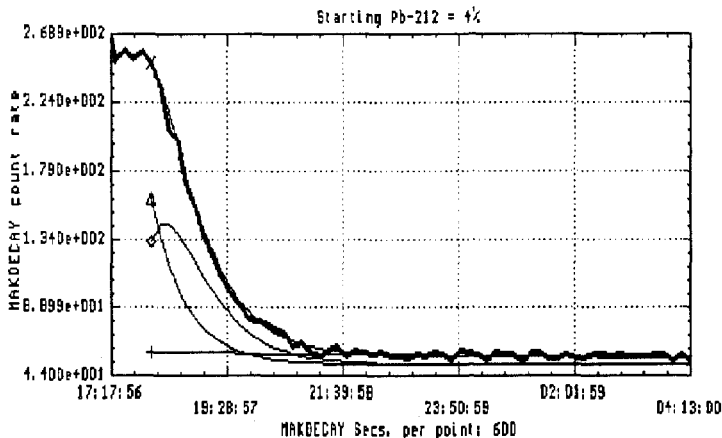


Figura 4. Curvas de decaimiento de los descendientes del Radón. (Δ) Pb-214 ó Radio B, (\circ) Po-214 más Bi-214 ó Radio C + C', (+) Pb 212 y (x) suma de todos. Vida media aparente 40 min.

Las Figuras 5 y 6 se muestra la variación de la concentración de radón durante periodos de medición de dos semanas y de junio a agosto del 2000 respectivamente.

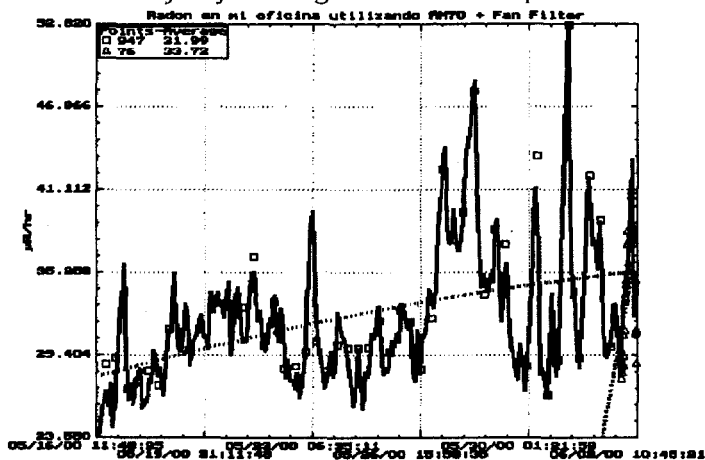


Figura 5. Variación de la razón de exposición medida con el acoplamiento RM-70-ventilador-filtro durante dos semanas del mes de mayo de 2000.

Durante el periodo de medición de dos semanas (Figura 5) se registró una ligera disminución con relación al promedio cuatrimestral (Figura 6) y como se esperaba, la lectura

en el medidor se incrementó durante los periodos en que el local se encontraba cerrado. Los resultados de un periodo de detección de cuatro meses arrojan una razón de exposición promedio de 35.38 $\mu\text{R}/\text{hr}$.

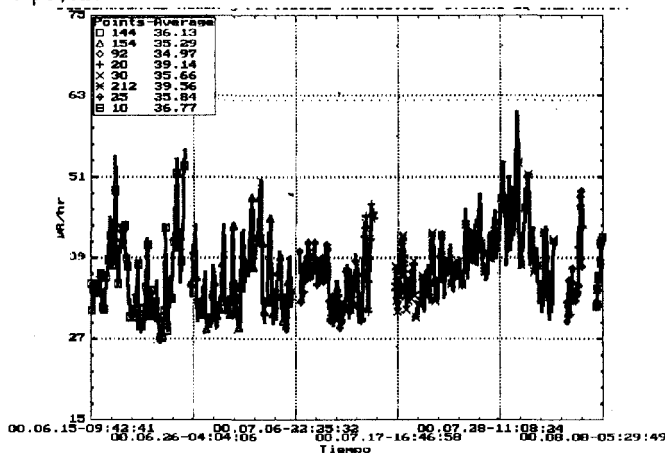


Figura 6 Variación de la razón de exposición medida con el acoplamiento RM-70-ventilador-filtro durante los meses de junio a agosto del 2000, Razón exposición promedio de 34.1 $\mu\text{R}/\text{hr}$.

Por cada pCi/L de aire¹ el acoplamiento RM-70 filtro ventilador producirá de 50 a 100 cpm suponiendo un 40% de eficiencia en el filtro. Bajo estas consideraciones la concentración de radón estimada es de 37 Bq/m³ ó 1 pCi/L de aire. Este resultado es relativo pero puede compararse favorablemente con el rango reportado por Segovia et al¹ de 40 a 120 Bq/m³ en viviendas en la ciudad de Zacatecas medido con detectores de trazas nucleares.

Nuestros resultados, por otra parte, se pueden comparar con otros sitios de monitoreo que utilizan el mismo método de detección y que se encuentran en línea en <http://www.aw-el.com/nyc/index.htm> y http://www.aw-el.com/f_liv.htm. La Figura 7 muestra la presencia de los descendientes del radón en una localidad del sur de Pennsylvania EU.

Conclusiones

Los resultados relativos del presente trabajo mostraron que en la oficina del CREN en la ciudad de Zacatecas, la concentración de radón en ambientes cerrados promedio se mantuvo alrededor de 37 Bq/m³ ó 1 pCi/L de aire lo cual es considerado seguro de acuerdo con el límite marcado por la Agencia de Protección Ambiental de los EU de 148 Bq/m³ ó 4 pCi/L.

La presencia de picos o disminuciones de la concentración o razón de exposición se confirmarán mediante periodos de monitoreo más continuos y de este comportamiento se harán un análisis integral para evaluar los riesgos asociados.

Referencias

1. N.Segovia et al; Radon Concentration Levels in Dwellings and Mine Atmospheres in México; Nucl. Tracks Radiat. Meas., Vol.22, Nos 1-4, pp 445-448, 1993.

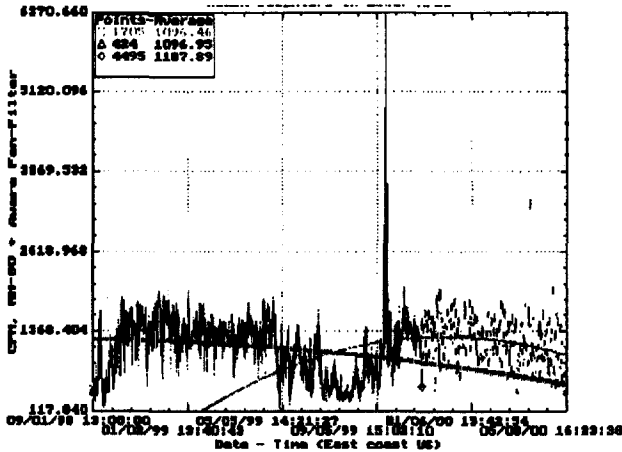


Figura 7. Radón en el sótano de una casa habitación en el sur de Pennsylvania EU medido desde septiembre de 98 a mayo de 2000.

2. Radiation Monitor Computer Interfase User Manual; Aware Electronics; Wilmington DE, USA; 1998.
3. Distenfeld C, Distenfeld L., A Programable Gas Sampler to Measure the Average Radon Concentration in a Test Chamber or in the Field. *Health Phys.* 2000 Aug;79(2 Suppl):S33-7.
4. Paridaens J et al, Retrospective Radon Assesment by Means of ^{210}Po Activity Measurements. *Appl Radiat Isot.* 2000 Jul-Aug;53(1-2):361-4.
5. Wang Y, Ju C, Stark AD, Teresi N. Radon awareness, testing, and remediation survey among New York State residents. *Health Phys.* 2000 Jun;78(6):641-7.