



MX0500149

Congreso Internacional Conjunto Cancún 2004 LAS/ANS-SNM-SMSR/International Joint Meeting Cancún 2004 LAS/ANS-SNM-SMSR  
XV Congreso Anual de la SNM y XXII Reunión Anual de la SMSR/XV SNM Annual Meeting and XXII SMSR Annual Meeting  
Cancún, Q.R., México, 11-14 de Julio, 2004/Cancún, Q.R., México, July 11-14, 2004

## **Análisis de los Niveles de Radiactividad Gamma en Jales de la Compañía Fresnillo S.A de C.V.**

**Francisco Ramírez Sánchez**

*Universidad Autónoma de Zacatecas (Centro Regional de Estudios Nucleares)  
Ciprés No. 10, Frac. La Peñuela  
Zacatecas, Zac., 98068 México  
[paco3141@yahoo.com.mx](mailto:paco3141@yahoo.com.mx)*

**Asesores: F. Mireles García, Leopoldo L. Quirino**

*Universidad Autónoma de Zacatecas (Centro Regional de Estudios Nucleares)  
Ciprés No. 10, Frac. La Peñuela  
Zacatecas, Zac., 98068 México  
[fmireles@cantera.reduaz.mx](mailto:fmireles@cantera.reduaz.mx) ; [lquirino@cantera.reduaz.mx](mailto:lquirino@cantera.reduaz.mx)*

### **Resumen**

El estudio se lleva a cabo con el fin de determinar la concentración de radioisótopos naturales en los "jales", considerando la radiación gamma. En las regiones mineras de México, el estado de Zacatecas entre ellas, se le llama jales al material arenoso que queda como residuo de los diferentes procesos (molienda, decantación, flotación, etc.) involucrados en el beneficio del material bruto para la obtención del concentrado de plomo, cinc, plata etc. Se tomaron trece muestras en la superficie del depósito de jales de la Compañía Fresnillo S.A. de C.V. del estado de Zacatecas, México. Las muestras fueron preparadas y analizadas por medio de espectrometría de rayos gamma utilizando un detector de Germanio Hiperpuro con blindaje apropiado para disminuir la radiación de fondo, para el manejo de los datos se usó el programa de Gamma Vision-32, con una tarjeta de adquisición Trump de 2K. Este trabajo presenta los resultados obtenidos de la concentración de los radioisótopos  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y  $^{40}\text{K}$ , la dosis absorbida, y su comparación con los promedios mundiales.

### **1. INTRODUCCIÓN**

Existe un gran interés en el estudio de la radiación natural en tierras y en el ambiente en general, dado que la población está expuesta a diferentes niveles de esta, dependiendo de los minerales radiactivos naturales que se encuentren en cada región del mundo [1,2]. Es necesario estudiar la radiactividad para conocer la dosis que la población recibe y así poder conocer los riesgos a la salud que puedan existir, y para tener un estudio de referencia que pueda documentar cambios en la radiactividad ambiental de suelos debido a actividades humanas, y en este caso para jales del depósito de la Compañía Fresnillo S.A. de C.V. del estado de Zacatecas, México.

El uso extendido y progresivo de radioisótopos radiactivos, el desarrollo de la industria nuclear y otras tecnologías contaminantes, así como la posibilidad de actividades terroristas, hace absolutamente necesario conocer la radiactividad generada naturalmente de manera que se pueda

detectar la contaminación creada por el hombre, evaluar sus posibles impactos y proponer programas para proteger a la población en general.

Existen muy pocos de estos estudios en México [3,4,5,6]. En el municipio de Fresnillo, Zacatecas, este es el primer estudio de este tipo que se lleva a cabo, en la Fig. 1 se muestra la ubicación geográfica de la CD. de Fresnillo dentro del Edo. de Zacatecas y la República Mexicana. Sus coordenadas son: 23° 09' Lat. N y 102° 55' Long. Oeste.



**Fig. 1.- Ubicación de Fresnillo dentro del Edo. de Zacatecas y la Rep. Mexicana**

Considerando que los rayos gamma terrestres se originan esencialmente de los radioisótopos de las series de decaimiento radiactivo del  $^{238}\text{U}$  y del  $^{232}\text{Th}$  así como del  $^{40}\text{K}$ , el objetivo de este estudio se enfoca en determinar las concentraciones de actividad de los radioisótopos  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y del  $^{40}\text{K}$  presentes en las muestras de jales, así como la dosis absorbida a la que esta expuesta la población debido a la radiación gamma en jales [3]

## **2.-MATERIALES Y METODOS**

Cada una de las trece muestras con un volumen de tres litros fue tomada de la parte alta del depósito de jales de un área aproximada de 90,000 m<sup>2</sup>. Las muestras se tomaron a una profundidad de 5 cm de la superficie, a continuación fueron cribadas, pesadas, secadas al aire por siete días y posteriormente puestas en un horno especial a 100 °C por 72 h, volviéndose a pesar para determinar la cantidad de humedad. Se considera para cada muestra un volumen de 500 mL de jales que fue colocado en un recipiente tipo Marinelli de polipropileno, sellado herméticamente y almacenado por cuatro semanas antes de iniciar el análisis, esto con el fin de alcanzar el equilibrio radioactivo entre el  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  y la descendencia del  $^{222}\text{Rn}$  [2,3]

El sistema de espectrometría gamma usado consta de un detector coaxial de Germanio Hiperpuro con una resolución de 1.9 keV y una eficiencia relativa de 25% para un fotopico de 1.33 MeV de  $^{60}\text{Co}$ . El detector se encuentra dentro de un blindaje graduado en Z de bajo fondo para reducir la radiación de fondo [7] El detector fue calibrado en energía absoluta usando un juego de diez fuentes de rayos gamma de referencia en forma de disco (DuPont no. NES-101), para analizar la

información se usó el programa Gamma Vision-32 con una tarjeta de adquisición TRUMP de 2K usando 1024 canales. Considerando que tuvimos razones bajas de conteo, utilizamos un tiempo de 80,000 s para la obtención del espectro de rayos gamma de cada muestra, y de esta manera disminuir los errores estadísticos.

El estudio fue diseñado para determinar las concentraciones de actividad del  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y del  $^{40}\text{K}$  en los jales y los radioisótopos considerados para las mediciones son el  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{228}\text{Ac}$  y  $^{40}\text{K}$  respectivamente [2,8].

La calibración en eficiencia del detector se realizó con un estándar multinucleidos certificado en actividad con un volumen de 500 mL, obteniendo los datos de la Tabla I.

**Tabla I Calibración en eficiencia del detector Ge HP**

Energía (KeV)	59.50	88.03	122.06	165.86	391.70	661.66	898.04	1173.24	1332.50
Eficiencia %	5.42	7.07	6.24	5.04	2.54	1.57	1.10	0.89	0.80

La Tabla I muestra la eficiencia del detector para las diferentes energías de rayos gamma del estándar, y por métodos de interpolación se obtuvieron las eficiencias para las energías correspondientes a los radioisótopos de interés en este trabajo.

### 3.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las concentraciones de actividad de los radioisótopos  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y del  $^{40}\text{K}$  en los jales obtenidas después de procesar los datos de la espectrometría de rayos gamma expresadas en unidades de  $\text{Bq kg}^{-1}$  para las trece muestras se presentan en la Tabla II.

**Tabla II. Concentración de actividad de radioisótopos en jales**

Muestra	$^{226}\text{Ra}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{232}\text{Th}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )	$^{40}\text{K}$ ( $\text{Bq kg}^{-1}$ )
1	10.72	11.16	582.07
2	19.70	14.45	347.99
3	14.73	12.48	506.15
4	11.75	10.52	530.45
5	12.13	11.61	522.07
6	21.33	14.84	348.62
7	20.84	13.87	300.76
8	22.34	15.78	319.22
9	15.54	12.96	447.69
10	22.02	15.10	387.27
11	20.32	14.54	360.06
12	8.61	10.56	516.02
13	18.31	13.18	397.32
Promedio	16.79	13.16	428.13

A continuación se presenta la Tabla III con los rangos y los promedios mundiales de la concentración en actividad en suelo para los mismos radioisótopos reportados por la UNSCEAR 1988 [9]

**Tabla III. Valores mundiales de concentración en actividad en suelo dados por UNSCEAR**

Radioisótopo	$^{226}\text{Ra}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	$^{232}\text{Th}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )	$^{40}\text{K}$ (Bq kg <sup>-1</sup> )
Rango	15 - 70	7 - 50	100 - 700
Promedio	30	25	370

Como se puede observar todos los valores de concentración en actividad encontrados en las trece muestras de jales están dentro de los límites reportados como normales, excepto 5 valores del  $^{226}\text{Ra}$ , los cuales están por debajo del rango mundial.

Los factores de conversión con los cuales se calculo la razón de dosis absorbida por hora en el aire, son los dados por UNSCEAR 1988 [9], los cuales son los siguientes: 0.427, 0.662, y 0.043 nGy h<sup>-1</sup> (Bq kg<sup>-1</sup>) para el  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y el  $^{40}\text{K}$  respectivamente.

La dosis absorbida que una persona recibe a 1 m de la superficie de los jales debido a la exposición de los rayos gamma provenientes de los radionuclidos  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  y  $^{40}\text{K}$  se presenta en la Tabla IV.

Las contribuciones a la dosis por parte de los decaimientos de otros radionuclidos tales como el  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ , y la serie del  $^{235}\text{U}$  son despreciadas dado que contribuyen muy poco a la dosis total de fondo [10,11,12]

**Tabla IV. Razón de dosis absorbida**

Muestra	$^{226}\text{Ra}$ (nGy h <sup>-1</sup> )	$^{232}\text{Th}$ (nGy h <sup>-1</sup> )	$^{40}\text{K}$ (nGy h <sup>-1</sup> )
1	4.58	7.39	25.03
2	8.41	9.56	14.96
3	6.29	8.26	21.76
4	5.02	6.97	22.81
5	5.18	7.69	22.45
6	9.11	9.83	14.99
7	8.90	9.18	12.93
8	9.54	10.45	13.73
9	6.64	8.58	19.25
10	9.40	10.00	16.65
11	8.67	9.63	15.48
12	3.68	6.99	22.19
13	7.82	8.73	17.08
Desviación. Std. ( $\sigma$ )	2.04	1.18	4.03
Promedio	7.169	8.712	18.41

Considerando la contribución total de los tres radioisótopos, la razón de dosis absorbida es de  $34.3 \text{ nGy h}^{-1}$  que comparada con el promedio mundial reportado por UNSCEAR 1988 [9] de  $55 \text{ nGy h}^{-1}$  se encuentra por abajo en un 38%. Usando los datos para la dosis obtenidos de los valores de concentración de los radioisótopos naturales encontrados en los jales, y considerando una jornada de trabajo de ocho horas, aplicamos el factor de conversión de la UNSCEAR 1988 [9] que es de  $0.7 \text{ Sv Gy}^{-1}$  el promedio anual de dosis equivalente en humanos para una persona en la superficie de estos jales es de  $57.62 \text{ } \mu\text{Sv}$ .

#### 4.-CONCLUSIONES

Este estudio presenta los resultados de las mediciones de la concentración de actividad de emisores de rayos gamma terrestres en jales, que al compararlas con el promedio mundial, observamos que para el  $^{226}\text{Ra}$  la concentración es un 43% menor, para el  $^{232}\text{Th}$  es un 47% menor, y para el  $^{40}\text{K}$  es un 16% mayor. Los factores de conversión para la exposición externa de rayos gamma terrestres en suelo que fueron usados en este estudio, se obtiene un calculo de dosis absorbida promedio con un valor de 38% menor que el promedio mundial.

La dosis total promedio recibida en un año de rayos gamma terrestres es 17 veces menor que el límite anual dado por ICRP 60 (1991), por lo tanto, se puede concluir que no representa un riesgo a la salud de la población. Se recomienda que se extiendan este tipo de estudios a otras áreas no solo empresariales sino del territorio nacional en general, para conocer mas acerca de las dosis de radiación a la que esta expuesta la población en México y en el mundo.

#### AGRADECIMIENTOS

Agradezco el apoyo moral y la motivación de mi maestro el Dr. Fernando Mireles G. así como las grandes facilidades que recibí del Centro Regional de Estudios Nucleares (CREN) para hacer uso de sus equipos e instalaciones sin los cuales no hubiera podido llevar a cabo este trabajo.

#### REFERENCIAS

- 1.-Radhakrishna AP, Somashekarappa HM, Narayana Y, Sid-dappa K. "A new natural background radiation area on the southwest coast of India" *Health Phys*, **65**, p. 390-395 (1993)
- 2.-Quindos LS, Fernandez PL, Soto J, Rodenas C, Gomez J. "Natural radioactivity in Spanish soil", *Health Phys*, **66**, p. 194-200 ( 1994)
- 3.- Mireles F, Davila JI, Quirino LL, Lugo JF, Pinedo JL, and Rios C. "Natural soil gamma radioactivity levels and resultant population dose in the cities of Zacatecas and Guadalupe, Zacatecas, México", *Health Physics*, **84**, p. 368-372 ( 2003)
- 4.-Salazar S, Martínez M, Dorantes C, Silva A, Segovia N. "A study of environmental gamma radiation at the Laguna Verde Nuclear Facility, Mexico", *Radiat Prot Dosim* **48**, p.285 289 (1993)
- 5.- Segovia N, Pena P, Mireles F, Davila I, Quirino L. "Radon concentration level in dwellings

- and mine atmospheres in Mexico", *Nuclear Tracks Radiat. Meas.* **22**, p. 445-448 (1993)
- 6.- Zarate-Morales A, Buenfil AE. "Environmental gamma dose measurements in Mexico City using TLD", *Health Phys*, **71**, p. 358-361 (1996)
  - 7.- Tsoufanidis N. *Measurement and detection of radiation* London: Taylor & Francis (1995)
  - 8.-United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. "Exposure from natural sources of radiation" *New York, United Nations* (1993)
  - 9.- United Nations Scientific Committee on-the Effects of Atomic Radiation. "Sources, effects and risks of ionizing radiation".*Report to the General Assembly, with annexes*. New York, United Nations (1988)
  - 10.- Jacob P, Paretzke HG, Rosenbaum H, Zanki M. "Effective dose equivalents for photon exposure from plane sources on the ground", *Radiat Protect Dosim*, **14**, p. 299-310 (1986)
  - 11.-Kocher DC, Sjoreen AL. "Dose-rate conversion factors for external exposure to photon emitters in soil", *Health Physics*, **48**, p. 193-205 (1985)
  - 12.-Leung KC, Lau SY, Poon CB. "Gamma radiation dose from radionuclides in Hong Kong soil." *Environ Radioact*, **11**, p. 279-290 (1990)