



Investigación Educativa
vol. 11 N.º 20, 181- 189
Julio-Diciembre 2007,
ISSN 17285852



EL NIÑO Y LA ESCUELA EN EL AMBIENTE RADIOLÓGICO

THE CHILD AND THE HIGH SCHOOL IN THE RADIOLOGICAL ENVIRONMENT

*Heber N. Chui Betancur**, *Paula Olivera Lescano***,
*Alberto Chui Mamani****, *Jael J. Chambí Grande*****

RESUMEN

Con la presente investigación tratamos de contribuir al conocimiento de la comunidad educativa acerca de los riesgos que pueden ocurrir dentro de un aula, nos referimos a la polución por el radón que es peligroso en concentraciones elevadas: y estos riesgos dependen de varios factores como la ventilación, características geológicas y concentración de uranio y radio en el piso y paredes. El trabajo también incluye la determinación de la concentración de radón en dos instituciones educativas próximas al yacimiento uranífero más importante del Perú.

Palabras clave. Uranio, radón, Puno, polución, escuelas.

* Docente contratado Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Mayor de San Marcos.
E-mail: hchub@unmsm.edu.pe

** Jefa de laboratorio FRX del Departamento de Química, Instituto Peruano de Energía Nuclear. E-mail: polivera@ipen.gob.pe

*** Docente nombrado de aula - Institución Educativa Primaria de Menores N.º 70479.

**** Egresada, Universidad Nacional del Altiplano.

ABSTRACT

With this investigation, we intend to contribute to the understanding of the educative community about the risks in a classroom, our goal is to talk about the pollution by radon, which is dangerous in high concentrations; the risks depend on several factors like the geological characteristics, ventilation, and uranium and radio concentration in the floor and walls. We also include the determination of the concentration of radon in two schools near the most important uranium deposit of Peru.

Key words: Uranium, radon, Puno, pollution, schools.

INTRODUCCIÓN

Más de 2/3 partes de la población infantil tienen su salud y, desgraciadamente sus vidas, amenazadas por riesgos medioambientales en sus casas, en los lugares donde aprenden, juegan y trabajan [1, 2]. La denominada "*crisis infantil*" consiste en que cada día fallecen más de 40 000 niños por malnutrición y enfermedades infectocontagiosas [1, 6]. Las causas inmediatas de esta "*crisis infantil*" son los agentes medioambientales, biológicos y químicos que contaminan el aire, agua, alimentos y suelos, tales como el radón [4].

El radón es un gas incoloro, inodoro, e insípido que se origina por la desintegración del uranio contenido en el suelo y rocas de la corteza terrestre. Penetra a través del suelo por fisuras y otras aberturas de los edificios al ambiente doméstico. Además, el radón se desintegra en otras partículas radiactivas que pueden ser inhaladas y quedar retenidas en las células mucosas del aparato respiratorio y parénquima pulmonar. Las pequeñas cargas de radiación van dañando el parénquima broncopulmonar y con el paso del tiempo aumentan el riesgo de cáncer pulmonar. Cada año la Agencia de Protección Ambiental (Environmental Protection Agency) atribuye entre 7000 a 30 000 muertes por cáncer al radón, siendo la segunda causa de morbilidad por cáncer broncopulmonar en seres humanos. El riesgo individual de sufrir cáncer pulmonar asociado al radón depende principalmente de dos factores: nivel de radón y duración de la exposición [9].

El uranio, un elemento radiactivo

El uranio natural está distribuido en toda la tierra, se compone de tres isótopos: ^{238}U , ^{235}U y ^{234}U que son radioactivos. El núcleo de los elementos radioactivos es inestable, significa que el mismo se transforma en otros elementos, típicamente mediante la emisión de partículas y algunas veces absorbiendo partículas. El proceso conocido como desintegración espontánea, es generalmente emisión de las partículas alpha o beta del núcleo. Esto, a menudo está acompañado por una radiación gamma, la cual es una radiación electromagnética como los rayos X. Estas tres clases de radiación tienen diferentes propiedades en algunos aspectos, pero son todas radiaciones ionizantes, cada una tiene suficiente energía para invalidar el grado de afinidad química, por eso poseen la habilidad de dañar y destruir las células vivas. En el uranio seco prevalece el isótopo uranio-238 que tiene una vida media de cerca de 4,5 millones de años.

El uranio en Perú

Nuestro país posee una gran riqueza uranífera, ubicada en el departamento de Puno, provincia de Carabaya, distrito de Macusani. En un informe reciente preparado bajo el auspicio del OCDE (Organismo de Cooperación para el Desarrollo Económico) para la energía nuclear y el OIEA, se señala que existe posibilidades de encontrar 6000 toneladas de uranio [12],

Por lo tanto, presumimos que el potencial de radón en Macusani es alto debido a la concentración alta de uranio; y para comprobarlo se hizo diversos tipos de muestreo in situ y en laboratorio (IPEN). El propósito de este trabajo es la determinación de la concentración del ^{222}Rn en el aire, mediante la adsorción en carbón activado y la posterior medición de las hijas, en espectrometría gamma.

El radón una amenaza para las escuelas

El gas ^{222}Rn es el isótopo radioactivo más peligroso del radón. Constituye la fuente más importante de la radiación natural. Se ha estimado que el ^{222}Rn y sus descendientes de corto periodo como el ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po ... ^{206}Pb (este último es estable) contribuyen con las tres cuartas partes de la dosis efectiva anual recibida por el hombre de las fuentes terrestres naturales; y es responsable de aproximadamente la mitad de la

dosis recibida de la totalidad de las fuentes [12]. Debido a esto, es importante realizar el control de niveles de radón en las escuelas, dado que los niños son más sensibles a la radiación electromagnética ionizante.

Por otra parte, el grupo de vida media larga contribuye poco a la exposición a la que se ven sometidos los pulmones, puesto que el primer nucleido, el ^{210}Pb , tiene una vida media de 22.3 años, con lo que tendrá una alta probabilidad de ser eliminado por el propio organismo antes de su desintegración. Una fracción pequeña del radón atraviesa los capilares sanguíneos, incorporándose a la sangre, que la distribuye por el organismo, y podría acumularse en el tejido adiposo [8]

Polución de radón en las escuelas

Ya que todas las rocas y el suelo son ligeramente porosos el ^{222}Rn logra difundirse a través de ellos a la superficie de la corteza terrestre [8].

Esta es la razón por la cual puede estar presente en el aire o en el agua a la que los seres vivos siempre tenemos acceso; es un emisor de partículas alfa de 5,499 MeV de energía, el tiempo de vida media del ^{222}Rn es de 3.82 días lo cual es suficientemente grande como para difundirse a través del aire y llegar hasta el interior de los pulmones. En los últimos años la atención hacia las emanaciones de ^{222}Rn ambiental ha crecido drásticamente. Hasta antes de la década de los años sesenta se pensaba que las elevadas concentraciones de radón en interiores era un asunto asociado a la inadvertida presencia de desechos industriales y residuos de minas en construcciones aledañas a estos. Observaciones efectuadas en Canadá y Estados Unidos en los años ochenta encontraron una alta incidencia de habitaciones ordinarias con niveles elevados de radón. Este fenómeno, ahora ampliamente conocido, llamó la atención a la comunidad científica. Una cuestión más significativa es que el nivel estimado de riesgo de salud asociado con los niveles promedio del radón en interiores es mucho más alto que los niveles de los otros contaminantes ambientales cancerígenos [9].

II. OBJETIVOS DEL ESTUDIO

- Dar a conocer a la comunidad educativa (profesores en la educación pública y privada) de las posibles amenazas radiológicas del ^{222}Rn (cancerígeno a elevadas concentraciones) que ocurren en forma natural y espontánea.

- Determinar la concentración de ^{222}Rn en dos escuelas publicas del departamento de Puno.
- Estimar la dosis efectiva recibida por los estudiantes de las instituciones educativas mencionadas.

III. MATERIAL Y MÉTODO

En nuestro trabajo utilizamos diversos materiales e instrumentación como los siguientes:

- Cartuchos de carbón activado.
- Cadena de espectrometría Gamma.
- Encuestas realizadas.
- Computadoras.

En nuestro trabajo utilizamos la siguiente metodología:

Para la detección de ^{222}Rn utilizamos la forma pasiva de medir el mencionado radionúclido.

En espectrometría gamma la actividad de un radionúclido viene dada por la expresión [11]:

$$A = \frac{N}{\epsilon_p P_\gamma T} \quad (1)$$

Donde N es el número neto de cuentas en el fotópico de interés, T es el tiempo de recuento y P_γ es la probabilidad de emisión. Para obtener la eficiencia de fotópico en una muestra real (ϵ_p), definiremos el factor de corrección como: $f = \epsilon_p / \epsilon_c$ donde ϵ_c es la eficiencia de fotópico en la muestra de calibración empleada, fosfato roca, una matriz de calibración sólida. Asumiendo que los fotones emitidos por la muestra inciden normalmente en el detector (geometría cilíndrica), el número de fotones transmitidos sin interactuar en la muestra.

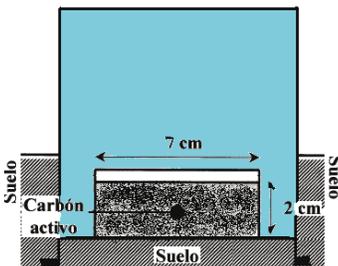


Figura 1. Este es un esquema representativo de la forma en que se trabajó con cartuchos y portacartuchos de carbón activado.

A continuación, el carbón activado se sella con unas tapas que impiden la salida del gas ^{222}Rn , el cual alcanzará el equilibrio con sus descendientes a las 4 horas y estará preparado para su análisis en el laboratorio. La cantidad de ^{222}Rn absorbida en el carbón activado es determinada por espectrometría gamma a partir del fotópico de 609-keV del ^{214}Bi , descendiente del ^{222}Rn .

La determinación de la exhalación (E) en $\text{Bq m}^{-2} \text{ min}^{-1}$ se llevará a cabo mediante la siguiente expresión general [12]

$$E = \frac{N\lambda e^{\lambda t_d}}{\varepsilon S(1 - e^{-\lambda t_c}) CF(h)} \quad (2)$$

Donde:

N: número neto de cuentas registrado en la zona del espectro analizada,

ε : eficiencia de detección del método espectrométrico en cpm/Bq.

λ : constante de desintegración radiactiva del ^{222}Rn expresada en minutos⁻¹.

t_c : tiempo de contaje empleado.

t_d : tiempo transcurrido desde el final de la exposición del cartucho de carbón hasta el comienzo de su contaje, (t_c y t_d expresados ambos en minutos).

CF(h): es un factor de calibración que para un tiempo de exposición dado depende fundamentalmente de la humedad retenida en el carbón [12].

S: área del cartucho, área de la base del cartucho en contacto con el suelo.

IV. RESULTADOS

Cabe mencionar que la investigación fue desarrollada en el departamento de Puno, lugar donde existe una importante concentración de uranio; posteriormente se hicieron mediciones con espectrometría gamma en los laboratorios del Instituto Peruano de Energía Nuclear que demostraron lo siguiente.

A continuación se muestra los resultados obtenidos del estudio realizado, se trabajó paralelamente en dos instituciones educativas:

- Institución educativa Secundaria Mariano Melgar Ayaviri, se encuentra en la provincia de Melgar, departamento de Puno, zona que está ligeramente alejada del yacimiento uranífero.

- Institución educativa Secundaria José Macedo Mendoza Macusani, se encuentra en la provincia de Carabaya, departamento de Puno, zona que se encuentra muy próxima al yacimiento de uranio.

Grupos	AYAVIRI	MACUSANI
Concentración; Bq/m ³	21.074	105.323
Promedio, horas en casa diarias	14.07 horas	15.68 hrs
Promedio, horas en clase diarias	5.53 hrs	6.11 hrs
Dosis efectiva por permanencia en clase	0.047 mSv	0.264 mSv
Concentración de uranio en el suelo ppm (FRX)	4 ppm	23.3 ppm

DISCUSIÓN

Los autores dan a conocer las siguientes discusiones:

- Creemos que siendo un país con un potencial importante de uranio que trae consigo riesgos cancerígenos a concentraciones elevadas de Radón, debemos informar masivamente sobre la ventilación diaria de las aulas de clase y siempre estar informados del nivel de concentración de radón que tienen nuestras aulas.
- La distribución de uranio en la tierra es global, y deseamos dar a conocer que no solo existen elevadas concentraciones en lugares cercanos a yacimientos de uranio, sino que, por el contrario, esto también depende del factor de ventilación y características geológicas relacionadas con sismos.

CONCLUSIONES

A pesar que el distrito de Macusani se encuentra amenazado por el radón, nuestros resultados se encuentran por debajo del límite permisible establecido por la OMS y la EPA.

En cuanto a la Dosis efectiva percibida por los alumnos de acuerdo con la tabla de conversiones, obtenemos que para la IESMMA la dosis efectiva es de 0.047 mSv y para la IESJMM es de 0.264 mSv; estos resultados son un estimado, sólo para el tiempo que están en clases durante un año. El hecho de que se haya encontrado resultados debajo de los límites permisibles no quiere decir que no hay riesgo de cáncer, este resultado solo nos dice que el riesgo podría ser controlado.

La concentración de uranio y torio en un suelo normal se encuentra entre 4 a 7 ppm [9] y en una muestra extraída del muro de la institución educativa José Macedo Mendoza, analizada mediante la Técnica de Fluorescencia de rayos X, da resultados de 23.3 ppm de uranio y de 19.5 ppm de torio.

VII. AGRADECIMIENTO

Los autores deseamos agradecer al IPEN por haber permitido realizar mediciones de radón y a las Instituciones educativas mencionadas por cooperar con nosotros.

BIBLIOGRAFÍA

Alberman E., Pharoah POD (1997). Children. En: Detels R, Holland WW, Mc Ewen J, Omenn

GS, eds. Oxford Textbook of Public Health. 3 th edition. New York: Oxford University Press.

Berenguer Subils, M. J. Indoor air quality: radón Ilo Encyclopaedia of Occupational Health and Safety. 4ª edición. Ginebra (en prensa).

COMISIÓN DE LAS COMUNIDADES EUROPEAS. Recomendación de la Comisión de 121990 relativa a la protección de la población contra los peligros de una exposición a radón en el interior de edificios (90/143/Eu-atom). D.O.C.E. L80, 2628.

CSN (Consejo de Seguridad Nuclear). Dosis de Radiación CSN, Madrid, 1992.

Environmental Implementation Guide for Radiological Survey Procedures February 1997 U.S.

Department of Energy Assistant Secretary for Environment, Safety and Health Washington, D.C. 20585

Evans, R. D. (1969). Engineers guide to the elementary behavior of radon daughters. Health physics. Pergamon press. Vol. 17, pp. 229-252.

Griffiths R, Sanders P. Reducing Environmental Risks. En: Detels R, Holland WW, Mc Ewen J, Omenn GS, eds. Oxford Textbook of Public Health. 3 th edition. New York: Oxford University.

Autores. Griffiths R, Sanders. 1997. Reduciendo el riesgo ambiental. Editora oxford de la Universidad de Oxford. Libro de publicación en la salud tercera edicion Nueva Cork.

Haque, A.K.M.M. y E. Kirk (1992). Environmental Radón and Cancer Risk. Radiation Protection Dosimetry Vol 4S N° ¼ nuclear technology Publishing, USA pp. 639-642.

Nazaroff, W.W. y A. V. Nero (1988). Radon and its decay products in indoor air. John Wiley & Sons, USA, pp 1-30.

Quindós, L. S., J. Soto y Fernández (2000). Measurements the exhalation rate of ^{222}Rn from solid samples. Huelva.

San Miguel, E. G., J. P. Pérez, J. P. Bolívar, R. García (—). Determinación de ^{238}U en sedimentos por espectrometría Gamma. Departamento de Física aplicada, EPS La Rábida 21819-Palos, Huelva, España.

Satterthwaite D, Hart R, Levy C, Mitlin D, Ross D, Smith J, Stephens C. (1996). The Environment for Children. United Nations Children's Foundation (UNICEF). London: Earthscan Publ Ltd.

Garzón Ruipérez L., 1992. <http://www.usc.es/genp/lar/esp/servicios/servicioradon/inforadon.htm#Garz%F3nRuip%E9rez1992#Garz%F3nRuip%E9rez1992>

UNSCEAR (1993). United Nations Scientific committee on the effect of atomic radiation.

Sources and effects of ionizing radiation. Report to the General Assembly with scientific Annexes. New York: United Nations, 45.