

# Concentraciones de Radón en la Zona Urbana de la Parroquia Cristo de Aranza, Estado Zulia, Venezuela. Nota Técnica

**Tony J. Viloría<sup>1</sup>, Daniel Palacios<sup>2</sup>, Laszlo Sajo Bohus<sup>2</sup>, Rafael Núñez<sup>1</sup>  
y Guillermo Fernández<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>La Universidad del Zulia, Facultad Experimental de Ciencias, Dpto. de Física, Laboratorio de Ciencias Cuánticas Aplicadas (LCCA), Maracaibo, Venezuela. <sup>2</sup>Universidad Simón Bolívar, Dpto. de Física, Apartado 89000, Caracas, Venezuela.

Recibido: 15-03-04 Aceptado: 15-09-04

## Resumen

El vínculo entre la prolongada exposición al radón y el riesgo de incidencia de cáncer de pulmón o estomacal, hace de la labor de ubicar las zonas con altos niveles de radón, un aspecto importante en la salud pública. Una de las principales fuentes del radón en el interior de las casas es el radio contenido en el suelo y en los materiales de construcción de los cuales estas están hechas; el radón se introduce en las casas a través de fisuras que comunican el suelo con el interior de las mismas, debido a la diferencia de concentración del gas y/o presión en ambos medios. Por el lapso de 5 meses se llevaron a cabo mediciones de radón en el suelo adyacente a 15 casas de la zona urbana de la parroquia Cristo de Aranza, ubicada al sur del municipio Maracaibo del estado Zulia, Venezuela. La técnica utilizada fue la de la cámara de difusión, esta se enterró a una profundidad de 0,60 m. Se usaron los detectores de trazas LR-115 Tipo II de la Kodak-Pathe. Los resultados de las mediciones permitieron la conformación de un mapa preliminar de riesgo para el radón, y la confrontación de los tipos de cáncer y las concentraciones obtenidas en las adyacencias de los puntos de control. Este trabajo resume la primera fase de un trabajo más detallado el cual se encuentra en ejecución por el Laboratorio de Ciencias Cuánticas Aplicadas (LCCA).

**Palabras clave:** Cáncer; LR-115; partículas alfa; Radón.

## Radon Concentrations of the Urban Zone of Cristo de Aranza in Zulia State, Venezuela. Technical Note

### Abstract

The link between the long exposition to radon and the hazard of lung or stomacal cancer, make the labor of locate zones of high risk a very important aspect of the public health. One of the principal sources of radon inside of the houses is the radio contents in the soil and the building materials which they are built of; the radon can get into the houses through the fissure that communicate the soil with the interior of the houses, due to the difference gas concentration or pressure in both media. In the interval of 5 month were carried out the measurements of

\* Autor para la correspondencia. E-mail: tviloría@luz.edu.ve

radon from the soil adjacent to 15 houses in the urban zone of Cristo de Aranza parish, located in the south of Maracaibo town of Zulia state, Venezuela, by the diffusion camera technique, which was buried at 0.60 m of depth. Were used the tracks detectors LR-115 type II of the Kodak Pathe. The results of these measurements allow us to configure a previous map of risk for the radon to confront the types of cancer and the concentrations found in the adjacents of its location. This paper summarizes the first phase of a more extensive work which is now been carried out by the Laboratory of Applied Quantum Science (LAQS).

**Key words:** Alpha particles; cancer; LR-115; Radon.

## 1. Introducción

El radón es un gas radiactivo de origen natural, incoloro, insípido e inodoro el cual tiene un peso significativo en el riesgo de incidencia de cáncer de pulmón. La exposición al radón ambiental y sus hijas es la contribución más grande a la dosis natural de radiación recibida por el hombre (52%) (1). La inhalación de este gas y sus hijas radiactivas Po, Pb y Bi, las cuales tienden a adherirse al polvo en el aire, pueden llegar según las dimensiones de las partículas a las zonas más internas de nuestros pulmones depositándose en ellas y bombardeando las delicadas células con partículas alfa producto del decaimiento, causando un eventual daño al ADN de las células de los pulmones y con ello aumentando el riesgo de contraer cáncer. Un incremento en la incidencia de cáncer de pulmón ha sido reportado en numerosos estudios epidemiológicos sobre grupos expuestos a altas dosis de radón (tales como los mineros de uranio) y algunos pequeños estudios han sugerido también un elevado riesgo entre los individuos que viven o trabajan en edificios con más moderados niveles de radón y sus productos de decaimiento (2). Además se ha encontrado que la interacción del radón con el humo del cigarrillo incrementa el riesgo de cáncer de pulmón (1, 3, 4, 5). Como resultado la USEPA estima que entre 5.000 y 20.000 de las 125.000 muertes por cáncer de pulmón cada año en los Estados Unidos pueden ser atribuidas a la exposición al radón (6). La mayoría de las personas pasan por lo menos el 70-80% de su tiempo en lugares cerrados, y algunos, como los niños y los enfermos crónicos, pueden

estar dentro de sus casa casi el 100% de su tiempo. En nuestra sociedad las amas de casa y los niños son quienes más tiempo pasan en el interior de las casas. Basándose en estas relaciones se han establecido estándares para las concentraciones permitidas de radón en casas y oficinas, tales como los valores recomendados por la EPA de 4pCi/L (148 Bq/m<sup>3</sup>) (6).

La concentración de radón en el interior de las casas es producto de dos eventos que ocurren en diferentes lugares, (i) la generación y migración del gas en el suelo sobre el cual se encuentra la casa y el que la rodea (la geología del suelo y su permeabilidad (7), parámetros meteorológicos y climáticos (8, 9) y (ii) la entrada y acumulación del gas en las casas. El segundo evento es característico de cada casa ya que éste dependerá del tamaño y número de las entradas (grietas en el piso, uniones abiertas, etc.), las características de la casa (niveles de ventilación, concentración de aerosoles, aire acondicionado, etc.) y los hábitos de los residentes (aireado de las habitaciones, limpieza del polvo, etc.). Ball et al. (10) sugiere que la concentración de radón en las casas y pisos bajos de los edificios está muy relacionado con la concentración en el suelo, a pesar de que no hay un método establecido para estimar los niveles de radón intramuros usando los resultados de la concentración del radón en el suelo debido a la complejidad del modelo matemático, el cual involucra un gran número de variables. Las propiedades físicas del suelo son de suma importancia al momento de establecer su contribución a la concentración del gas ra-

dón; elementos tales como la porosidad, la permeabilidad, la compactación, entre otros determinan el grado de exhalación del suelo; entre los factores externos que pueden influir en la variación de estas características encontramos las precipitaciones, la relación entre éstas resultó según lo esperado, ser inversamente proporsional a la concentración de radón medida en el suelo.

El presente trabajo forma parte de una primera etapa de un proyecto epidemiológico detallado, que pretende determinar el grado de contribución de la concentración del gas radón, al cual se exponen los habitantes de la parroquia Cristo de Aranza, en la incidencia de cáncer de pulmón y cáncer estomacal. Para tal fin se inició con la determinación de la concentración de radón en el subsuelo y la aplicación de un instrumento preliminar de 17 items con el objetivo de ubicar en torno a los puntos de control los casos de cáncer y discriminar sus posibles causas a grandes rasgos. Este primer trabajo ha establecido una primera base de datos para una parte de la zona urbana de la parroquia Cristo de Aranza, la cual fué utilizada para la conformación de un mapa de riesgo en el cual se identifican las zonas de alto riesgo relativo. Estos datos fueron complementados con los resultados de la encuesta.

## 2. Materiales y Metodología

Sobre un mapa de la zona se dibujó una malla cuadrículada cuyos lados representaban una longitud característica de 200 m (Figura 1). En los puntos de intersección de la misma se ubicaron 15 hogares; en el patio de cada una de estas casas se perforó un hueco de 0,60 m de profundidad y un poco más de 0,07 m. de diámetro en el cual se introdujo un tubo PVC de 0,07 m de diámetro y 0,60 m de largo, el cual sirvió de guía y protección para la cámara de difusión de radón la cual consistió de un envase de aluminio de 259 mL y 0,06 m de diámetro en el que se introdujo un trozo de anime del mismo diámetro y un centímetro de espesor, a éste se le hizo una incisión en la que se le introdujo 4 mm. de una lámina del

detector de trazas nucleares utilizado (LR-115, tipo II de la Kodak-Pathe), de dimensiones 1,5 cm x 3,0 cm; al extremo del detector introducido se le hizo previamente una muesca, como señal para no contabilizar esta área al momento del conteo y tener, además, la orientación de la misma. El extremo abierto del envase fue cubierto con una película plástica, gas permeable, (PVC marca Envoplast), con la finalidad de evitar el paso de polvo o vapor de agua que pueda depositarse sobre la lámina detectora, evitando que las partículas alfa impacten la película, con lo cual se cometería un error por defecto. Este problema es más acentuado en las regiones tropicales (4, 5, 11); por otro lado evita que las partículas alfa emitidas por la desintegración de los radionúclidos presentes en el suelo lleguen a impactar la película con lo cual se obtendría un falso valor por encima del correcto (error por exceso). Según los fabricantes el Envoplast posee un espesor de 12  $\mu\text{m}$  y está formado por cloruro de polivinilo (PVC) con ciertos aditivos: plastificantes, diopatos, estabilizantes y antiempañante.

Los detectores se expusieron por un promedio de 30 días y se trataron químicamente "etching"; este proceso se llevó a cabo siguiendo las instrucciones del proveedor, sometiendo las láminas a un baño de hidróxido de sodio (NaOH) a 2,5 N (100g/L) a 60°C durante 90 minutos. Al realizar el revelado de manera adecuada, el aspecto y características de las láminas no varían, a excepción de las zonas donde cada lámina es sujeta para su inmersión, en las cuales la nitro de celulosa es removida totalmente.

Para realizar los conteos, se transformó la densidad de trazas por área en concentración expresada en  $\text{kBq}/\text{m}^3$ . La ecuación que relaciona ambos parámetros es:

$$C = (MN) / D [\text{Bq.} / \text{m}^3] \quad [1]$$

donde C es la concentración de radón en  $\text{kBq}/\text{m}^3$ ; M es el factor de conversión; N es la



Figura 1. Plano de la parroquia Cristo de Aranza.

densidad de trazas por  $\text{cm}^2$ ; D es el número de días de exposición.

Diferentes autores utilizan factores de conversión que oscilan entre 1,0 y 2,3 (10); en este trabajo se usó el factor 1,72  $\text{cm}^2$  kBq/ número de trazas por  $\text{m}^3$ , el cual es un valor empírico promedio conseguido por investigadores como Hakam K., Lferde M. y Berrada M. (11), en cámaras de calibración en el laboratorio.

Aplicando un factor de modificación de unidades, se obtuvo 0,0718 ( $\text{cm}^2$  kBq día/trazas  $\text{m}^3$ ) para convertir las "trazas / $\text{cm}^2$  día" en "kBq/ $\text{m}^3$ ". Esto nos permitió poder calcular las diferentes concentraciones que caracterizaron los diferentes puntos de la zona.

Con la finalidad de determinar cómo inciden las precipitaciones en la concentración de radón medida en el suelo se llevaron a cabo mediciones entre el 26-02-2003 y 26-03-2003, época de verano y entre el 26-05-2003 y 26-06-2003 época de lluvia; resultados que se discutirán más adelante.

La encuesta se llevó a cabo en un promedio de 5 hogares por punto de control. Se cubrió una población de 375 personas de diferentes edades y sexo. El instrumento incluía variables tales como: edad, sexo, ocupación, consumo de tabaco, convivencia con algún consumidor de tabaco, enfermedades crónicas de las vías respiratorias, enfermedades crónicas del sistema digestivo, casos de cáncer en sus ascendientes, tiempo de construida la vivienda, tiempo de habitar en

Tabla 1  
Concentraciones de radón para diferentes épocas del año

Época de Medición	Número de Detectores	Concentración (KBq/m <sup>3</sup> )			Desviación Estándar
		Promedio	Mínimo	Máximo	
Febrero-Marzo	14	28,84	4,30	59,55	19,58
Mayo-Junio	15	10,21	2,71	18,83	4,79

Fuente: Resultados obtenidos en el revelado de las trazas según la metodología establecida.

ella, tipos de materiales de construcción, uso de aire acondicionado, condiciones de las paredes y suelo de la vivienda, entre otros. Geográficamente se cubrió un área aproximada de 100 m de radio alrededor de cada punto de control.

### 3. Resultados

Los resultados muestran un espectro amplio en la concentración del radón, con un mínimo de 4,30 KBq/m<sup>3</sup> y un máximo de 59,55 KBq/m<sup>3</sup> entre el 26/02/2003 y el 26/03/2003 y un mínimo de 2,71 KBq/m<sup>3</sup> y un máximo de 18,33 KBq/m<sup>3</sup> entre el 26/05/2003 y el 26/06/2003 (Tabla 1).

El promedio de la concentración entre el mes de febrero y marzo fue de 28,87 KBq/m<sup>3</sup>, mientras que entre los meses de mayo y junio fue de 10,43 KBq/m<sup>3</sup> lo que corresponde a una variación del 63,87%, que pudiera adjuntársele a las precipitaciones, que tuvieron lugar entre los meses de mayo y junio; en parte esta disminución en la exhalación de radón del suelo puede ser explicada considerando la atenuación que produce el agua que llena los espacios entre los granos que conforman la tierra.

La encuesta arroja un total de 7 casos de cáncer entre las personas que han transcurrido o transcurrieron la mayor parte de su vida en esta región; entre estos casos encontramos uno de ganglios, dos de próstata, uno de mamas, uno de garganta y dos estomacal. En la Tabla 2. podemos observar la

Tabla 2  
Comparación entre el tipo de cáncer y la concentración de radón adyacente a la zona en la que se ubicó el cáncer

Tipos de Cáncer	Concentración (KBq/m <sup>3</sup> )
	Feb/Mar - May/jun.
Estomacal	58,81 - 16,97
Estomacal	50,04 - 13,78
Garganta	19,84 - 3,92
Mamas	18,95 - 4,55
Próstata	18,95 - 4,55
Próstata	7,40 - 5,70
Ganglios	- 7,02

Fuente: Datos recolectados por medio de encuestas por el equipo del Laboratorio de Ciencias Cuánticas Aplicadas.

relación entre los tipos de cáncer y las concentraciones de Radón.

### 4. Conclusiones

El presente trabajo muestra una importante variación en la exhalación de radón del suelo entre la época de verano y la época lluviosa, lo que pudiera explicarse si consideramos que la difusión del gas radón entre los poros del suelo será mayor si entre ellos hay aire y no agua. Por otro lado, llama la atención la "coincidencia" entre los valores máximos obtenidos para las concentraciones de radón en el suelo y los casos de cáncer estomacal y aun más si tomamos en

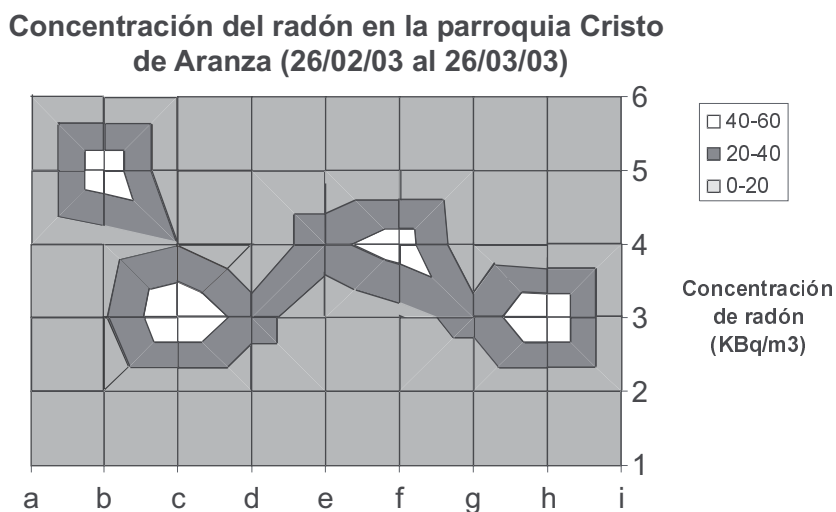


Figura 2. Concentración de radón en la Parroquia Cristo de Aranza (26-2-03 al 26-3-03).

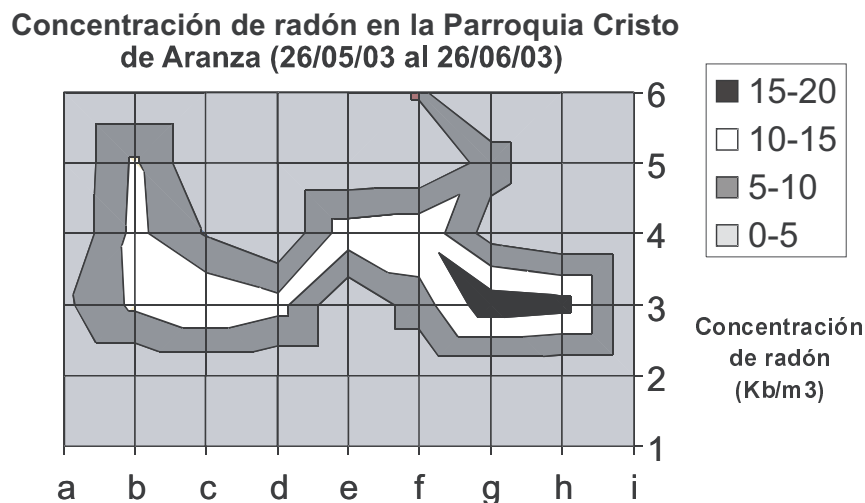


Figura 3. Concentración de radón en la Parroquia Cristo de Aranza (26-5-03 al 26-6-03).

cuenta que el radón puede llegar al sistema digestivo a través del agua.

Creemos pertinente la continuación de este proyecto en el que debe incrementarse los puntos de control, medir las concentraciones de radón intramuros, medir las concentraciones de radón en el agua utilizada por la población de la parroquia de Cristo de Aranza, incrementar la población en el estudio epidemiológico, incluir nuevas variables en el instrumento que nos permitan descartar

posibles agentes cancerígenos y sostener la estadística en el tiempo.

### Referencias Bibliográficas

1. LOWDER W.M. Radon monitoring in radio-protection, environmental radioactivity and earth sciences.
2. L. TOMMASINO, FURLAN G., KHAN H.A., MONNIN M. (Eds.), World Scientific, Singapore, 1989.

3. HOPKE P.K. Radon and its decay products: Occurrence, properties and health effects. American Chemical Society Symposium Series v. 331, p. 22, 1987.
4. EL HUSSEIN A., AHMED A., MOHAMMED A. **Appl Radiat Isot** 49: 783, 1998.
5. REYNA M., LÓPEZ G., **Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica** 23(2): 68-73, 2002.
6. CONOBA A., LÓPEZ F. O., ARNAUD M.I., OLIVEIRA A.A., NEMAN R.S., HADLER J.C., IUNES P.J., PAULO S.R., OSORIO A. M., APARECIDO R., RODRIGUEZ C., MORENO V., VASQUEZ R., ESPINOSA G., GOLZARRI J.I., MARTÍNEZ T., NAZARRETE M., CABRERA I., SEGOVIA N., PEÑA P., TAMÉZ E., PEREYRA P., LÓPEZ M.E., SAJO-BOHUS L. **Geofísica Internacional** 41(4): 453-457, 2002.
7. EPA. A citizen's guide to radon (second edition) The guide to protecting yourself and your family from radon ANR-464, May 1992.
8. ARVELA H., VOUTILAINEN A., HONKAMAA T., ROSENBERG A. **Health Phys** 67: 254, 1994.
9. Steinhausler F. **Health Phys** 29: 705, 1975.
10. MOSE G.D., MUSHRUSH W.G., CHROSNIAK E.C. **Env Mol Mutag** 17: 223, 1991.
11. BALL T.K., CAMERON D.G., COLMAN T.B., ROBERTS P.D. **Env Geol** 24: 169-182, 1991.
12. MAHAT R.Y., AMIN, T. PRABAKARAN, SIVASUBRAMANIAM P. **Nucl Traks Radiat Meas** 19 (1-4): 367-368, 1991.
13. AZIMI-GARAKANI D. **Radiation protection dosimetry** 47(1-4): 697-699, 1993.
14. HAKAM K., LFERDE M., BERRADA M. **Appl Radiat Isot** 46(6-7): 483-484, 1995.