

## Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica

Volumen  
Volume **26**

Número  
Number **2**

Septiembre  
September **2005**

*Artículo:*

Detección de gas radón (Rn)  
intradomiciliario en 25 hogares de  
Mexicali, BC usando pruebas cortas

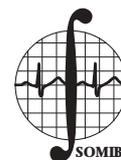
Derechos reservados, Copyright © 2005:  
Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, AC

Otras secciones de  
este sitio:

- 📖 Índice de este número
- 📖 Más revistas
- 📖 Búsqueda

*Others sections in  
this web site:*

- 📖 *Contents of this number*
- 📖 *More journals*
- 📖 *Search*



# Detección de gas radón (Rn) intradomiciliario en 25 hogares de Mexicali, BC usando pruebas cortas

Noé Salvador Ruiz Ortiz,\*  
Marco Antonio Reyna Carranza\*\*

\* Centro de Estudios Superiores del  
Estado de Sonora. SLRC. E-mail:  
noesruiz2000@yahoo.com.mx

\*\* Instituto de Ingeniería de la UABC. E-  
mail: mreyna@iing.mx1.uabc.mx

## Correspondencia

Marco Antonio Reyna Carranza  
mreyna@iing.mx1.uabc.mx

Artículo recibido: 11/octubre/2005

Artículo aceptado: 27/enero/2006

## RESUMEN

El gas radón produce problemas de contaminación radiológica ambiental, por lo que es importante determinar y conocer los niveles intradomiciliarios. La *Environmental Protection Agency* (EPA), considera a este gas como la segunda causa de cáncer del pulmón después del tabaquismo. En este trabajo se midieron las concentraciones de gas radón ( $Rn^{222}$ ) en 25 hogares de la ciudad de Mexicali, BC, con el objeto de explorar sus niveles; posteriormente usarlos de referencia en programas de salud pública. Las muestras se ubicaron en dos estratos, colonias con servicio de pavimentación y colonias sin este servicio; el muestreo se llevó a cabo durante los meses de enero y febrero del 2005, utilizando *Kits* de pruebas cortas de carbón activado que cumplen con la normatividad de la EPA. Estas pruebas se enviaron a los EUA al *Alpha Energy Laboratories* para su análisis. En los resultados se encontró un valor promedio de 0.792 pCi/L de aire y de 0.7310 pCi/L de aire para los estratos no pavimentados y pavimentados respectivamente. El promedio general fue de 0.760 pCi/L aire.

## Palabras clave:

Radón, cáncer, Mexicali, contaminación intradomiciliaria.

## ABSTRACT

Radon gas produces problems of environmental radiological contamination, reason why it is important to determine and to know the indoor levels. The Environmental Protection Agency (EPA), considers this gas like the second cause of human lung cancer after the smoking. In this work the radon gas concentrations ( $Rn^{222}$ ) were measured in 25 homes of the city of Mexicali, BC, with the intention of exploring their levels; later to use them of reference in programs of public health. The samples were located in two layers, colonies with the service of paving and colonies without this service; the sampling was carried out during the months of January and February on 2005, using short test Kits of activated charcoal under norm of the EPA. These tests were sent to the USA to the Alpha Energy Laboratories for their analysis. In the results was a average value of 0,792 pCi/L of air and 0,7310 pCi/L of air for the layers paved and not paved respectively. The general average was of 0,760 pCi/L of air.

## Key Words:

Radon, cancer, Mexicali, indoor air pollution.

## INTRODUCCIÓN

En los países industrializados el hombre urbano pasa en promedio alrededor del 75% del tiempo en ambientes cerrados y en algunos casos (el grupo de niños, de enfermos crónicos y de ancianos) esta cifra se eleva en un 90%. Esto explica el creciente interés que está adquiriendo el conocer y estudiar los contaminantes ambientales presentes en interiores, específicamente de aquellos que pueden tener efectos significativos sobre la salud<sup>1,2</sup>.

Desde el punto de vista de la contaminación radiactiva, en los últimos años ha aumentado la preocupación por el peligro que la acumulación de gas radón en el interior de edificios puede representar para las personas que lo ocupan<sup>1</sup>. Según estudios realizados en Estados Unidos el gas radón representa el segundo factor de riesgo de cáncer de pulmón después de fumar<sup>3,4</sup>.

Las partículas radiactivas que el radón emite al descomponerse pueden quedar atrapadas en los pulmones y causar cáncer. A medida que continúa descomponiéndose en el interior de éstos, se despiden partículas alfa, pequeñas cantidades de energía que pueden dañar al tejido pulmonar y alterar el DNA<sup>2,5,10</sup>.

El Rn<sup>222</sup>, es el isótopo más abundante, es un gas radiactivo que no tiene color ni olor, proviene de la descomposición natural del uranio y tiene una vida media de 3.8 días, se convierte emitiendo partículas alfa en un isótopo del elemento polonio y generalmente se mueve hacia arriba a través del suelo hasta el aire que respiramos<sup>6</sup>; en el ambiente se diluye rápidamente pero cuando queda retenido en el interior de los hogares con poca ventilación y bajo intercambio de aire, su acumulación puede ser altamente peligrosa. La acumulación de este gas en intramuros es debido principalmente a la diferencia de presiones que se produce al abrir y cerrar puertas. Los datos estadísticos son diversos en cuanto a la incidencia de muertes relacionadas con este gas, se estima que produce cerca de 14,000 muertes por año en los Estados Unidos<sup>3,4</sup>. Ante tal circunstancia, la EPA recomienda que se realicen pruebas cortas para la detección del gas radón en los hogares, ya que se tiene evidencia directa de una asociación entre la exposición al gas y el cáncer del pulmón en los niveles mayores de 4 pCi/L de aire y cuando se expone a niveles bajos durante periodos de tiempo largos<sup>3,5</sup>.

En el presente trabajo de investigación, se midieron los niveles de concentración de gas radón intradomiciliario de la ciudad de Mexicali, BC, Méxi-

co, aplicando pruebas cortas de carbón activado considerando una muestra de 25 hogares, tratando de obtener la mejor cobertura de la ciudad; 12 muestras fueron ubicadas en zonas no pavimentadas y 13 en zonas con servicio de pavimentación.

## ANTECEDENTES

El informe anual sobre los agentes carcinógenos 2000 del Departamento de Salud de los Estados Unidos, basado en estimaciones actuales de exposición y de riesgo, menciona que la exposición al radón en casas unifamiliares origina aproximadamente 20,000 muertes por cáncer del pulmón cada año<sup>8</sup>.

Estimaciones del Consejo de Investigación Nacional, de la Academia Nacional de Ciencias (NAS) y la EPA de los EUA según lo publicado en los informes "efectos biológicos de la radiación de ionización" (BEIR VI, 1998), y del "gravamen de riesgo del radón en agua potable 1999", mencionan que la radiactividad es peligrosa en cualquier nivel e incluso para niveles bajos del gas radón. Se considera que mueren alrededor de 700 personas cada año por exposición a niveles bajos<sup>8</sup>.

Segovia *et al.*, 2002. Menciona que en México existe poca información, acerca del riesgo que representa el radón en términos de salud, sin embargo se tiene información sobre algunos sitios del país. El equipo de Segovia realizó un estudio de medición de fluctuaciones de radón en casas del Estado de México y el Distrito Federal, con la finalidad de evaluar fluctuaciones de corta duración. Se encontró un valor promedio de 22 Bq/m<sup>3</sup> (0.6 pCi/L de aire) con incrementos esencialmente en la madrugada, que alcanzaron valores con un orden de magnitud mayor al promedio, concluyendo en su estudio que las máximas concentraciones ocurren cuando la mayoría de las personas permanecen dormidas en sus hogares<sup>9</sup>.

La EPA recomienda tomar acciones de modificación en la casa cuando los resultados de las pruebas caseras de gas radón son 4.0 pCi/L de aire o mayores, siguiendo una guía de cambios y acciones a tomar. Para niveles menores a 4.0 pCi/L de aire se menciona un cierto riesgo; si el nivel se encuentra entre 2.0 y 4.0 pCi/L de aire se recomiendan acciones para disminuir la concentración. Entre más alto sea el nivel de radón casero mayor es el riesgo para la salud de los que habitan el inmueble. Los fumadores y los no fumadores estarán en alto riesgo<sup>7</sup>.

En el Cuadro 1 se pueden observar los valores promedio de las concentraciones de gas radón para

los Estados Unidos, Reyna y López, en un estudio realizado en 95 casas de Mexicali, BC, para detectar la concentración de gas radón y asociarlo a muertes por cáncer del pulmón en la población de la ciudad, determinaron que el mayor número de muertes se presentaba en colonias que no contaban con

el servicio de pavimentación y en todos los casos siempre ocurrían con mayor frecuencia en el género femenino y que en los hogares de los fallecidos por cáncer pulmonar. Las concentraciones de radón aparecían por arriba de la de los hogares de donde no hubo casos de fallecimiento por esta patología<sup>3</sup>.

**Cuadro 1.** Concentración promedio de niveles de radón para interiores y exteriores.

Nivel de radón pCi/L	Descripción (Datos estadísticos para USA)
0.4	Concentración media de radón en el ambiente
1.3	Concentración media de radón en interiores
4.0	Nivel de referencia para modificar el hogar

Fuente: (EPA)<sup>2</sup>

## MATERIAL Y MÉTODOS

La unidad de análisis para el estudio, fueron hogares (casas habitadas por familias) de la ciudad de Mexicali, Baja California. La ubicación de las unidades en la población, se fijaron en un mapa dividido por colonias con su respectiva numeración de manzanas, actualizado hasta el año 2004 y cuya fuente es el municipio de la ciudad. El tipo de muestra fue no probabilística, con cobertura sustentada en recorridos de reconocimiento previos a la selección de las muestras.

**Cuadro 2.** Resultados de las concentraciones de gas radón por estrato.

No.	Estrato*	Colonia	Concentración pCi/L de aire
1	P	Villa Fontana	0.8
2	P	Pueblo Nuevo	0.7
3	P	Colonia Nueva	0.2
4	P	Segunda Sección	0.2
5	P	Burócrata	0.4
6	P	Compuertas	1.0
7	P	Independencia	0.2
8	P	Carvajal	0.4
9	P	Jardines del Lago	3.4
10	P	Villa del Palmar	0.2
11	P	Villa Verde	1.2
12	P	Carvajal	0.6
13	P	Villa Verde	0.2
Promedio para estrato pavimentado			0.731
14	NP	Ciprés	0.2
15	NP	Pedro Moreno	0.5
16	NP	Hidalgo	1.2
17	NP	División del Norte	0.4
18	NP	Emiliano Zapata	1.0
19	NP	Solidaridad Social	0.3
20	NP	Televisora	0.2
21	NP	Urbano Orizaba	2.3
22	NP	Rivera Campestre	0.8
23	NP	Flores Magón	0.3
24	NP	Ampliación Lucerna	0.8
25	NP	Hidalgo	1.5
Promedio para estrato no pavimentado			0.792
Promedio total			0.760

\*NP: No pavimentado P: Pavimentado

Se designaron 25 casas, 13 ubicadas en colonias con servicio de pavimentación y 12 en colonias sin el servicio de pavimentación; para establecer un análisis estadístico de contrastes entre ambos estratos, tratando de identificar variaciones espaciales que puedan indicar posibles fuentes de emanación del gas. A cada hogar se les proporcionó el procedimiento a seguir para medir los niveles de radón usando una prueba de corta duración en sus hogares, el cual establece que la casa debe permanecer cerrada mínimo 12 horas antes de la aplicación, excepto para entrar y salir de ésta. La duración de la permanencia de la prueba con el *Kit* de carbón activado fue de dos días (48 horas), invalidándose si la prueba se alargaba hasta 96 horas.

Las muestras se tomaron en los meses de enero y febrero del 2005, enviándose para su análisis a través del correo norteamericano al laboratorio certificado por la EPA *Alpha Energy Laboratories* de Carrollton, Texas, a su vez el laboratorio informó sobre los resultados a una cuenta de correo electrónico personal proporcionada por los responsables del proyecto.

El estudio es de carácter exploratorio, en la cual no se concluye sino se hace un análisis descriptivo con el fin de documentar los resultados, los cuales podrán ser utilizados en investigaciones futuras de

inferencia estadística tratando de establecer relaciones de causa-efecto.

### RESULTADOS

El Cuadro 2 muestra las colonias que se tomaron en cuenta para realizar el muestreo y las concentraciones de radón en pCi/L de aire. Los cambios de nivel de gris dentro de la tabla indican el estrato en el cual se ubica cada casa. La Figura 1 muestra la distribución espacial de las mediciones, y una división vertical al centro de la ciudad marcada con una línea, para referencia de orientación este-oeste. El Cuadro 3 presenta las frecuencias absolutas.

En Figura 2 se muestran las concentraciones de gas radón y se señalan los niveles de seguridad establecidos por la EPA que deben considerarse para realizar modificaciones a los hogares y reducir los niveles del gas a concentraciones menores a 2 pCi/L de aire. Las muestras 9 y 21 son resultados que deben confirmarse con una segunda prueba; de prevalecer las concentraciones del gas en el mismo nivel, se recomienda considerar cambios al hogar.

El análisis exploratorio de la Figura 3 permite observar la muestra 9 representando un valor alejado más de 3 longitudes de caja del percentil 75,

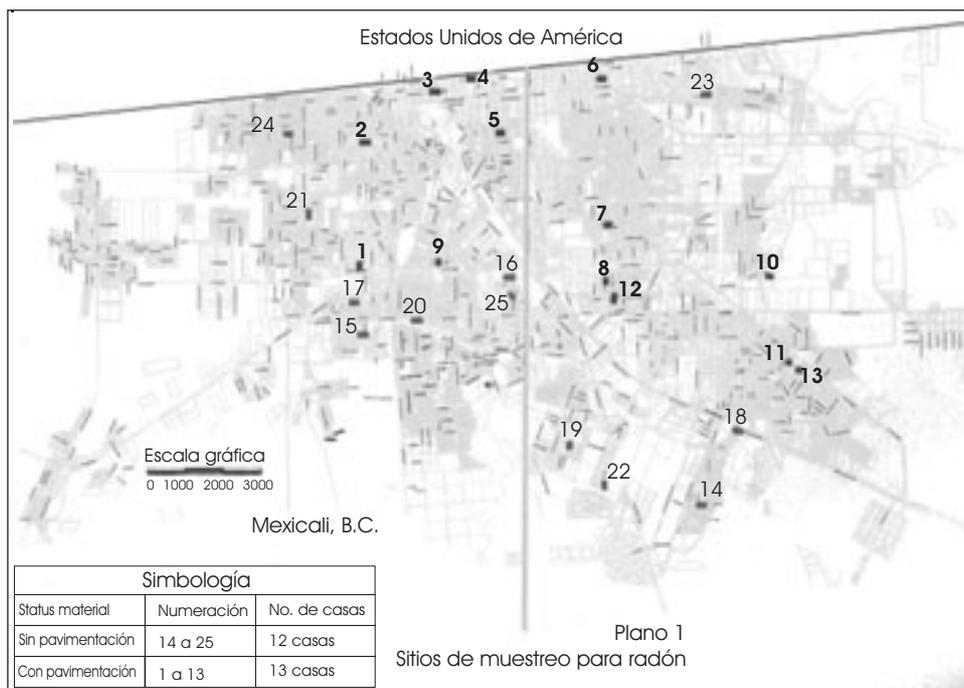


Figura 1. Distribución espacial de los hogares donde se midió el nivel de gas radón.

considerarse como un dato extremo; por lo que el análisis de comparación de medias y las estadísticas de grupo aparecen con este valor suprimido. La caja contiene el 50% de los casos centrales (mediana), observando concentraciones y una dispersión ligeramente mayor para el estrato no pavimentado.

El cuadro 4 muestra la variable que está siendo contrastada (concentración) y los dos estratos que se están comparando, considerando 24 muestras; los promedios de los estratos señalan una pequeña diferencia de 0.284 pCi/L de aire. Para determinar si esa diferencia entre muestras es significativa se realizó una prueba de contraste entre los estratos. Encontrándose que no existen diferencias significativas para éstos [95%, sig. = 0.189, Ho:  $\mu_1 = \mu_2$ ].

**Cuadro 3.** Frecuencias absolutas.

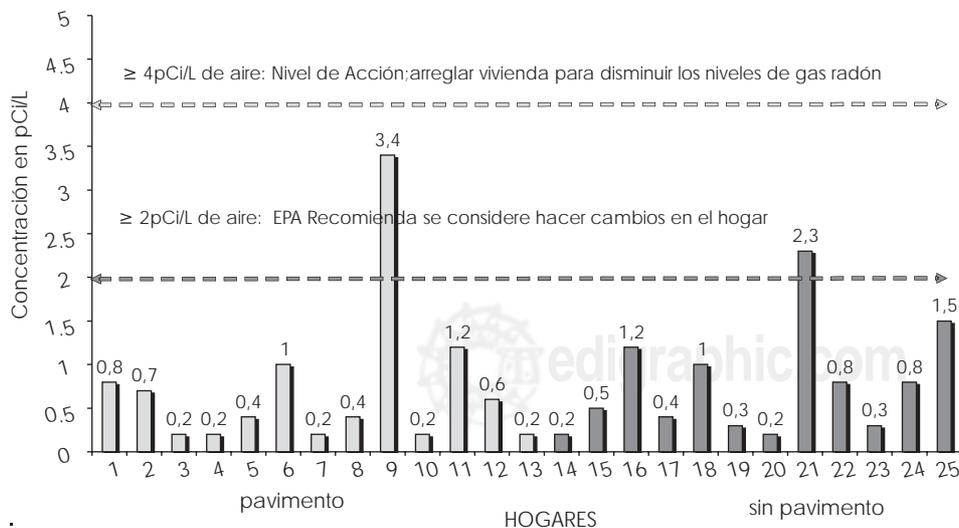
Concentración pCi/L	Frecuencia	Porcentaje
0.2	7	28%
0.3	2	8%
0.4	3	12%
0.5	1	4%
0.6	1	4%
0.7	1	4%
0.8	1	4%
0.8	2	8%
1	2	8%
1.2	2	8%
1.5	1	4%
2.3	1	4%
3.4	1	4%
Total	25	100%

### CONCLUSIONES

Los datos obtenidos en este trabajo forman parte de un estudio sobre contaminación intradomiciliar y serán usados como punto de referencia para trabajos de investigación más detallados sobre la contaminación del aire y sus efectos en la salud, especialmente en la incidencia de cáncer pulmonar; será prioritario seguir cuantificando y documentar las concentraciones de contaminantes que se relacionan con esta enfermedad, como: tabaquismo, asbestos y polvo entre otros; lo que permita para estudios posteriores de causa-efecto se incluyan o se eliminen factores de incidencia.

El análisis determina que en la muestra de las 25 casas, no se rebasan los límites de seguridad de radiación que puede recibir una persona, 4 pCi/L de aire (Figura 2) según la EPA.

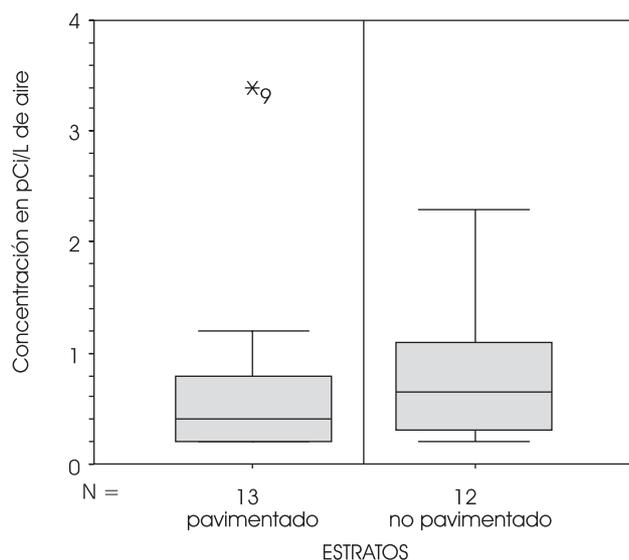
El 8% de las muestras se encuentran entre 2 pCi/L de aire y 4 pCi/L de aire, en estos niveles la EPA recomienda se considere realizar cambios en la vivienda para disminuir las concentraciones. El 92% de las muestras se encuentran por debajo de los 2 pCi/L de aire (Cuadro 3), situación considerada favorable. Las concentraciones observadas son bajas; no se observa una disminución significativa en el nivel de gas radón para los hogares ubicados en las colonias con servicio de pavimentación; sin embargo, considerando que el radón se puede adherir a las partículas de polvo que permanecen suspendidas en el aire pudiendo ser inhaladas a niveles alveolares, existe un riesgo de cáncer del pulmón para la población de la ciudad no cuantificado a la fecha. Es necesario realizar estudios sobre el binomio radón-partículas fi-



**Figura 2.** Concentración de gas radón y valores de referencia recomendados para realizar modificaciones en los hogares según EPA, para reducir el riesgo de cáncer del pulmón.

**Cuadro 4.** Estadística de estrato.

Estrato	N	Concentración promedio en pCi/L	Desviación estándar	Error estándar.
No pavimentado	12	0.792	0.6331	0.1828
Pavimentado	12	0.508	0.3502	0.1011

**Figura 3.** Diagrama de cajas.

nas, ya que Mexicali es la segunda ciudad de la República Mexicana más contaminadas por partículas finas (PM10).

#### AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por la Universidad Autónoma de Baja California, y el Centro de Estudios Superiores del Estado de Sonora con apoyo económico en algunos rubros operativos.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Cáceres LD, Adonis PM, Retamal GC et al. Contaminación intradomiciliaria en un sector de extrema pobreza de la comuna de la Pinta. *Rev Méd Chile*. [online]. ene. 2001; 129(1): [citado 29 Marzo 2005], p.33-42. Disponible en la World Wide Web:[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-98872001000100005&ing=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-98872001000100005&ing=es&nrm=iso). ISSN 0034-9887.
2. Nagda N. Radón: Prevalence, measurements, health risks and control. *ASTM Manual Series* (Philadelphia), 1994.
3. Reyna MA, López G. Estudio del efecto del radón en los casos de muerte por cáncer pulmonar en la población de Mexicali, Baja California, México. *Rev Mex de Ing Biomédica* 2002; 23(2): 68-73.
4. Reyna MA, López BG, Baltiérrez SE. Un intruso invisible silencioso y mortal. *Divulgare*, 2001; 33: 4-9.
5. Krewski D, Lubin J, Zejlinski M, Alayanja M. Residential radon and risk of Lung cancer: A combined analysis of 7 north America case-control studies. *Epidemiology* 2005; 16(2): 45-137.
6. US. Environmental Protection Agency. (1993). El Radón: Guía para su protección y la de su familia. Disponible: <http://www.epa.gov/iaq/radon/pubs/elradon.html>. [2004, Abril 15].
7. U.S. Environmental Protection Agency. EPA. (2002). Aire interior- radón. Guía del radón para el comprador y vendedor de viviendas. Disponible: <http://www.epa.gov/radon/pubs/hmbyguisp.html>. [2005, Junio 3].
8. VI Informe sobre los efectos biológicos de la radiación ionizante. (1999). Centro de Sanidad Ambiental.
9. Segovia N, Ponciano G, Ruiz W, Godínez L. Indoor radon and airborne particles. *Geofísica internacional*. ISSN 00167119. 2002; 41(3): 255-259.
10. Quirino LL, Mireles F, Dávila JI, Pinedo JL, Ríos ML García ML et al. Exposición en tiempo real al radón intradomiciliario en la Ciudad de Zacatecas, México, 2002. *Geofísica internacional*. ISSN 00167119. 2002; 41(4): 255-259.