

## Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica

Volumen 23  
Volume

Número 2  
Number

Septiembre 2002  
September

*Artículo:*

Estudio del efecto del radón en los casos de muerte por cáncer pulmonar en la población de Mexicali, Baja California, México

Derechos reservados, Copyright © 2002:  
Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica, AC

Otras secciones de  
este sitio:

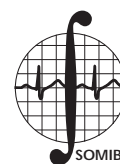
- 👉 Índice de este número
- 👉 Más revistas
- 👉 Búsqueda

*Others sections in  
this web site:*

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



Medigraphic.com



# Estudio del efecto del radón en los casos de muerte por cáncer pulmonar en la población de Mexicali, Baja California, México

Marco Antonio Reyna  
Carranza,\* Gustavo López  
Badilla\*

\* Área de Medio Ambiente del Instituto de Ingeniería Universidad Autónoma de Baja California, Blv. Benito Juárez s/n, Mexicali, Baja California, 21280, México  
E-mail: reyna@info.rec.uabc.mx

*Artículo recibido: 25/julio/2002*

*Artículo aceptado: 2/septiembre/2002*

## RESUMEN

Se midieron los niveles de concentración del gas radón en los interiores de los hogares de Mexicali, para estudiar la relación que este gas pudiera tener con los casos de muerte por cáncer de pulmón en la población. El gas radón es radiactivo y se adhiere con gran facilidad a las partículas que permanecen suspendidas en el aire; al inhalarlas se producen pequeñas explosiones en el interior de los alvéolos, con lo que se altera el DNA de las células y se genera cáncer pulmonar.

Las características meteorológicas, geográficas y urbanas de Mexicali, favorecen las condiciones para que ciertas regiones de la ciudad presenten altos índices de partículas que quedan suspendidas en la atmósfera durante prácticamente todo el año. Se muestreó el gas radón en el interior de 95 casas habitación, y el análisis se efectuó por colonias pavimentadas, no pavimentadas, y por sexo, para establecer si los casos de muerte por cáncer pulmonar tenía relación con el género y/o con alguno de los dos grupos de colonias.

El estudio encontró que el mayor número de muertes se presentaba en las colonias que carecían del 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 en donde no hubo caso de fallecimiento por esta patología, con diferencias significativas que iban del 9.2% al 207%, dependiendo de los grupos que se analizaran.

## Palabras clave:

Radiactividad, radón, cáncer pulmonar, partículas suspendidas, Mexicali, PM10.

## ABSTRACT

The concentration level of radon was measured in the interiors of Mexicali city homes, for studying the relationship that the radon could have with the pulmonary cancer death cases in the population. Radon is a radioactive gas and it has a great facility for adhering to the particles that are suspended in the air. When these radioactive particles are inhaled and deposited in the alveolus, little explosions occur and the DNA of the cells is altered, producing cancer in the pulmonary tissues.

Urbane, geographical, and meteorological characteristics of Mexicali, are favorable conditions for certain zones of the city to present high concentrations of particles that remain suspended in the atmosphere practically all year long. The radon gas was sampled in the interior air of 95 homes, and the analysis was made by neighborhoods with and without pavement, and by sexes; for establishing if the cancer death cases could be correlated with some of the neighborhood groups and/or with some sex.

The study found that the major number of occurred deaths were in the neighborhoods without pavement, and in all cases, female deaths occurred with more frequency and the radon gas concentrations were superior in the homes where a death had occurred, with significative differences from 9.2% to 207% depending on the analyzed group.

**Key Words:**

Radioactivity, Radon, Pulmonary Cancer, Suspended Particles, Mexicali, PM10.

## INTRODUCCIÓN

### El gas radón

El radón es un gas radiactivo que carece de color, olor y sabor, el cual se produce por la degradación radiactiva del uranio. El uranio se encuentra de forma natural en pequeñas cantidades en el suelo y rocas principalmente, aunque también puede emanar del agua corriente doméstica; su descomposición produce otros productos radiactivos tales como el radio. Cuando el radio se descompone para formar el gas radón, se pierden dos protones y dos neutrones a los que se les conoce como partículas alfa. Al desprenderse estas partículas alfa del radón se da paso al polonio, el cual también es un elemento radiactivo; éste se produce cuando el radón se encuentra en el aire y/o en los pulmones de la gente cuando lo respira, con lo que se puede alterar el ADN de las células pulmonares y con ello aumentar el riesgo de contraer cáncer.

Aunque el hábito de fumar sigue siendo el primer factor de riesgo para desarrollar cáncer pulmonar, el radón representa el segundo factor de riesgo, según estudios realizados en Estados Unidos. Se estima que este gas radiactivo produce cerca de 14,000 muertes por año en los Estados Unidos.

El radón se puede adherir con gran facilidad a las partículas de polvo que permanecen suspendidas en el aire. Algunas de estas partículas, las llamadas Partículas Menores a 10 micrómetros de diámetro (PM10) y las menores a 2.5 micrómetros

de diámetro (PM2.5), son subconjuntos de las llamadas Partículas Suspendidas Totales (PST), y suelen ser las más peligrosas porque son las que ingresan por el tracto respiratorio hasta los alvéolos. Una vez adherido el radón al PM10 y/o al PM2.5, estas se pueden inhalar y pueden quedar atrapadas en los alvéolos, en donde por el efecto de la degradación del radón en polonio se producen pequeñas explosiones de energía con lo que se corre el riesgo de desarrollar cáncer, debido a que se altera el DNA del tejido pulmonar.

Existen numerosos estudios que demuestran los efectos cancerígenos que tiene el gas radón en el pulmón del ser humano cuando los niveles están por arriba de los 4 picocuries por litro de aire (pCi/l), o cuando se expone a niveles bajos durante periodos de tiempo largos<sup>7</sup>. Sin embargo, lo que se busca en este trabajo de investigación es el encontrar las suficientes evidencias que nos permitan concluir, que los excesos de partículas en ambientes cerrados, pueden ser un factor de riesgo de cáncer pulmonar en la ciudad, aunque los niveles de radón sean bajos.

### TRINOMIO PARTÍCULAS SUSPENDIDAS – RADÓN – CÁNCER PULMONAR EN MEXICALI

Las condiciones demográficas, geográficas y meteorológicas, hacen de Mexicali un lugar con serios problemas ambientales, principalmente el de las partículas suspendidas en el aire. Cada año se arrojan a la atmósfera alrededor de 62,000 toneladas de PM10, siendo la principal fuente las partículas de caminos no pavimentados con 53,689

toneladas, lo que representa el 87% del total del PM10 arrojado; mientras que la contribución de los caminos pavimentados es tan sólo del 5.2%, le siguen las quemas agrícolas con el 3.4%, las labranzas agrícolas con el 2%, los corrales de engorda de ganado con el 1.9%, los asados al carbón con el 0.37%, y otras fuentes con el 0.13%<sup>8</sup>.

Mexicali es la capital del estado de Baja California y se encuentra ubicada en el desierto Noroeste de México, colindante con el Valle Imperial en los Estados Unidos. Sus temperaturas a lo largo del año son extremosas, llegándose a registrar desde 5 °C en invierno hasta 50 °C en verano. Su precipitación pluvial es muy escasa, se han registrado menos de 100 mm por año, y en la temporada de invierno se presentan fuertes vientos con velocidades de hasta 55 km por hora. Estas condiciones climatológicas, aunadas a la poca vegetación natural existente, al tipo de terreno seco y arcilloso, a que el 40% de sus calles no estén pavimentadas, a que existan lotes baldíos diseminados por toda la ciudad, a que contenga un parque vehicular sin control de emisiones al igual que los negocios de asados al carbón, hacen que los niveles de contaminación por PM10 sobrepasen por mucho las normas permisibles<sup>9</sup>.

Mexicali cuenta con una población de aproximadamente 520,000 habitantes sobre la mancha urbana, según el último censo (Figura 1).

La variación de la mortalidad de cáncer de pulmón por año y su tendencia, se pueden apreciar en la Figura 2. En el año de 1995 murieron 44 personas, en 1996 fueron 61, en 1997 fueron 49, en 1998 fueron 71 personas fallecidas, y en el año de 1999 fueron 63 decesos por cáncer pulmonar<sup>10</sup>. La gráfica muestra una tendencia creciente, aunque presenta una envolvente que oscila cada dos años. No obstante, dado que el comportamiento

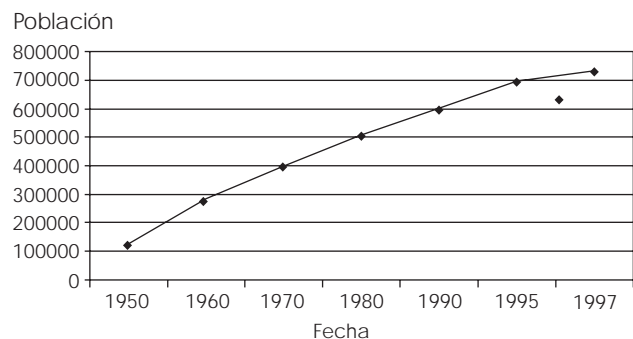


Figura 1. Crecimiento de la población en Mexicali, Baja California, de 1950 a 1997. Fuente COPLADEMM 1997.

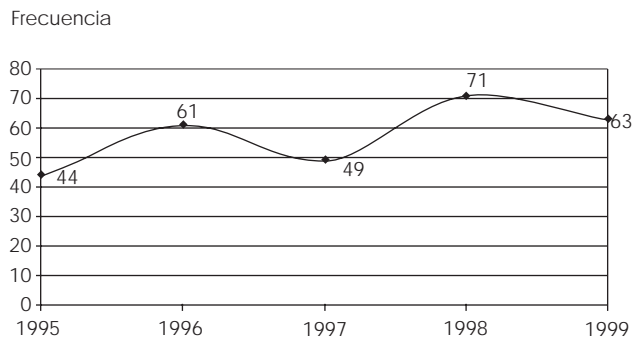


Figura 2. Comportamiento del número de casos de muerte por cáncer pulmonar de 1995 a 1999 en la población de Mexicali, Baja California.

del crecimiento de la población se observa con una tasa que disminuye año con año, se podría pensar que al disminuir la tasa de crecimiento, también debería disminuir la tasa de mortalidad. Sin embargo esto no es así, la tasa de mortalidad por cáncer de pulmón sigue aumentando, aunque la tasa de crecimiento demográfica disminuya. Además, la mayoría de las muertes ocurren entre los 45 y los 60 años de edad.

Estas observaciones hicieron necesario investigar y estudiar los posibles agentes que podrían estar involucrados en la producción de esta patología.

## METODOLOGÍA

Como Mexicali presenta cantidades importantes de partículas suspendidas y éstas se pueden contaminar fácilmente con el gas radón, se supuso que la combinación PM10-Radón podría ser una causante de la patología.

Se escogieron 100 hogares en distintas colonias de la ciudad para llevar a cabo el monitoreo del gas radón en el aire de sus interiores. Se colocaron dispositivos de larga duración conocidos como detectores de partículas alfa "Alfa Track detectors" en cada uno de los hogares. El tiempo que duró el muestreo fue de alrededor de 90 días durante los meses de octubre a diciembre del año 2000. Los detectores de partículas alfa fueron analizados en laboratorios especializados de la compañía Air Check en los Estados Unidos, bajo las normas y los criterios de calidad establecidos por la Environmental Protection Agency (EPA-USA).

De los 100 hogares muestreados, únicamente 95 dispositivos presentaron lecturas confiables, y los 5 dispositivos restantes o estaban dañados, o las lecturas eran completamente erróneas, por

lo que estas últimas se descartaron del estudio. Antes de haberse efectuado el monitoreo del radón, se sabía que en 39 de las 100 casas muestra se había presentado por lo menos un caso de muerte por cáncer pulmonar, mientras que en las 56 casas restantes no hubo deceso alguno por esta patología.

En el estudio se llevaron a cabo 2 experimentos, en donde además de analizar los grupos de casas con fallecimientos y sin fallecimientos por cáncer de pulmón, también se consideraron tres variables más; los antecedentes de cáncer familiar (con el objeto de descartar el factor hereditario), el tiempo de residencia domiciliar y el género de los fallecidos (con el fin de determinar si las concentraciones de radón influían con la antigüedad de residencia y con el tipo de sexo), y si existía el hábito de fumar en algún miembro de la familia, incluidas las personas fallecidas, para descartar que las muertes pudieran haberse producido por tabaquismo.

## RESULTADOS

### Experimento 1

El primer experimento consistió en el análisis del total de las casas habitación muestreadas separándolas en dos grupos, casas con algún fallecimiento por cáncer pulmonar y casas en donde no ocurrió fallecimiento alguno por esta misma patología. En el Cuadro 1 se muestran las cuatro variables de estudio (i.e., antecedentes de cáncer familiar, tiempo de residencia promedio, concentración promedio de radón, y hábito de fumar) y los valores obtenidos para cada grupo estudiado. Se puede ver que el tiempo de residencia entre el grupo de las casas con fallecimientos y el grupo de las casas sin fallecimientos tienen una diferencia mínima, al igual que el porcentaje de los antecedentes de cáncer; sin embargo la concentración promedio del gas radón se encontró mayor para las casas con fallecimientos que para las casas sin fallecimientos, aunque también el hábito de fumar fue superior. Se encontró que la diferencia significativa del gas radón fue del 24.4% entre el grupo de casas con y sin fallecimientos.

Más aún, los resultados muestran que el hábito de fumar en las casas de los fallecidos es considerablemente más alto que en el de las casas sin fallecimientos, por lo que se podría pensar que aquí las muertes pudieron ser debidas, o por el hábito de fumar o por los antecedentes de cáncer, aun-

**Cuadro 1.** Resultados totales del muestreo de gas radón en interiores de 95 casas.

Variables medidas	Total de casas (95)	
	Casas con fallecimientos (41%)	Casas sin fallecimientos (59%)
Antecedentes de cáncer (%)	20.5	23.2
Tiempo de residencia promedio (años)	12	11
Concentración promedio de radón (pC/L)	1.07	0.86
Hábito de fumar (%)	43.5	26.7

que estos últimos fueran similares a los antecedentes encontrados en las casas sin fallecimientos. Para evitar esta posibilidad, se descartaron del análisis las habitaciones que presentaban antecedentes de cáncer y en donde se tenía el hábito de fumar.

### Experimento 2

En el Cuadro 2 se muestran los resultados del estudio, sin considerar en el análisis las casas en donde se fumaba y se tenía antecedentes de cáncer familiar. Como se puede ver, el tiempo de residencia de los ocupantes en las casas con y sin fallecimientos es muy similar, pero las concentraciones del gas radón aparecen mucho mayores en las casas con fallecimientos que en las casas sin fallecimientos. Aquí la diferencia significativa fue del 207%.

Para saber si los casos de muerte tenían alguna relación con las concentraciones del gas radón de las casas ubicadas en las colonias carentes de pavimentación y/o con el género sexual, las 95 casas fueron agrupadas de la manera en como se muestra en los Cuadros 3 y 4.

El primer punto interesante que se observa en este análisis, es que en las casas ubicadas en colonias carentes de pavimentación el porcentaje total de muertes es mayor que en el grupo de casas ubicadas en las colonias pavimentadas. También se puede notar, que las muertes siempre ocurren con mayor frecuencia en el género femenino.

Se puede observar que en las casas con pavimento, tanto el tiempo de residencia como las concentraciones del gas radón se muestran con diferencias mínimas entre los grupos de fallecidos y no fallecidos, al igual que en las colonias sin pavimento. No obstante, si se comparan las

concentraciones del gas radón de las casas ubicadas en colonias pavimentadas con las casas ubicadas en las colonias carentes de pavimentación, se encontrarán diferencias significativas que van desde el 9.2 % hasta el 122.2 %, según el grupo de casas analizadas.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En todos los experimentos de este análisis llama la atención el común de las siguientes observaciones:

a) El número de muertes en el género femenino siempre fue superior que en el género masculino

no para cada uno de los grupos de casas analizadas, y en todos los experimentos.

b) El número de muertes siempre apareció mayor en las colonias carentes de pavimento que en las colonias que tienen pavimento. Aquí el número de muertes en mujeres también fue superior que en varones.

c) Los niveles de radón en todos los grupos de casas ubicadas en colonias sin pavimento, tuvieron diferencias significativas desde 9.2% y hasta 122.2% respecto de las casas que se encuentran ubicadas en las colonias pavimentadas.

La razón por la cual el número de muertes es mayor en mujeres que en hombres, podría ser debido a que son ellas quienes permanecen por tiempos más prolongados en el interior de sus casas para llevar a cabo las labores del hogar.

Es lógico pensar que, aunque los niveles de radón estén por debajo de la norma de seguridad, al haber una gran polución de partículas suspendidas en el aire en las casas de las colonias sin pavimento, un número muy grande de partículas respirables podría estarse contaminando por el gas radón, esto explicaría, como una primera aproximación, que el número de muertes sea mayor en las colonias sin pavimentación.

**Cuadro 2.** Resultados del total de casas sin antecedentes cancerígenos y sin hábito de fumar, del muestreo de gas radón en interiores de 95 casas habitación.

Variables medidas	Total de casas sin antecedentes de cáncer y sin hábito de fumar (59)	
	Casas con Fallecimientos (20 %)	Casas sin Fallecimientos (43 %)
Antecedentes de cáncer (%)	0	0
Tiempo de Residencia Promedio (Años)	11	12
Concentración Promedio de Radón (pC/L)	2.4	0.78
Hábito de fumar (%)	0	0

### AGRADECIMIENTOS

Este proyecto está siendo parcialmente financiado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y por la Universidad Autónoma de Baja California, bajo convenio I32838-M.

**Cuadro 3.** Resultados de las casas ubicadas en colonias pavimentadas, considerando el género sexual.

Variables medidas	Casas en colonias pavimentadas (59)			
	Varones		Mujeres	
	Casas con fallecimientos (16.7 %)	Casas sin fallecimientos (83.3 %)	Casas con fallecimientos (43.4 %)	Casas sin fallecimientos (56.6 %)
Antecedentes de cáncer (%)	0	0	0	0
Tiempo de residencia promedio (Años)	12	7	13	12
Concentración promedio de radón (pC/L)	0.63	0.76	0.74	0.73
Hábito de fumar (%)	0	0	0	0

**Cuadro 4.** Resultados de las casas ubicadas en colonias no pavimentadas considerando el género sexual. Aquí se encontraron diferencias significativas del gas radón de hasta 122.2 % con respecto a las casas ubicadas en las colonias con pavimento del Cuadro 3.

Variables medidas	Casas en colonias no pavimentadas (36)			
	Varones		Mujeres	
	Casas con fallecimientos (45 %)	Casas sin fallecimientos (55 %)	Casas con fallecimientos (87.5 %)	Casas sin fallecimientos (12.5 %)
Antecedentes de cáncer ( % )	0	0	0	0
Tiempo de residencia promedio (años)	15	14	13	7
Concentración promedio de radón (pC/L)	1.4	0.83	1.26	1.35
Diferencia significativa en % con respecto a las casas no pavimentadas	122.2	9.2	70.3	84.93
Hábito de fumar (%)	0	0	0	0

## BIBLIOGRAFÍA

- Moolgavkar SH, Luebeck EG, Krewski D, Zielinski JM. Radon, Cigarette Smoke, and Lung Cancer: A Re-analysis of the Colorado Plateau Uranium Miners' Data. *Epidemiology* 1993; 4(3): 204-217.
- Samet JM, Stolwijk J, Rose S. Sumario: International Workshop on Residential Rn Epidemiology. *Health Physics* 1991; 60(2): 223-227.
- U.S. DOE/Office of Energy Research, International Workshop on Residential Radon Epidemiology: Workshop Proceedings. Commission of European Communities, Radiation Protection Program. CONF-8907178.
- Harley NH, Harley JH. Potential lung cancer risk from indoor radon exposure. *CA-A Cancer Journal for Clinicians* 1990; 40: 265-275.
- Roscoe RJ, et al. Lung Cancer Mortality Among Non-Smoking Uranium Miners Exposed to Radon Daughters. *Journal of the American Medical Association* 1989; 262(5): 629-633.
- NAS BEIR IV Report, 1988.
- NAS BEIR VI Report, 1998.
- Ingeniería de Control Ambiental y Riesgo Industrial, S. de R. L. M. I., Inventario de Emisiones de Mexicali. Informe Final. 1999.
- Chow JC, Watson JG, Bates B. 1995. Imperial Valley/Mexicali Cross Border PM10 Transport Study. Draft Final Report, Desert Research Institute, University and College System of Nevada, Reno, Nevada.
- COPLADEMM. 1997. Anuario Estadístico Municipal de Mexicali 1996.