

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA CONTAMINACION POR GAS RADON EN RECINTOS HABITACIONALES EN COSTA RICA

Luis G. Loría *
Ricardo Jiménez *
Mauricio Gallardo *

The use of solid state detectors is one of the most convenient techniques for evaluating the levels of radiation of alpha activity in the environment, for which it has been used to measure the concentration of Radon-222 in some areas of the Greater Metropolitan Zone.

LR-115 Quick type detectors, when exposed, are revealed in an alkaline solution and from the density of tracks the concentration of Radon is evaluated in pCi/l.

Exposure to elevated concentrations of this element can be a cause of lung cancer risk.

The use of Solid State Nuclear Track detectors (SSNTD), LR-115 type II-Quick, is one of the convenient techniques to assess the average radiation levels of alpha activities in the environment. This technique has been used to assess the Radon concentration in some areas of San José, Costa Rica.

Exposed SSNTD films are chemically etched in an alkaline solution and the density of alpha tracks are given as concentration (pCi/L) of Radon.

The only known health effect associated with exposure to elevated levels of Radon is an increased risk of developing lung cancer.

INTRODUCCION

El gas Radón y sus productos de decaimiento presentes en el ambiente, como elementos radiactivos, pueden irradiar al hombre, si se concentran en lugares cerrados como sótanos, minas o habitaciones pobremente ventiladas^{1,2}.

Los tres isótopos del Radón provienen del decaimiento del U^{235} , U^{238} y Th^{232} , son elementos naturales que se encuentran abundantemente en la corteza terrestre, los cuales a su vez decaen mediante la emisión de partículas alfa o beta ionizando la materia con la que interactúan.

El Radón es un gas inerte que se encuentra mezclado con el aire y llega a él por difusión desde el subsuelo o desde las paredes de edificaciones construidas con concreto.

El hombre, al inhalar el aire contaminado con el gas, cuando éste sobrepasa 150 Bqm^{-3} , aumenta el riesgo de contraer cáncer de pulmón, a causa de la ionización provocada por las partículas alfa al depositar su energía en ese órgano^{3,4}.

Detectores de diferentes tipos se han utilizado para la medida de Radón y sus descendientes, entre ellos están los

El gas Radón y sus productos de decaimiento presentes en el ambiente, como elementos radiactivos, pueden irradiar al hombre, si se concentran en lugares cerrados como sótanos, minas o habitaciones pobremente ventiladas

de sulfuro de Zinc, de barrera superficial y de estado sólido. Estos últimos permiten por su bajo costo llevar a cabo mediciones de la contaminación provocada por este gas en gran escala.

De acuerdo con los reglamentos establecidos en países desarrollados⁵, la concentración del Radón no debe exceder los 100 Bqm⁻³.

El Laboratorio de Física Nuclear Aplicada, de la Escuela de Física de la Universidad de Costa Rica, mediante convenio con el Organismo Internacional de Energía Atómica, ha procedido a realizar una medida preliminar de la concentración de estos isótopos en residencias de algunos cantones del territorio nacional, escogidas al azar, para establecer en qué grado los recintos habitacionales están contaminados con este gas.

RADON

Los isótopos Rn²¹⁹, Rn²²⁰ y Rn²²² son descendientes del U²³⁵, Th²³² y U²³⁸ respectivamente, pertenecen al Grupo VIII de la Tabla Periódica. El Radón, al igual que los otros elementos del grupo, es un gas monoatómico, incoloro e inodoro.

Radón 219

Conocido también como Actinón es el menos abundante de los tres isótopos, con período de semidesintegración de 4 segundos, razón por la cual es difícil detectar su presencia en la atmósfera⁶.

Radón 220

Es el más abundante de los tres isótopos, con un semiperíodo de 55 segundos, por lo que desaparece

rápidamente en la atmósfera, su contribución a la dosis de radiación no puede ser despreciada y el impacto radiológico^{6,9} se debe a sus descendientes, Po²¹⁶, Bi²¹², Pb²¹², Po²¹² y Tl²⁰⁸.

Radón 222

Radio-226 es el padre inmediato de Radón-222, cuyo semiperíodo es de 3.8 días, ambos miembros de la cadena del Uranio-238. El Radio se encuentra en las rocas y está distribuido en la corteza terrestre, con una concentración promedio⁷ de 40 Bqm⁻³, siendo su período de desintegración de 1600 años, el cual puede o no encontrarse en equilibrio con el padre de la serie, el Uranio-238. En el Cuadro 1 se muestra la concentración de este isótopo radiactivo en algunos materiales de construcción.

CUADRO 1. Concentración de Radio-226 en materiales de construcción.

Material	Concentración Bqm ⁻³
Cemento	33- 74
Ladrillo	52-111
Yeso	11- 22

Una vez formado en el suelo el Radón-222 los átomos libres son transportados hacia el aire por dos mecanismos, difusión molecular a través de los poros y capilares o bien flujo inducido a través de capilares en el suelo⁷.

El Radón, al pasar del suelo al aire se mezcla en la atmósfera baja por difusión turbulenta o por los vientos que prevalecen. Una vez en ella, es

dispersado por los fenómenos anteriores o por procesos convectivos térmicos.

Puesto que aguas superficiales y subterráneas están en contacto con el suelo y rocas que contienen pequeñas cantidades de radio, no es extraño encontrar este elemento en suplidores de aguas públicas, donde la concentración típica es de 40 Bqm⁻³ y en aguas subterráneas donde se encuentran concentraciones de 4 a 40 kBqm⁻³.

El mayor impacto radiológico de este isótopo lo causan sus hijas Po²¹⁸ y Po²¹⁴, debido a sus cortos períodos de semidesintegración, 3,05 minutos y 1,64 x 10⁻⁴ segundos en su orden^(6,9).

Radón-222 en ambientes cerrados y sus consecuencias

El Radón-222 penetra a los recintos habitacionales desde el suelo a través de grietas, desagües, contrapisos y suministro de agua, se acumula en dichos lugares mezclándose con el aire como se muestra en la Figura 1. El elemento mezclado en el aire, al ser respirado por el hombre se desintegra dentro del pulmón, como también sus descendientes, lo que

provocará una dosis de radiación, según estudios realizados, está correlacionada fuertemente con los riesgos de cáncer al pulmón³. En el Cuadro 2 se presenta el número probable de muertes por exposición al Radón-222, por cada mil habitantes.

MATERIALES Y METODOS

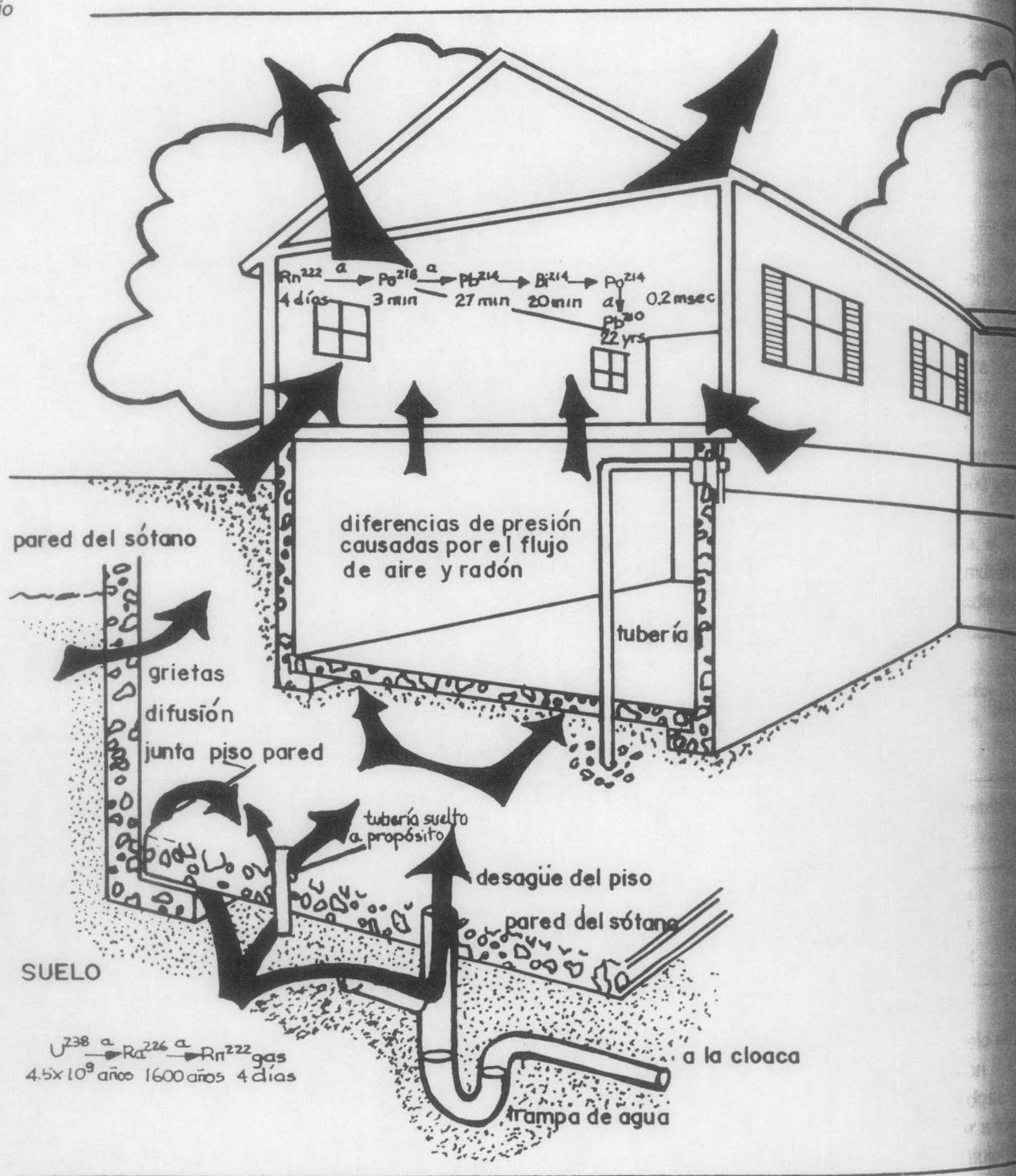
El paso de partículas nucleares altamente ionizantes a través de la mayoría de los sólidos aislantes (plásticos y vidrios) origina trayectorias angostas de intenso daño a una escala atómica. Estas trayectorias pueden ser ampliadas y hechas visibles en un microscopio óptico, tratando al detector de estado sólido con un reactivo químico apropiado, el cual ataca preferentemente el material dañado¹⁰. Los alrededores de la matriz no deteriorada son atacados en menor intensidad por el reactivo, en tal forma que se ensancha el hueco grabado, dejando una marca que caracteriza el sitio original de la región afectada. Esta simple técnica permite grabar, observar e identificar partículas cargadas como lo son las emisiones alfa del Radón y sus

CUADRO 2. Evaluación de riesgos por inhalación de Radón.

Concentración pCi/l	Número estimado de muertes	Riesgo comparable
200,00	440-770	60 veces mayor que un fumador.
100,00	270-630	Fumar 80 cigarrillos al día.
40,00	120-380	2000 radiografías de tórax.
20,00	60-210	Fumar 40 cigarrillos al día.
10,00	30-120	Fumar 20 cigarrillos al día.
4,00	13- 50	5 veces el riesgo de un no fumador.
2,00	7- 30	200 radiografías de tórax.
1,00	3- 13	El mismo riesgo de un no fumador.
0,20	1- 3	20 radiografías de tórax.

1 pCi/l=37 Bqm⁻³

FIGURA 1. Flujo de radón en habitaciones



descendientes y ha hecho posible medir la dosis acumulativa de Radón, en recintos habitacionales en gran escala.

En el presente trabajo se colocaron dos detectores de nitrato de celulosa, del tipo LR-115 Quick, con un grosor de 13 μm , uno en el cuarto principal y el otro en la sala comedor o cocina de la casa escogida, para llevar a cabo la medición de Radón y sus descendientes.

Los detectores se instalaron en 45 residencias del territorio nacional, haciendo énfasis en algunos cantones de la provincia de San José, con el propósito de llevar a cabo las primeras mediciones de este elemento en Costa Rica.

Detectores patrón irradiados en una atmósfera de Radón son necesarios para establecer una relación entre el número de trazos contados por unidad de área en el detector y la concentración de Radón en el ambiente humano.

La calibración de los detectores patrón se realizó en los laboratorios de OPS Landauer, en Illinois, Estados Unidos, en una atmósfera de Radón controlada.

DISCUSION Y RESULTADOS

1. En la Figura 2 se representan, sobre el mapa de la Gran Area Metropolitana, los lugares escogidos al azar en los cuales se colocaron los detectores del tipo LR-115 Quick, Kodak.
2. Los detectores expuestos a la atmósfera de cada recinto habitacional, durante 5 días fueron revelados y analizados en los laboratorios de Tech/OPS Landauer, Inc., Illinois, Estados Unidos, con el propósito de uniformar los criterios de revelado y conteo con lo que se utiliza en ámbito mundial. La Figura 3 muestra los trazos dejados por las partículas alfa provenientes del Radón y sus descendientes sobre un detector del mismo tipo.
3. En el Cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos, en bequerelios por metro cúbico (Bqm^{-3}), que corresponde a la unidad internacionalmente reconocida para medir la concentración del Radón. En la Figura 4 se muestra el promedio de la concentración de Radón por habitación.
4. Del Cuadro 3 se observa que la concentración de Radón en la atmósfera del cuarto principal de las residencias escogidas al azar varía de 3,7 a 66,6 Bqm^{-3} , mientras que la concentración en la sala-comedor de las mismas residencias varía de 3,7 a 85,1 Bqm^{-3} . Los límites establecidos en países desarrollados como Estados Unidos, Francia, Inglaterra, para la concentración del gas en recintos habitacionales, sin que presenten riesgo para la salud humana no deben exceder los 100 Bqm^{-3} , que corresponde a una dosis de 5 mSv/año^5 . Aunque nuestro estudio preliminar muestra que no sobrepasamos los límites permitidos en países desarrollados, es necesario llevar a cabo un estudio utilizando un tiempo más prolongado de exposición con el propósito de tomar en cuenta las variaciones climatológicas en las regiones donde hemos obtenido preliminarmente las mayores emanaciones.
5. El detector ubicado en el cuarto de revelado del Hospital Dr. Calderón Guardia, mostró una concentración

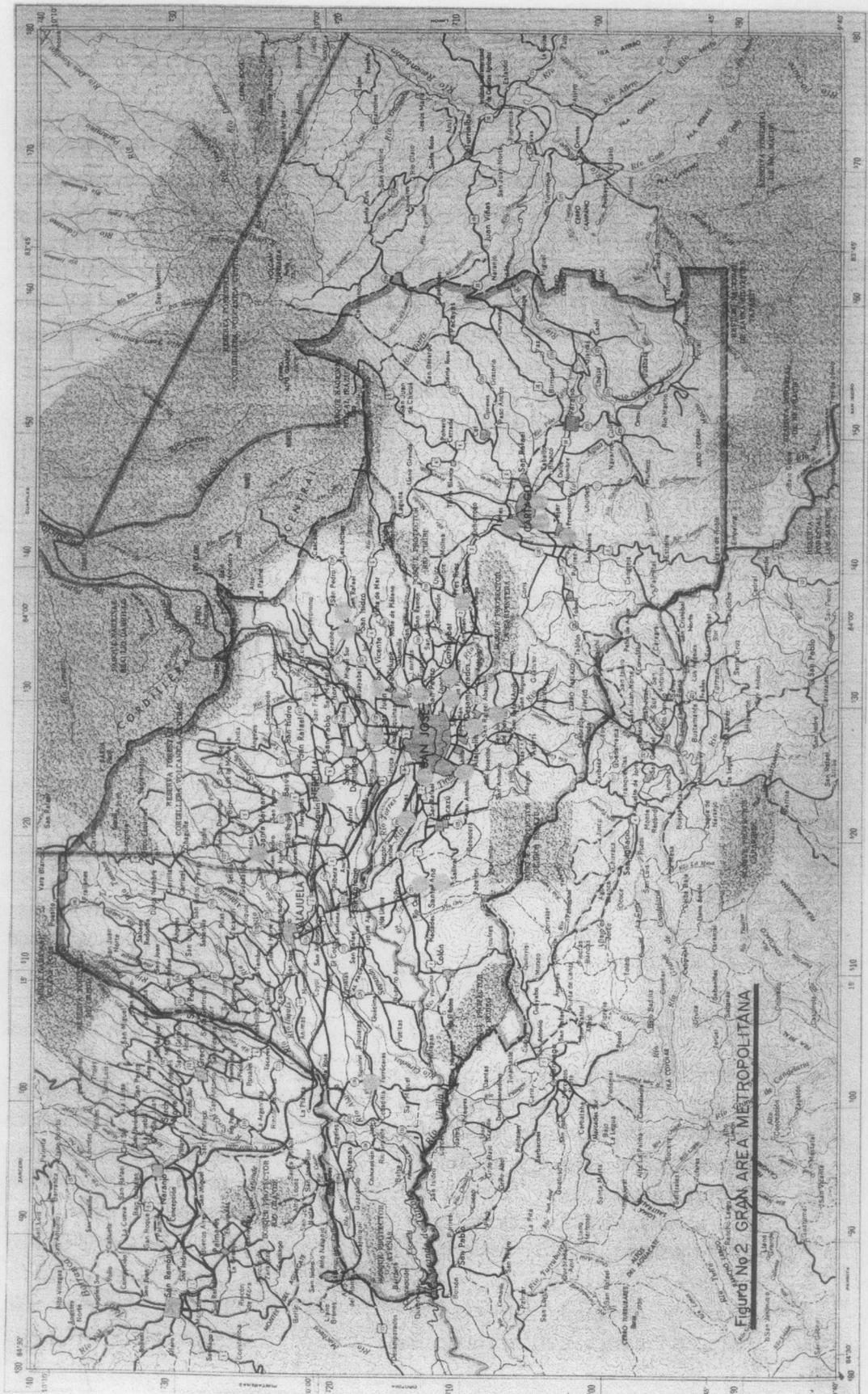


Figura No 2 GRAN AREA METROPOLITANA

CUADRO 3. Concentración de Radón en casas de habitación.

Lugar	Cuarto	Concentración (Bqm ⁻³)			
		Sala	Cocina	Baño	Otro
Tibás	7,4	7,4			
Cartago	7,4	85,1			
Alajuelita	7,4	7,4			
Barva	44,4		7,4		
San José	7,4			273,8	
Santa Bárbara		7,4	48,1		
Tejar	7,4	55,5			
Desamparados	3,7		7,4		
Heredia	7,4				7,4
San Francisco	11,1	11,1			
H. Calderón G.	11,1				233,1*
San Pedro	66,6	11,1			
San Bosco					11,1
Turrúcares			7,4		7,4
San Pedro	7,4		7,4		
Zapote	7,4	22,2			
Cartago	29,6	11,1			
Puntarenas	7,4	11,1			
San José		11,1	7,4		
San José	7,4		55,5		
Guadalupe	11,1	7,4			
Curridabat		18,5			
Santa Ana	7,4				7,4
Moravia	7,4	7,4			
Coronado	7,4		7,4		
San José	7,4				7,4
Curridabat	7,4	7,4			
Desamparados	18,5	29,6			
Cartago		18,5			
San José			7,4		
Heredia			29,6		7,4
Heredia		7,4			
Tres Ríos	40,7		7,4		
Heredia	7,4	7,4			
Dulce Nombre	7,4		18,5		
Cartago	7,4	7,4			
Rohmoser	25,9	22,2			
San Pedro					7,4
Barrio México	3,7	3,7			

* Cuarto oscuro

FIGURA 3.
Trazos de
partículas alfa
provenientes del
Radón-222

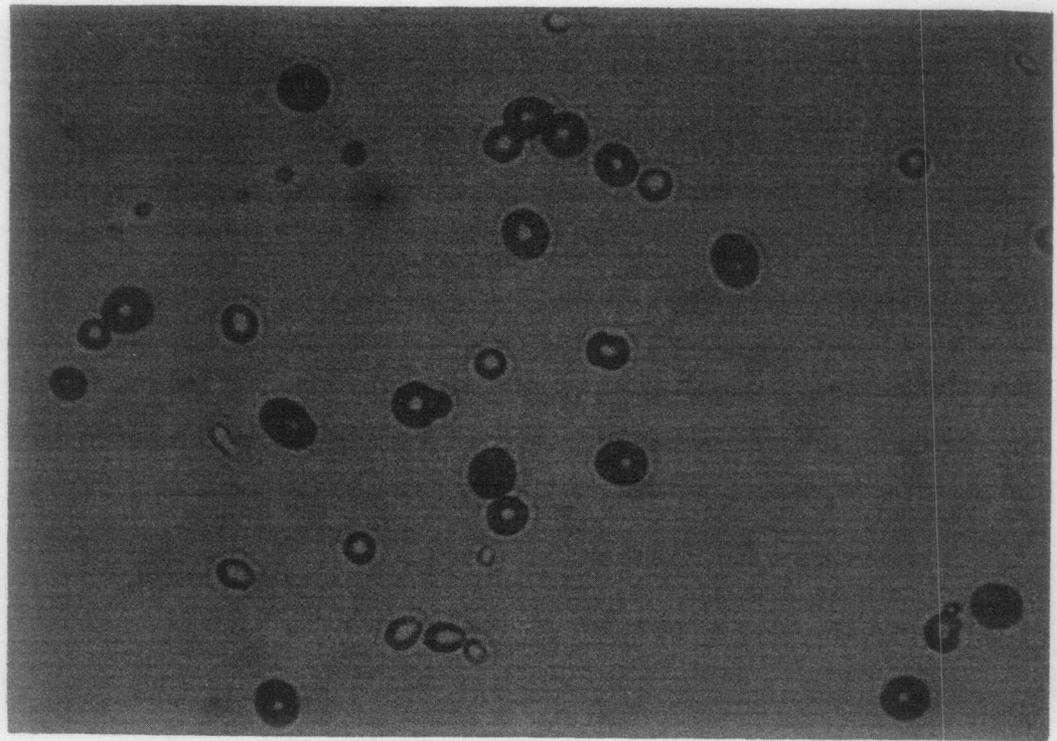
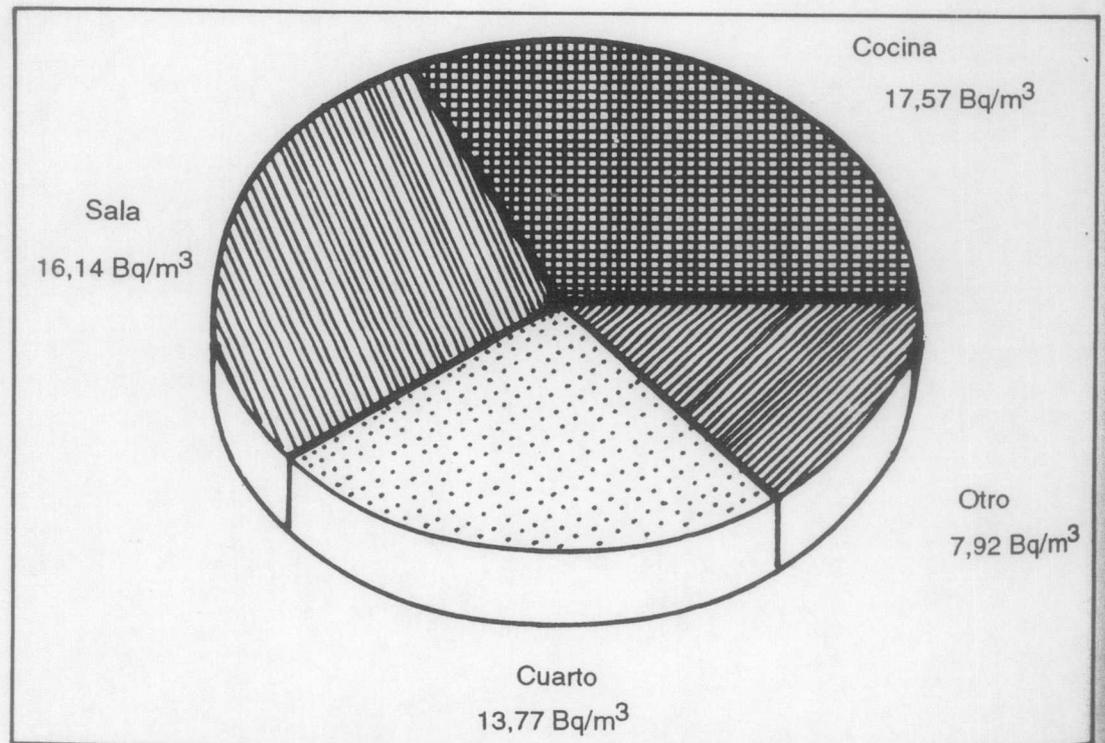


FIGURA 4.
Distribución
promedio de
Radón por
habitación



de 233 Bqm⁻³, justificada por el hecho de ser una habitación sin ventilación.

Se recomienda para este tipo de recintos no permanecer durante largos períodos en ellos o, en su defecto, dotarlos de ductos de ventilación adecuados.

Similarmente uno de los detectores se colocó en un cuarto de baño mostrando una alta concentración de 274 Bqm⁻³ debido a desagües, inodoro y lavatorio, medios propicios para la migración del Radón.

6. Es nuestro objetivo implantar un proyecto a largo plazo para realizar un mapeo de la emanación del Radón, con el propósito de determinar el promedio anual de la concentración, en una zona escogida, que se utilice como base para que las autoridades sanitarias efectúen estudios que correlacionen la concentración de este gas y la incidencia de cáncer al pulmón. Si los resultados fuesen positivos el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos deberá establecer normas para la construcción de edificaciones en las cuales se evite la contaminación por este gas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores queremos manifestar nuestro agradecimiento al Organismo Internacional de Energía Atómica por suministrarnos los detectores y cubrir el costo de procesamiento de la información para llevar a cabo el estudio de la contaminación por gas Radón en recintos habitacionales de Costa Rica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Ramachandran, T.V. *Measurement of Radon and Thoron present in the environment using nuclear track etch detector technique. Nuclear Tracks and Radiation Measurements*, Vol. 11, no. 4-5, p. 245-249, 1986. England.
2. Robe, M.C. *Techniques de reduction du risque Radon dans les habitations*. Societé Française de Radioprotection, p. 109-120, 1989. France.
3. *A Citizen's Guide to Radon*. United States Environment Protection Agency (EPA). 1986. USA.
4. Bouville, A. *L'approche de la gestion du risque Radon dans les habitations aux Etats Unis*. Societé Française de Radioprotection, p. 131-143. 1989. France.
5. Olast, M. *Le programme des études au sein de la C.E.E. et position adoptée par certain pays*. Societé Française de Radioprotection, p. 145-150. 1989. France.
6. Rannou, A. *Radon in dwellings: physical and health properties*. *Endeavour*, New Series, Vol. 14, no.1, 1990. England.
7. *Measurement of Radon and Radon daughters in air*. NCRP Report no. 97. 1988. USA.
8. Langroo, M.K. *A nation-wide survey of Radon and gamma radiation levels in Australian homes*. Australian Radiation Laboratory. 1990. Australia.
9. Nero, A. *Earth, Air, Radon and Home*. *Physics Today*, Vol. 42, no. 4, 1989. USA.
10. Gallardo, M. y Jiménez, R. *Equipo básico para revelado y detección de trazas nucleares en detectores de estado sólido*. *Cienc. Tec.* 10(1):51-63, 1986. San José, Costa Rica.