

ANOMALÍAS DE LA EMISIÓN DE RADÓN ^{222}Rn EN EL SUB SUELO DE LA CIUDAD DE LIMA – PERÚ

L. Vilcapoma^a, M.E. López^a, P.Pereyra^a, B.Perez^a, J. Rojas^a

^a Sección Física, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima – Perú

RESUMEN

El radón ^{222}Rn que tiene un carácter gaseoso se diluye con mucha facilidad con el aire cuando éste sale a la superficie, y el grado de concentración va a depender del volumen de aire que existe en el lugar de medición. Si queremos obtener valores de la concentración de radón casi en su estado natural, es manteniendo constante el volumen de aire en la zona, y este valor se puede relacionar con el tipo de material o materiales que existen en el lugar de muestreo e incluso poder relacionar con el número de sismos que pueden dar origen a una anomalía en la emisión del radón. En este trabajo se presentan resultados a esta observación en los periodos de Enero a junio del 2014, en 11 puntos de observación en el sub suelo a 1,2 m y 2,4 m de profundidad y un punto de observación en la superficie, la datación se ha realizado con detectores de nitrocelulosa LR 115 que inicialmente han sido validados en otros trabajos anteriores a este. El lugar de observación se encuentra dentro de la estación meteorológica "Hipolito Unanue" ubicado en el campus de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

1. INTRODUCCIÓN

La técnica de huellas nucleares es usada satisfactoriamente en el monitoreo ambiental del radón gas (Rn^{222}), contaminante radioactivo natural, emisor de partículas alfa de energía bien definida que son detectadas usando detectores de material plástico [1,2].

Durante este trabajo, se ha optimizado un procedimiento para detectar, medir y establecer tasas relativas del Rn^{222} emanado del subsuelo, estableciendo un monitoreo secuencial a lo largo de los diferentes períodos anuales. Se eligió como lugar para el monitoreo a la Estación Meteorológica Hipólito Unanue de la Pontificia Universidad Católica del Perú (**EMHU-PUCP**), localizada por las coordenadas de Latitud: $12^{\circ}04'$, Longitud: $77^{\circ}05' \text{ W}$, Altitud 70 m.o.s.l.. La EMHU-PUCP reúne las condiciones apropiadas para establecer los procedimientos para realizar las mediciones; con un suelo con depósitos aluviales con escarpas de erosión del río con ausencia de grandes rocas, lugar poco transitado y alejado de movimientos vibratorios producidos por tránsito pesado, lugar donde se controlan periódicamente parámetros ambientales como temperatura, presión, humedad, velocidad de viento, etc.

A fin de realizar mediciones del Rn^{222} proveniente del subsuelo, se construyeron pozos de profundidades 2,4 m y 1,2 m, dentro de los cuales se enterraron tubos de PVC de 0,15 m de diámetro con una tapa de baquelita. Se construyeron 11 pozos similares, en distancias relativamente equidistantes hasta cubrir un área aproximada de 150m^2 . Se establecieron 12 puntos de detección en total, el último corresponde a un punto de medición en el exterior pero dentro de la estación.

Siguiendo un procedimiento rutinario se obtuvieron concentraciones de Rn^{222} provenientes del subsuelo, a partir de las medidas realizadas al interior de los pozos. Las mediciones de las concentraciones de Rn^{222} se hicieron, colocando al interior de cada uno un detector pasivo de

nitrocelulosa (LR115). El detector fue caracterizado y calibrado en trabajos anteriores [4,5] antes de ser utilizado para este trabajo. Llevando el control sobre la permanencia en el pozo de los detectores durante períodos promedios de 7 días a excepción del periodo 13 de datación que corresponde a 14 días, se ha realizado mediciones en cada pozo durante medio año. Luego de retirar los detectores, éstos fueron tratados en sus respectivos baños químicos, leídos usando un microscopio óptico y archivado.

El objetivo de las diferentes mediciones es establecer, primero un banco de datos que sirva como referencia (hay ausencia de datos similares que correspondan a la zona) para luego buscar correlaciones con parámetros ambientales, posteriormente usar estos resultados en la evaluación de eventos más complejos como la eventualidad de sismos, presencia de fallas geológicas, etc. Se busca en el futuro establecer procedimientos similares de medición en otras áreas de la ciudad de Lima y en otras regiones del país.

2. MEDICIÓN Y TRATAMIENTO DE DATOS

2.1. Localización del área de medición

Se sabe que la mayor cantidad de Rn^{222} que se encuentra en el aire proviene del suelo. La presencia del gas radón del subsuelo está asociada a la existencia de uranio, radio, polonio, etc. en los suelos donde existe grava aluvial, rocas, etc., contaminantes que aún en tasas muy pequeñas, se convierten en fuentes naturales radioactivas perennes, difíciles de erradicar y eliminar. La salida del gas al exterior sucede continuamente, los suelos están siendo constantemente removidos y se producen una serie de vibraciones naturales o artificiales que hacen que el gas salga, se mezcle con el aire y con los demás gases provenientes de otras fuentes o materiales. La emanación del gas Rn^{222} se acentúa considerablemente si hay presencia de fallas geológicas, presencia de volcanes, o si suceden sismos en la zona. [2,6]

La ciudad de Lima está situada en una región que reúne todas las condiciones para que se produzca la salida de este gas continuamente al exterior. Está situada muy cerca de la falla geológica de Paracas, donde se producen sismos con frecuencia, la ciudad ha sido construida en suelos con presencia de depósitos aluviales que posteriormente fueron usados como campos de cultivo por lo tanto fueron removidos constantemente. De allí surge la necesidad de medir la presencia de radón gas en esta zona.

Por conveniencia para realizar las primeras mediciones en esta zona, se eligió la EMHU – PUCP por reunir las condiciones antes descritas, además de la cercanía para la toma de datos, condiciones meteorológicas relativamente estables, será considerada como el centro piloto para trabajos posteriores.

2.2. Procedimiento para realizar la medición

La detección del Rn^{222} se realiza en forma indirecta, a través de las partículas α que se producen durante su decaimiento hacia el Polonio 228 (Po^{228}) o hacia otros de sus sucesores, las que al incidir sobre una lámina de plástico que funciona como “detector” [1], dejan huellas o trazas a su paso o durante su recorrido. Estas huellas quedan en forma permanente

sobre el detector. Un debido tratamiento químico del detector permite agrandar las huellas hasta un tamaño suficiente, en esta forma son susceptibles de ser contabilizadas con la ayuda de un microscopio óptico. Existen varios plásticos comerciales que son buenos candidatos para la detección de partículas α , en este trabajo se ha elegido la nitrocelulosa tipo LR115, probado anteriormente para otros trabajos similares [4], frente a las condiciones ambientales particulares de la ciudad de Lima, zona particularmente muy húmeda a lo largo de todo el año. Los datos obtenidos con el detector de nitrocelulosa LR115 son satisfactorios y nos han permitido realizar medidas secuenciales, colocando periódicamente los detectores al interior de los pozos construidos para tal fin.

Los detectores fueron ubicados al interior de cada pozo, contenidos dentro de un recipiente estandarizado en cuanto a volumen y forma, cuidando así que la cantidad de aire que rodea al detector sea siempre el mismo. El recipiente que contiene al detector es de material plástico, mantiene pegado a mitad de altura, un pedazo de cartulina sobre la cual se coloca fijo el detector. Todo el conjunto es mantenido fijo a la tapa del tubo de PVC mediante un alambre lo suficiente largo para situar al conjunto a unos 10 cm desde la base del pozo.

2.3. Mediciones

Después de un tiempo de exposición a la presencia del Rn^{222} proveniente del subsuelo al interior de los pozos, los detectores fueron retirados y sometidos a un baño químico (solución 2,5 N de NaOH), manteniendo una temperatura promedio de $60^{\circ}C$ durante 25 minutos. Posteriormente, los detectores fueron observados en un microscopio óptico, para realizar el conteo que se hizo individualmente, manteniendo un procedimiento estadístico común en todos y cada uno. Los resultados fueron obtenidos como densidad de huellas, contando N^0 de huella $/mm^2$. Datos que sirvieron para traducir los datos a concentraciones del gas radón medidas en los recintos en becquerels/ m^3 , usando para esto el factor de calibración determinado para el detector en trabajos previos [4,5]. Las medidas así obtenidas fueron traducidas a su vez a unidades de densidad / día y concentración / día, en esta última forma son usados para estudiar las fluctuaciones de la tasa de Rn^{222} a lo largo de los diferentes períodos correspondientes al primer semestre del año 2014.

2.4. Resultados y discusión

Los datos obtenidos siguiendo los procedimientos indicados son presentados en las siguientes gráficas:

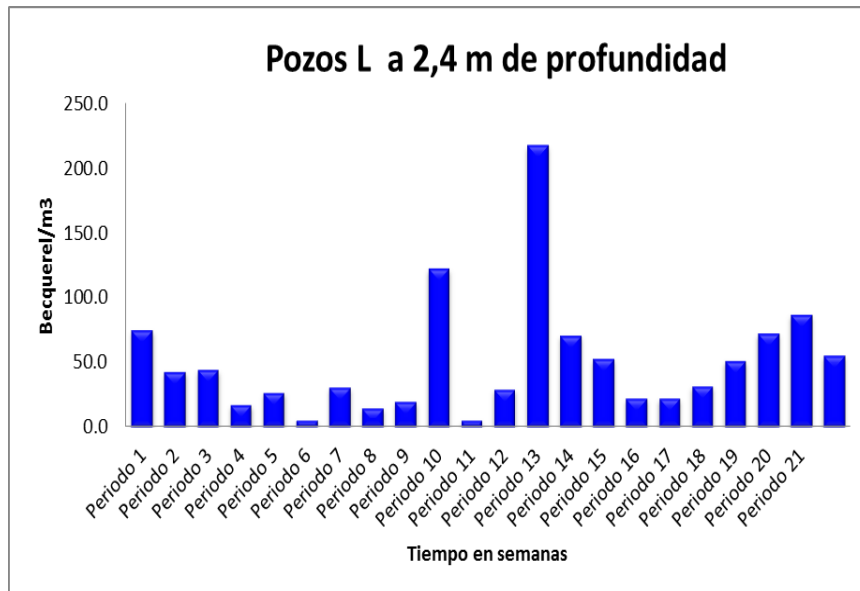


Figura 1. Valores promedios de las Concentraciones de Radón 222, medidas en los 4 pozos (L) ubicados a 2,4 m de profundidad

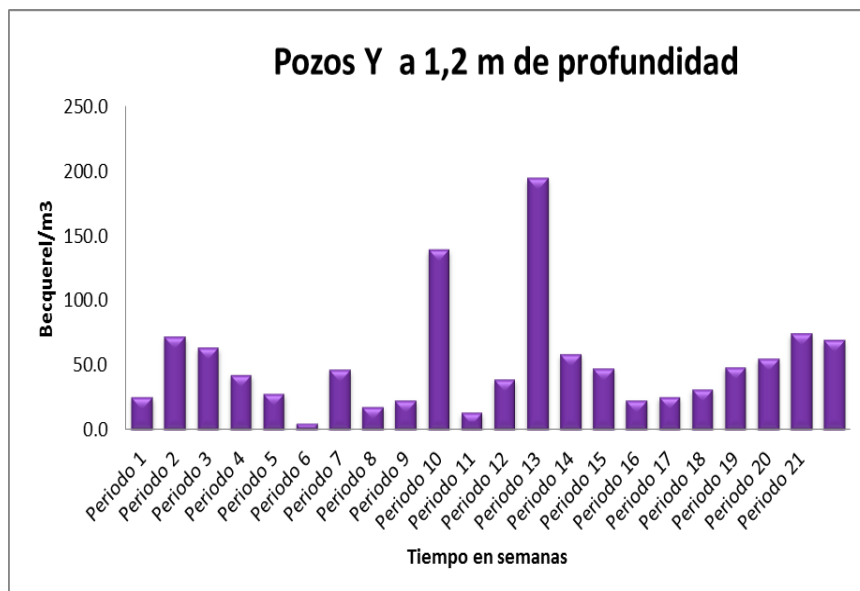


Figura 2. Valores promedios de las Concentraciones de Radón 222, medidas en los 3 pozos (Y) ubicados a 1,2 m de profundidad

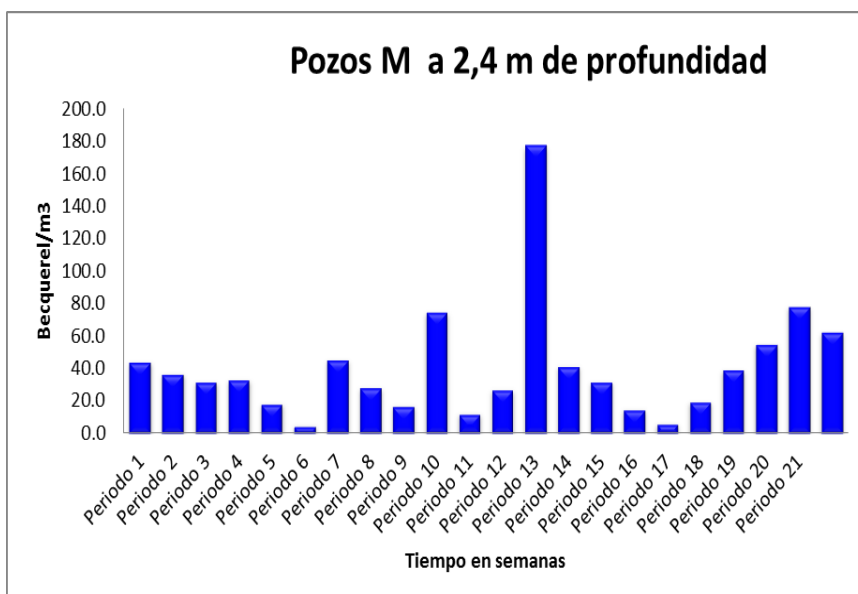


Figura 3. Valores promedios de las Concentraciones de Radón 222, medidas en los 3 pozos (Y) ubicados a 2,4 m de profundidad



Figura 4. Valores de las Concentraciones de Radón 222, medidas En la superficie dentro de la estación.

- Los resultados obtenidos concuerdan con datos y resultado de mediciones realizadas en otras regiones, es decir están dentro de los límites que corresponden a las tasas provenientes del subsuelo.
- Dentro de las mediciones programadas para el primer semestre del año 2014, hubo un período que sobrepasó el promedio de días que fluctuaron alrededor de 7 días, se debió a razones ajenas a los fines del trabajo.

- Sin embargo, este período es tratado en la misma forma que los demás y se le toma en cuenta para los análisis de resultados.
- Observando el gráfico que corresponde a las concentraciones promedias por día en los diferentes períodos, se ve las fluctuaciones que se producen en la presencia de este gas, particularmente en algunos períodos como el séptimo, décimo, treceavo y veintiunavo.
- El valor alto en el periodo 13 se debe a que ha habido mayor tiempo de exposición (14 días).
- Las fluctuaciones en los demás períodos fueron detectadas en todos y cada uno de los pozos.
- En el trabajo se presentan sólo los valores promedios de las mediciones realizadas por razones estadísticas.
- En los resultados parciales en cada pozo o agrupados entre ellos, a fin de mejorar la estadística
- En la figura 4 se puede observar una anomalía muy marcada al periodo 10 que corresponde a la semana del 21 al 28 de marzo, y esta misma anomalía se observa en las figuras 1, 2 y 3.

3. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que la metodología propuesta para medir el Radón gas proveniente del subsuelo es satisfactoria.
- Los resultados obtenidos concuerdan bien con los valores reportados en otros trabajos similares relativas a mediciones en subsuelos [2]
- La metodología propuesta es relativamente simple de realizar para trabajos locales como el presentado.
- Este trabajo contribuye a establecer medidas de la tasa del Radón 222, presente en el ambiente de la ciudad de Lima.
- Los resultados servirán para trabajos posteriores de interés local, con relación a la contaminación ambiental por elementos radiactivos naturales.
- Se recomienda seguir tomando datos en distintos tipos de suelo a fin de poder identificar lugares con mayor potencial de incidencia del gas radón 222.

4. REFERENCIAS

1. Fleisher, R. L *Nuclear Tracks: Principles and Applications* University of California Press – Berkeley . (1975)
2. Friedman, K., Aric, K., et al *Radon measurements for earthquake prediction along North Anatolian Fault Zone Tectonophysics*, **152**, 209-217. (1988)
3. Jonsson, G., “A simple model for estimating the mixing depth from the diurnal variation of Atmospheric 222Radon concentration”, Proc. *4th Symposium on natural Radiation Enviroment*, Lisboa-Portugal, (1987).
4. Pereyra, P., López Herrera, M. E. “Detection of Alpha Particles using Nuclear Tracks”. Proc.*17th International Conference on Nuclear Track in Solids*, Dubna-Rusia. (1994)
5. Pereyra, P., López Herrera, M. E. “Calibración de detectores plásticos de Nitrocelulosa”. Proc.*III Congreso Regional sobre Seguridad Radiológica y Nuclear. Congreso Regional, IRPA. Cuzco – Perú* (1995)
6. López Herrera, M. E., Pereyra, P., et al., “Detection of radon gas from the soil using nuclear tracks and its probable relation with Seismic events”. Proc. *19th International Conference on Nuclear tracks in solids.*, Besancon – Francia (1998)