

INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES  
DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO

CAMBIOS DE RADON AMBIENTAL RELACIONADOS CON EL ECLIPSE DEL DIA 11 DE JULIO

DE 1991.

GERENCIA DE INVESTIGACION APLICADA

INFORME TECNICO IA-92-12

MAYO DE 1992.

CAMBIOS DE RADON AMBIENTAL RELACIONADOS CON EL ECLIPSE DEL DIA

11 DE JULIO DE 1991.

M.I. Gaso, M.L. Cervantes  
Gerencia de Seguridad Radiológica

N. Segovia A.  
Gerencia de Investigación Aplicada  
Dirección de Investigación y **Desarrollo**  
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

V. H. Espíndola  
Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.

INFORME TECNICO IA-92-12

MAYO DE 1992.

CAMBIOS DE RADON AMBIENTAL RELACIONADOS CON EL ECLIPSE DEL 11  
DE JULIO 1991

M.I. Gaso\*, M.L. Cervantes\*, N. Segovia\*, V.H. Espíndola\*\*.

\* ININ, Ap. Post. 18-1027, 11801 México D.F., México

\*\* IGFUNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., México.

RESUMEN

Se realizaron estudios sistemáticos de radón y de dosis gamma en aire en el Centro Nuclear de México durante un período de nueve meses que incluyó el eclipse total de sol ocurrido el 11 de julio de 1991.

Las concentraciones de radón se midieron con un equipo electrónico que mide en forma continua y la tasa de dosis gamma en aire se obtuvo con una cámara de ionización.

Los resultados muestran que las fluctuaciones de radón en aire están influenciadas por los cambios meteorológicos mostrando comportamientos distintos a largo y corto plazo. Las variaciones de largo plazo están correlacionadas directamente con la temperatura exterior mientras que las de corto plazo tienen una relación inversa con la temperatura. Estos últimos resultados se discuten respecto a cambios atmosféricos drásticos ocurridos en el periodo y a aquellos cambios leves resultado del eclipse total de sol. Las tasa de dosis gamma en aire mostró estabilidad durante el estudio.

CAMBIOS DE RADON AMBIENTAL RELACIONADOS CON EL ECLIPSE DEL  
11 DE JULIO DE 1991.

M.I. Gaso\*, M.L. Cervantes\*, N. Segovia\*, V.H. Espíndola\*\*.

\* ININ, Ap. Post. 18-1027, 11801 México D.F., México

\*\* IGFUNAM, Ciudad Universitaria, 04510 México D.F., México.

INTRODUCCION

El radón ( $^{222}\text{Rn}$ ) es un gas noble, inerte y radiactivo, emisor de partículas alfa, cuya vida media es de 3.8 días; se forma en la naturaleza por desintegración del radio en la serie radiactiva natural del uranio ( $^{238}\text{U}$ ).

El radón que se encuentra al aire libre proviene principalmente del suelo. Existen varias otras fuentes secundarias, como los océanos, las aguas subterráneas, el gas natural, los fluidos geotérmicos y la combustión de carbón<sup>1</sup>. Las concentraciones atmosféricas de radón a nivel del suelo son función del término fuente -tasa de exhalación- y del proceso de dilución atmosférica. El grado de equilibrio radiactivo entre el radón y sus productos de desintegración en la atmósfera a nivel del suelo depende también en gran medida de las condiciones meteorológicas.

Ya que el uranio se encuentra en pequeñas cantidades en casi todas las rocas de la corteza terrestre, al generarse el radón, éste tiende a salir de la roca, incorporarse a los fluidos terrestres y migrar hacia la superficie terrestre de donde pasa a la atmósfera.

Debido a su alta capacidad de transporte en el suelo y a su carácter radiactivo, el radón se utiliza como trazador natural de movimientos de la corteza y de transporte de fluidos. El estudio de anomalías de radón en suelo y agua subterránea ha permitido correlacionarlas con eventos

geofísicos de alta intensidad, como sismos y erupciones volcánicas, así como utilizarlo en la caracterización de sistemas acuíferos<sup>2,3,4</sup>.

Por otro lado, se sabe que de la dosis de radiación natural que reciben los seres vivos, el 40% se debe a la exposición al radón natural presente en casas, cavidades subterráneas y exteriores en diferentes concentraciones dependiendo de los materiales y rocas cercanas. En casos en que las concentraciones de radón se encuentren por encima del valor establecido a nivel internacional (148 Bq/m<sup>3</sup> en interiores), se estima que pueden ocurrir daños a la salud por irradiación anómala del epitelio bronquial y pulmonar<sup>5</sup>. Debido a esto, se llevan a cabo a nivel mundial estudios de radón en el entorno para determinar su concentración en agua, aire y suelo y en caso necesario, aplicar acciones de mitigación.

De estudios realizados en los últimos años se sabe<sup>5</sup> que el nivel de radón en aire libre fluctúa en promedio de 3.7 Bq/m<sup>3</sup> a 26 Bq/m<sup>3</sup> debido a diversos factores locales ambientales y geológicos. Con la finalidad de determinar fluctuaciones de radón en la atmósfera debidas a cambios climáticos de corto y largo plazo, se realizaron estudios sistemáticos de radón y de dosis gamma en aire en el Centro Nuclear de México durante un período de nueve meses que incluyó el eclipse total de sol ocurrido el 11 de julio de 1991. En este trabajo se presentan los resultados obtenidos en ese experimento y se discuten respecto a cambios atmosféricos drásticos ocurridos en el período de estudio y a aquellos cambios leves resultado del eclipse total de sol.

#### LOCALIZACION DEL MUESTREO

El Centro Nuclear de México está situado a los 19° 17' 19'' de latitud norte y 99° 22' 43'' de longitud oeste, en la parte central del eje neovolcánico mexicano, a una altura de

3000 msnm.

La geología de la región incluye rocas ígneas, en especial andesitas y basaltos. La meteorología local presenta la estación de lluvias de mayo a septiembre.

#### EL ECLIPSE

En el sitio de observación, el eclipse parcial del 11 de julio de 1992 se inició a las 11h 53m 50s y terminó a las 14h 47m 02s, mientras que la totalidad se inició a las 13h 19m 53s alcanzando el máximo a las 13h 23m 15s y terminó a las 13h 26m 36s. El cielo se mantuvo razonablemente despejado con nubosidades ténues y no se registró precipitación.

#### PARTE EXPERIMENTAL

La determinación de radón ambiental se realizó con un monitor portátil Honeywell, AT EASE<sup>TM</sup>, modelo 05-420, cuya unidad de detección consiste en un detector de silicio capaz de medir las partículas alfa del decaimiento del radón (5.48 Mev). El equipo cuenta con un micro control que almacena y analiza los datos colectados por el sistema de detección de estado sólido. Las medidas de concentración de radón ( $Bq/m^3$ ) registradas durante las últimas 12 horas pueden obtenerse en forma manual. El equipo las actualiza cada hora. La precisión reportada es de + 10%.

Las medidas se realizaron desde febrero hasta octubre de 1991 entre las 11 y las 14 horas, una vez por día, entre tres y cinco veces por semana, excepto el día del eclipse donde se obtuvieron 4 medidas entre las 11 y las 14 horas. En algunas ocasiones en que ocurrieron cambios climatológicos drásticos también se hicieron varias medidas.

El monitor se colocó en una estación fija exterior a un metro sobre el nivel del suelo durante el período de medición.

Se realizaron asimismo medidas de tasa de dosis gamma en

aire con una cámara de ionización presurizada portátil. Este instrumento permite medir la componente penetrante ( gamma más rayos cósmicos secundarios) del campo de radiación ambiental. La tasa de dosis gamma se midió también a un metro sobre el nivel del suelo, cerca del monitor de radón.

Durante dicho período se registraron la humedad relativa y la temperatura con un polímetro Lambrecht modelo 202, colocado en la estación fija antes mencionada. Asimismo se obtuvieron los valores de temperatura, presión atmosférica y precipitación registrados en la estación meteorológica del Centro Nuclear.

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la concentración de radón en aire, la temperatura y la humedad relativa registrados de febrero a octubre de 1991, se muestran en la Figura 1. Estos resultados indican que las fluctuaciones del radón en aire están fuertemente influenciadas por los parámetros meteorológicos, encontrándose la misma tendencia general en el comportamiento del radón que en el de la temperatura, mientras que la humedad relativa se comporta en forma inversa tanto con respecto al radón como a la temperatura.

Analizando estos datos se encontró que el promedio mensual de la concentración de radón presenta un comportamiento lineal con el porcentaje de días con lluvia (Figura 2). Esto indica que la insolación aumenta la emanación del radón del suelo mientras que la lluvia satura los poros de la parte superior del suelo, inhibiendo el transporte del radón hacia la atmósfera. Este comportamiento del radón, coincide con datos reportados por otros autores en la literatura<sup>6,7,8,9</sup>. En efecto, se ha observado que pueden ocurrir comportamientos contradictorios dependiendo de la escala de tiempo en que se analiza la concentración de radón en suelo: para intervalos cortos, la concentración de radón

en suelo decrece al decrecer la temperatura externa. En contraste, a escalas mayores de tiempo, el radón en suelo decrece al incrementarse la temperatura externa. Debido a que la disminución de radón del suelo es una función de su transferencia hacia la atmósfera, su concentración en esta, tendrá una tendencia a crecer al aumentar la temperatura externa, lo cual explica el comportamiento observado en las Figuras 2 y 3, indicando que a mayor insolación ocurre un efecto de bombeo de gases hacia la atmósfera.

En la Figura 3 se muestra el comportamiento del radón durante el eclipse. En este caso nos encontramos frente a variaciones meteorológicas leves y de muy corta duración, observándose un incremento del radón ambiental al disminuir la temperatura. Como se mencionó anteriormente, las concentraciones de radón en suelo a corto plazo decrecen al aumentar la temperatura exterior y por lo tanto, aumenta en la atmósfera incrementándose el flujo de gases debido a las diferencias de temperatura entre las capas superiores del suelo y la atmósfera al nivel del suelo. Estos resultados concuerdan con otras observaciones de radón ambiental en atmósfera durante un eclipse<sup>10</sup> donde los autores, explicaron el comportamiento del incremento de radón en términos de la reducción de turbulencias en el aire como consecuencia del descenso de la temperatura al nivel del suelo.

El aumento de radón ambiental observado durante el eclipse fue menos marcado que el observado cuando ocurrieron cambios meteorológicos más bruscos, durante la estación de lluvias en 1991. Ejemplos de esto se encontraron en julio y agosto (Figura 1), donde se observan dos picos, uno el 12 de julio y otro el 16 de agosto. En el primero, el radón subió a  $48 \text{ Bq/m}^3$ , lo cual parece tener una relación con la estabilidad atmosférica observada los tres días anteriores. En efecto, del 9 al 12 de julio la precipitación fué muy baja (2 mm, 0.1 mm y 0 mm respectivamente), mientras que la



temperatura y humedad relativa se mantuvieron estables. El incremento de radón observado el 12 de julio pudo por lo tanto ser consecuencia de un descenso en la humedad del suelo dando un efecto comparable al de la Figura 3.

El 16 de agosto ocurrió una granizada súbita a las 13:50 horas, aumentando la humedad relativa de 55% a las 12:30 horas a 100% a las 14:50 horas y con un descenso en la temperatura de 19.5°C a 8°C en el mismo período. La concentración de radón en aire aumentó de 14.8 Bq/m<sup>3</sup> a las 12:30 horas a 44.4 Bq/m<sup>3</sup> a las 14:50 horas. Los cambios meteorológicos del 16 de agosto fueron mas drásticos que durante el eclipse y el aumento en la concentración de radón también.

La componente gamma más rayos cósmicos secundarios del campo de radiación ambiental, obtenidos con la cámara de ionización mostró estabilidad temporal durante todo el experimento incluyendo el día del eclipse.

#### NOTAS FINALES

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que los niveles de radón ambiental pueden sufrir cambios sustanciales de acuerdo con los parámetros meteorológicos y que son consecuencia del compromiso existente entre temperatura, humedad relativa y régimen de lluvias.

Debido a que la mayor contribución a la dosis que reciben los seres vivos por exposición a la radiación natural proviene del radón, es importante conocer el potencial de emanación del suelo para poder estimar los niveles de radón que pueden esperarse en el interior de los edificios.

En las zonas templadas del globo, la concentración de radón en interiores es en promedio unas ocho veces mayor que al aire libre. Además existen casos de muy altos niveles de radón (ej. 10 000 Bq/m<sup>3</sup>) encontrados en viviendas de Suecia, Finlandia y Estados Unidos lo que significa 5000 veces la

concentración promedio al aire libre.

En los últimos años se ha prestado mucha atención al radón natural y especialmente a los problemas de exposición al radón y sus descendientes radiactivos en interiores, con el fin de determinar un factor de riesgo ligado a los posibles daños a la salud por exposición a radiación ionizante en pulmón. Esto requiere estudios sistemáticos de variaciones de concentración de radón en el medio ambiente y de su efecto sobre grupos de población.

#### REFERENCIAS

- 1.- UNSCEAR. Exposures from natural sources of radiation. Annex A, (1988).
- 2.- Segovia N., S. De la Cruz-Reyna, M. Mena, E. Ramos, M. Monnin, J.-L. Seidel. Radon in soil anomaly observed at Los Azufres geothermal field, Michoacan. A possible precursor of the (Ms=8.1), 1985 Mexico earthquake. Natural Hazards J. 1, 319-329 (1989).
- 3.- De la Cruz-Reyna S., M. Mena, N. Segovia, J.-F. Chalot, J.-L. Seidel, M. Monnin. Radon emanometry in soil gases and activity in ashes from El Chichon volcano. PAGEOPH., 123, 3, 407-421 (1985).
- 4.- Michel J. and M.-J. Jordana. Nationwide distribution of  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{222}\text{Rn}$  and U in groundwater. In. "Radon in Ground Water". B. Graves, ed., Lewis Publishers Inc., Chelsea, Mi. 227-240 (1988).
- 5.- EPA/625/5-88/024. Technical guidance. U.S. Environmental Protection Agency. (1988).
- 6.- Segovia N., J.-L. Seidel, M. Monnin. Variations of radon in soils induced by external factors. J. Radioanal. Nucl. Chem. L. 119, 3, 199-209 (1987).
- 7.- Monnin M. and J.-L. Seidel. Radon and geophysics: Recent advances. Int. J. Radiat. Appl. Instrum, part D., Nucl. Tracks Rad. Meas. 19, 1-4, 375-382 (1991).
- 8.- Hunyadi I., J. Hakl, L. Lenart, G. Geczy, I. Csige. Regular subsurface radon measurements in Hungarian karstic regions. Int. J. Radiat. Appl. Instrum., Part D, Nucl. Tracks

Rad. Meas. 19, 1-4, 321-326 (1991).

9.- Urban M., D.A.C. Binns, J.J. Estrada. Radon measurements in mines and dwellings. Rep. KfK 3866. CNEN 1101. Kernforschungs-Zentrum, Karlsruhe. (1985).

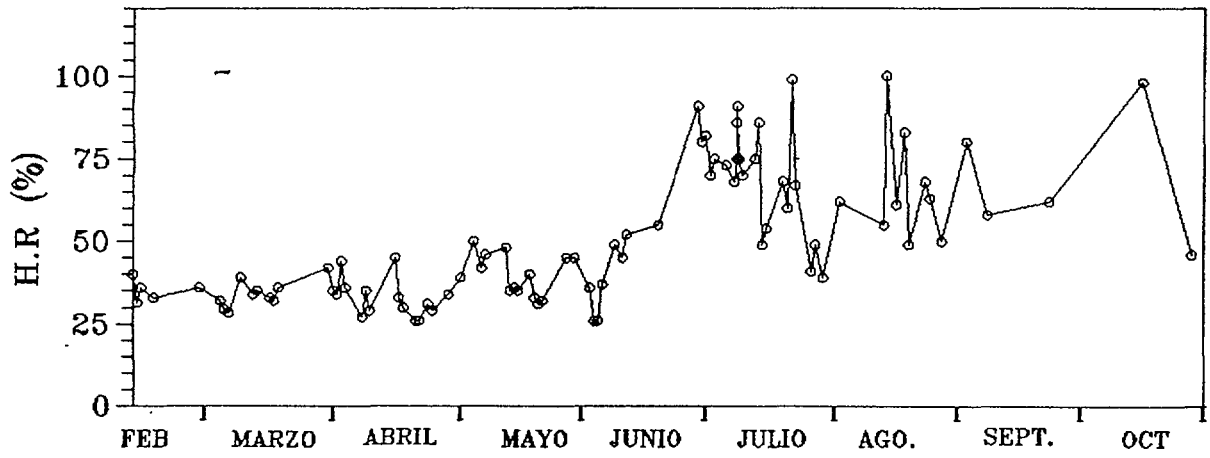
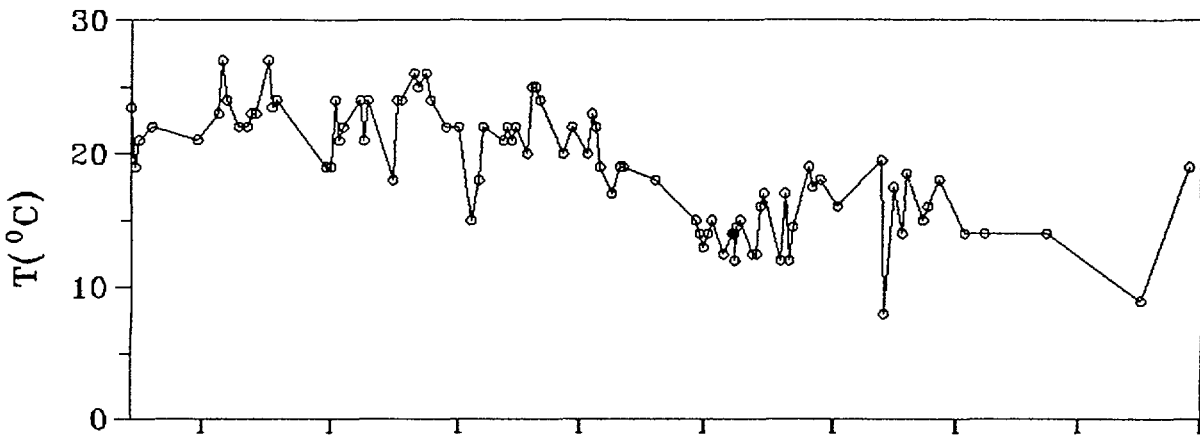
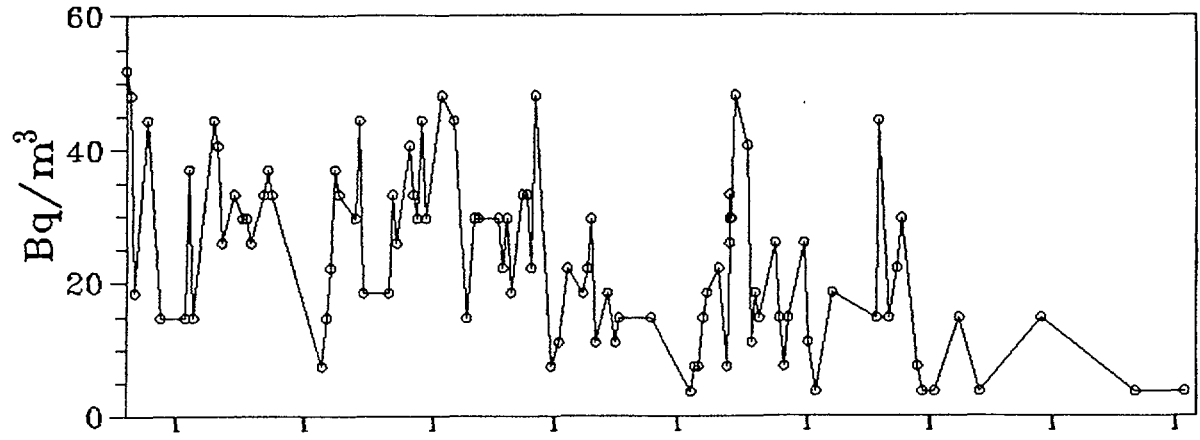
10.- Kotrappa P., Y.S. Mayya, S.K. Dua, P.C. Gupta. Increase in ground level concentration of radon during a solar eclipse. Health Phys. 40, 559-560 (1981).

## PIES DE FIGURAS

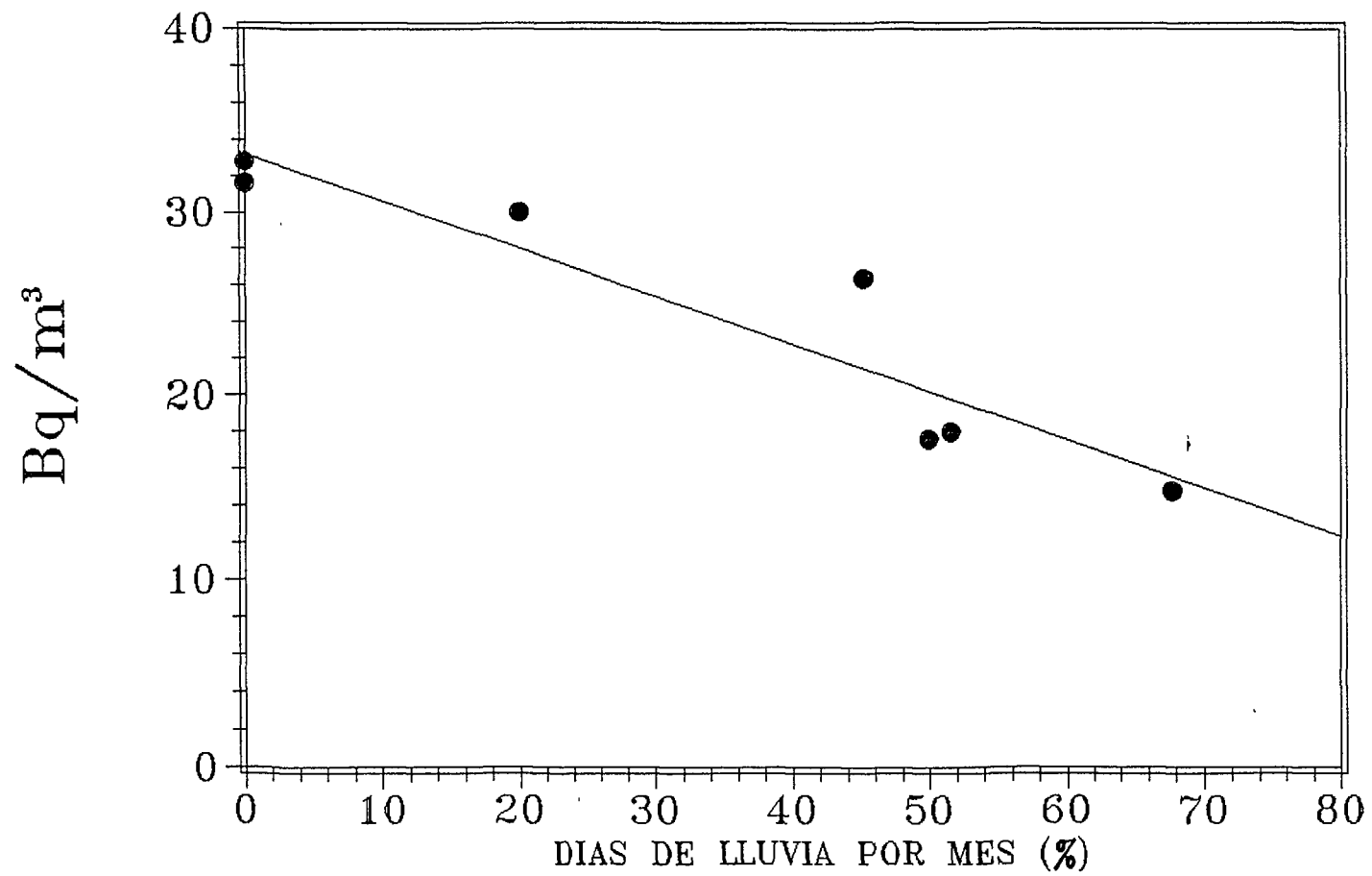
Fig. 1.- Radón ambiental, temperatura y humedad relativa vs. Tiempo.

Fig 2.- Valores promedio de radón ambiental vs. Porcentaje de días de lluvia.

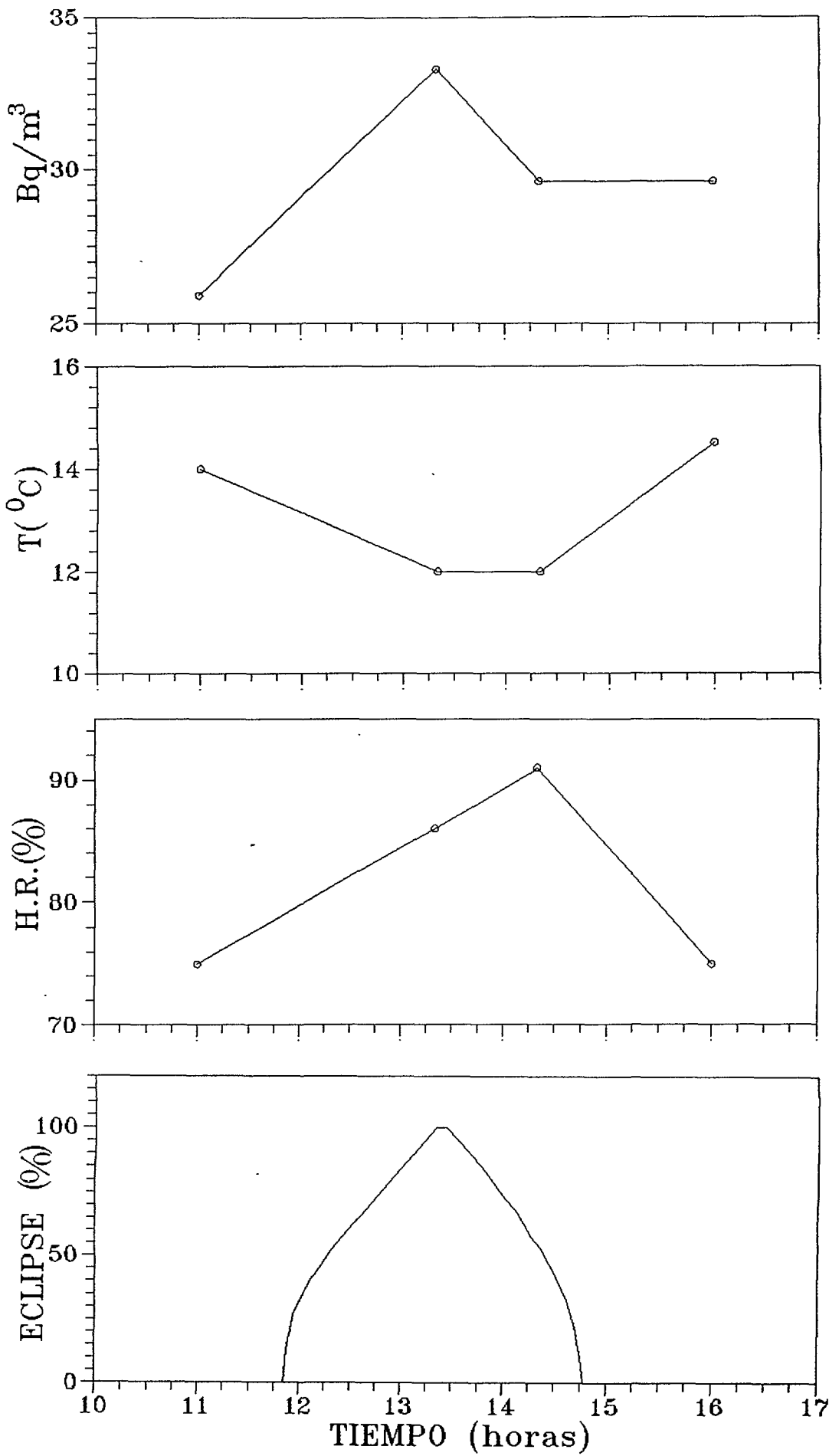
Fig 3.- Radón ambiental, temperatura, humedad relativa y porcentaje del eclipse vs. Tiempo.



1991



$$f(x) = -0.26x + 33.2$$



JULIO 11, 1991