

DETERMINACION DE PLOMO 212 EN LA ATMOSFERA  
DE LA CIUDAD DE MEXICO COMO MEDIDA DE SU  
CONTAMINACION

A. Moreno Moreno y A. Rodriguez Fraga

Instituto de Física, Universidad Nacional de México

(Recibido: 20 de Diciembre de 1962)

RESUMEN

*In this work we inform of measurements on the concentration of  $Pb^{212}$  in the lower atmosphere of the Federal District (México, D.F.), as well as the correlation between natural radioactivity and precipitation in the period between May 1961 and January 1962. This method provides an easy procedure for determining the contamination of the atmosphere.*

INTRODUCCION

En un trabajo anterior (1) se analizó la presencia de los productos de decaimiento del Th-232 a partir del Rn-220 y sus dependientes radiactivos en las bajas

regiones de la atmósfera de la Ciudad de México, así como el sistema de ecuaciones diferenciales que determinaban el proceso.

### DESCRIPCION DEL METODO

Para obtener las muestras de polvo de la atmósfera se utilizaron recolectores Staplex Mod. TFI A, empleándose discos filtros BM-1233 de celulosa con diámetro eficaz de 10 centímetros.

El gasto de estos recolectores es de  $6 \times 10^7$  centímetros cúbicos por hora y la eficiencia de un 90 por ciento.

La duración de exposición de los filtros fué de 24 horas.

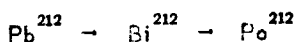
Después de incinerar, calcinar y sellar las cenizas en polietileno, las muestras se contaron a intervalos de dos minutos en la primera hora y después cada hora en las siguientes veinticuatro horas, continuándose después el conteo durante varios días por lo menos una vez al día.

Para el conteo de las muestras comprendidas entre la FA-650 a FA-761 se utilizó un contador Geiger Mod. TBC 2/1B84 Tracerlab, ventana 1.8 miligramos por centímetro cuadrado con una eficacia de 7.14 %.

Las muestras siguientes fueron contadas en contador de Centelleo (cristal para beta) y una eficiencia de 13.8 %.

En la gráfica (1), se presenta el resultado obtenido en la muestra FA-729, observándose la actividad beta correspondiente a la pendiente de 10.6 h.

En todas las muestras fue comprobado este hecho, no sólo mediante el análisis de las curvas sino por determinación de Energía en las  $\beta$ , indicando la presencia de PB-212, uno de los miembros de la cadena:



aún en los casos que se analizaron por decaimiento alfa con cristal de centelleo ZnS-Ag se encontró la componente de 10.6 horas.

La parte de la curva (Gráfica 1), que indicamos por (c) corresponde a productos de vida media larga.

La actividad recolectada en el filtro queda determinada por el sistema de ecuaciones diferenciales:

$$\frac{dN_1}{dt} = n_1 g - \lambda_1 N_1 \quad (1)$$

$$\frac{dN_2}{dt} = n_2 g + \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2$$

donde  $n_1$  = número de átomos de Pb-212/cm<sup>3</sup> en el medio ambiente

$n_2$  = número de átomos de Bi-212/cm<sup>3</sup> en el medio ambiente

$\frac{dN_1}{dt}$  = rapidez de cambio de la actividad del Pb-212 en el filtro durante la recolección.

$\frac{dN_2}{dt}$  = rapidez de cambio del Bi-212 en el filtro durante la recolección.

La solución del sistema de ecuaciones es la siguiente:

$$N_1 = \frac{n_1 g}{\lambda_1} (1 - e^{-\lambda_1 \tau}) + N_1^0 e^{-\lambda_1 \tau}$$

$$N_2 = \frac{g(n_1 + n_2)}{\lambda_2} (1 - e^{-\lambda_2 \tau}) - \frac{n_1 g}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_2 \tau}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 \tau}$$

con  $\tau$  = tiempo de recolección (veinticuatro horas en nuestro caso)

$\lambda_1$  = constante de decaimiento del Pb-212

$\lambda_2$  = constante de decaimiento del Bi-212

Como la recolección se inicia con el filtro de celulosa limpio  $N_1^0 = N_2^0 = 0$ , entonces la solución del sistema de ecuaciones en términos de actividades quedaría:

$$A_1 = n_1 g (1 - e^{-\lambda_1 \tau})$$

$$A_2 = (n_1 + n_2) g (1 - e^{-\lambda_2 \tau}) - \frac{\lambda_2 n_1 g}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 \tau} - e^{-\lambda_2 \tau})$$

Ahora bien, como la constante de decaimiento del Pb-212 es mucho menor que la del Bi-212 y  $\tau = 24$  horas  $\lambda_2 / (\lambda_2 - \lambda_1)$  es aproximadamente uno y además,

$$e^{-\lambda_2 \tau} \approx 0$$

por lo que:

$$A_2 = n_1 g (1 - e^{-\lambda_1 \tau}) + n_2 g$$

y como el tiempo de recolección es largo  $n_2 g = 0$ .

Pero en el filtro,  $A_1$  y  $A_2$  (actividades de Pb-212 y Bi-212) aparecen como actividades sumadas:

$$A_1 + A_2 = 2n_1 g (1 - e^{-\lambda_1 \tau}) + n_2 g$$

Al comenzar el conteo de la muestra las actividades  $P_1$  del Pb-212 y  $P_2$  del Bi-212 serán:

$$P_1 = A_1 e^{-\lambda_1 t}$$

$$P_2 = \frac{A_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + A_2 e^{-\lambda_2 t}$$

y como para tiempos largos la exponencial

$$e^{-\lambda_2 t} \approx 0$$

entonces la actividad total observada será

$$P_{total} = P_1 + P_2 = 2A_1$$

puesto que ya aclaramos que  $\lambda_1 \ll \lambda_2$  y además tomamos como cero para el tiempo el instante de iniciar el conteo.

Ahora como

$$A_1 = n_1 g (1 - e^{-\lambda_1 \tau}) \quad (a)$$

$$n_1 = \frac{A_1}{g (1 - e^{-\lambda_1 \tau})} \quad (b)$$

con:

$$A_1 = \frac{P_{total}}{2} \quad (c)$$

Utilizando la expresión (b) para  $n_1$  (número de átomos de Pb-212/cm<sup>3</sup> en la baja atmósfera) y sustituyendo el valor de  $A_1$  dado por (c) se obtuvieron los valores de  $n_1$  que se observan en la Tabla (1) para todas las muestras.

$P_2$  se obtuvo extrapolando a cero la pendiente de 10.6 horas.

#### TABLA 1

En la gráfica (2) se han representado los valores obtenidos para  $n_1$  en el período comprendido entre el 9 de Mayo de 1961 y el 22 de Enero de 1962.

#### GRAFICA II

La gráfica (3) muestra la precipitación pluvial en el Distrito Federal (México, D.F.), en el mismo período de tiempo.

#### GRAFICA III

Un análisis de ambas gráficas muestra un aumento marcado en la Radiactividad natural en el período correspondiente a la época de sequía (Septiembre a Enero),

que disminuye notablemente en la época de lluvia (Mayo a Septiembre aproximadamente).

### CONCLUSIONES

El presente trabajo muestra que la determinación de Pb-212 en las bajas regiones de la atmósfera puede sumarse a los métodos convencionales como indicador relativo del grado de contaminación atmosférica.

### AGRADECIMIENTO

Los autores desean expresar su agradecimiento al Sr. Juan Martínez que procesó las muestras.

TABLA 1

Muestra	Fecha	$n_1$	Precipitación Total mm. Hg.
FA-650	9-5-61	$39.4 \times 10^{-4}$	0.0
FA-651	10-5-61	$47.2 \times "$	0.0
FA-652	11-5-61	$48.1 \times "$	0.0
FA-653	12-5-61	$58.9 \times "$	0.0
FA-654	13-5-61	$118 \times "$	0.0
FA-656	16-5-61	$34.6 \times "$	1.4
FA-657	17-5-61	$47.2 \times "$	0.0
FA-662	23-5-61	$29.4 \times "$	Inap.
FA-664	25-5-61	$42.1 \times "$	Inap.
FA-665	26-5-61	$39.4 \times "$	0.0
FA-669	31-5-61	$47.2 \times "$	0.0
FA-674	5-6-61	$41.2 \times "$	Inap.
FA-689	23-6-61	$33.3 \times "$	0.1
FA-694	29-6-61	$31.5 \times "$	1.3
FA-704	11-7-61	$23.7 \times "$	3.0
FA-712	20-7-61	$33.5 \times "$	0.0
FA-713 x	21-7-61	$29.3 \times "$	0.0
FA-718	27-7-61	$25.8 \times "$	3.1
FA-720	29-7-61	$29.4 \times "$	4.3
FA-721	30-7-61	$29.4 \times "$	Inap.
FA-724	3-8-61	$27.6 \times "$	4.6
FA-727	7-8-61	$18.4 \times "$	8.4
FA-730	10-8-61	$39.4 \times "$	Inap.

Muestra	Fecha	$n_1$	Precipitación Total mm. Hg.
FA-731	11-8-61	$28.6 \times 10^{-4}$	33.8
FA-734	15-8-61	$32.3 \times "$	0.0
FA-735	16-8-61	$30.4 \times "$	0.0
FA-739	21-8-61	$29.4 \times "$	0.0
FA-741	23-8-61	$41.2 \times "$	2.3
FA-744	26-8-61	$43 \times "$	0.0
FA-747	30-8-61	$27.6 \times "$	9.8
FA-752	5-9-61	$29.4 \times "$	5.4
FA-753	6-9-61	$30.4 \times "$	0.0
FA-754	7-9-61	$49 \times "$	0.0
FA-755	8-9-61	$33.5 \times "$	0.0
FA-756	9-9-61	$55.1 \times "$	0.0
FA-757	10-9-61	$33.5 \times "$	11.5
FA-758	11-9-61	$34.6 \times "$	8.8
FA-760	13-9-61	$13.8 \times "$	1.2
FA-761	14-9-61	$18.7 \times "$	2.3
FA-769	23-9-61	$49.2 \times "$	0.0
FA-770	25-9-61	$20.1 \times "$	8.5
FA-771	26-9-61	$40.3 \times "$	Inap.
FA-799	28-10-61	$53 \times "$	0.0
FA-800	30-10-61	$85.8 \times "$	0.0
FA-803	2-11-61	$50.4 \times "$	0.0
FA-804	3-11-61	$38.4 \times "$	0.0
FA-805	4-11-61	$33.3 \times "$	0.0



Muestra	Fecha	$n_1$	Precipitación Total mm. Hg.
FA-806	6-11-61	$32.3 \times 10^{-4}$	0.7
FA-808	8-11-61	49.4 x "	Inap.
FA-809	9-11-61	42.3 x "	0.0
FA-810-	10-11-61	36.3 x "	0.0
FA-811	11-11-61	60.6 x "	Inap.
FA-812	13-11-61	26.1 x "	0.8
FA-813	14-11-61	68 x "	0.0
FA-814	15-11-61	30.3 x "	0.0
FA-816	17-11-61	48.4 x "	0.0
FA-819	21-11-61	63 x "	0.0
FA-820	22-11-61	34.3 x "	0.0
FA-821	23-11-61	68 x "	0.0
FA-825	28-11-61	46.4 x "	0.0
FA-824	27-11-61	31.2 x "	0.0
FA-826	29-11-61	34.3 x "	0.0
FA-828	1-12-61	36.3 x "	0.0
FA-834	8-12-61	47.4 x "	0.0
FA-836	11-12-61	35.4 x "	0.0
FA-840	16-12-61	66.1 x "	0.0
FA-861	22-1-62	83 x "	0.0
FA-871	20-2-62	34.3 x "	0.0
FA-873	23-2-62	50.7 x "	0.0

FA-729

FA-729

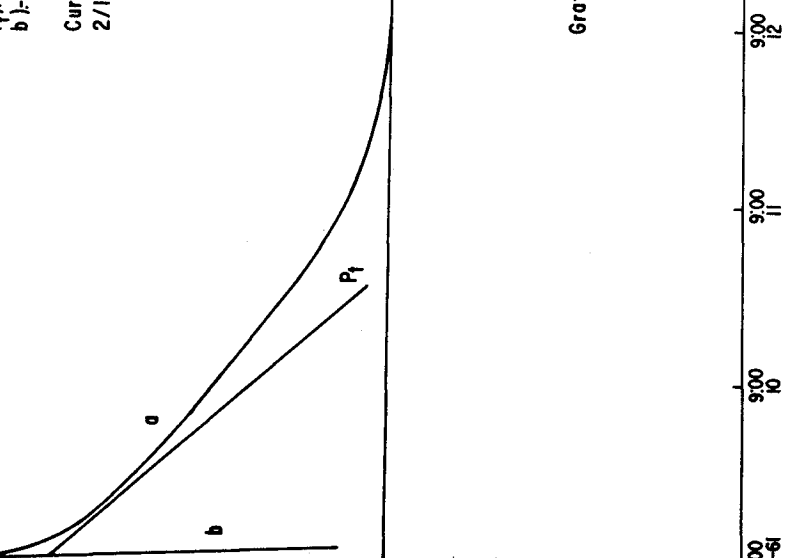
Fecha: 9-8-61

a)- Curva de decaimiento  $\beta$  observada.

$P_1$ )- Actividad total observada de pendiente 10.6h.

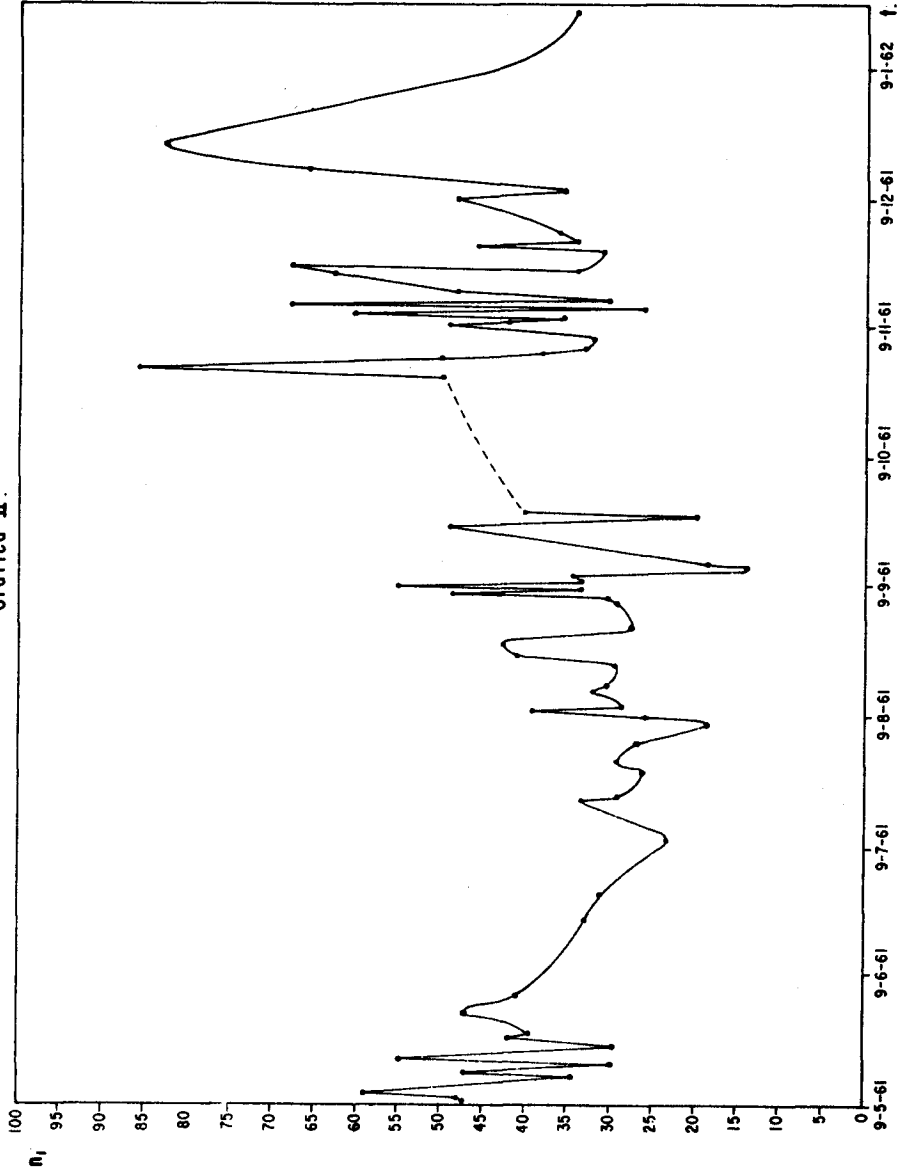
b)- Actividad  $A_2$  + productos decaimiento de  $Rn^{222}$   
(Pendiente, 0.5h.)

Curva obtenida con un contador Geiger. Mod.-TBC.  
2/1884.Tracerlab, ventana 1.8mg/cm<sup>2</sup>.



Grafica I

Gráfica II.



Gráfica III.

