



Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



Determinación del exceso de ^{210}Pb en muestras de suelo

Quintero Ponce Esperanza,¹ Rojas Martínez Vidal Rojas

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
Laboratorio de Vigilancia radiológica Ambiental

RESUMEN

La medida de ^{210}Pb en muestras de suelo se utiliza para conocer el grado de erosión de los campos agrícolas; además la medida de este radioisótopo en sedimentos de lagos y ríos se utiliza para fechar eventos ambientales recientes desde el comienzo de la época industrial hasta nuestros días debido a la vida media de este radionúclido. El presente trabajo muestra la metodología realizada para la determinación de ^{210}Pb superficial en exceso llamado *unsupported ^{210}Pb o excess ^{210}Pb* , presente en muestras superficiales de suelo y los resultados obtenidos de la concentración de dicho radionúclido en esta matriz, muestreada durante el periodo 2005 a 2010 en el Centro Nuclear de México y área de influencia (10 kilómetros a la redonda tomando como centro el edificio del Reactor Triga Mark III).

Introducción

El ^{210}Pb es un radionúclido natural producto del decaimiento de la cadena del ^{238}U (**Fig. 1**); el ^{210}Pb tiene una vida media ($t_{1/2}$) de 22.3 años [1], emite radiación gamma con energía de 46.5 kilo electrón Volt (keV), se encuentra distribuido en rocas y suelo de la corteza terrestre.

Dentro de la serie de decaimiento del ^{238}U se encuentra el ^{226}Ra ($t_{1/2} = 1602$ años), éste se desintegra para generar el gas noble ^{222}Rn ($t_{1/2} = 3.83$ días) que se difunde a la atmósfera a una razón de 42 átomos $\text{minuto}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2}$ aproximadamente [2], una de las hijas del ^{222}Rn es el ^{210}Pb por lo que también se encuentra en la atmósfera.

Existen entonces dos orígenes diferentes relacionados con la actividad de ^{210}Pb presentes en las muestras de suelo superficial.

1. El primer origen, representa el ^{210}Pb asociado al fondo natural y que se considera está en equilibrio con el ^{226}Ra llamado *supported ^{210}Pb* .
2. El segundo ^{210}Pb es de origen atmosférico como resultados de la desintegración del ^{222}Rn que se le conoce como *unsupported ^{210}Pb o excess ^{210}Pb* . La posterior incorporación de este último produce un “exceso” de este radioisótopo en relación a la concentración de actividad del ^{226}Ra presente en el suelo.





Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



Las diversas vías de incorporación del ^{210}Pb al suelo superficial se ilustran en la **Fig. 2** y las diferentes componentes son:

A) El ^{210}Pb formado por la desintegración del ^{226}Ra llamado *supported* ^{210}Pb .

B) Contribución atmosférica directa *unsupported* ^{210}Pb . Una fracción de los átomos de ^{222}Rn formados por la desintegración del ^{226}Ra en la litósfera escapan a través de los intersticios del suelo hacia la atmósfera. La desintegración del ^{222}Rn en la atmósfera produce ^{210}Pb el cual será devuelto a la litósfera mediante deposición seca o precipitación húmeda.

La figura 2 presenta como se produce el *unsupported* ^{210}Pb .

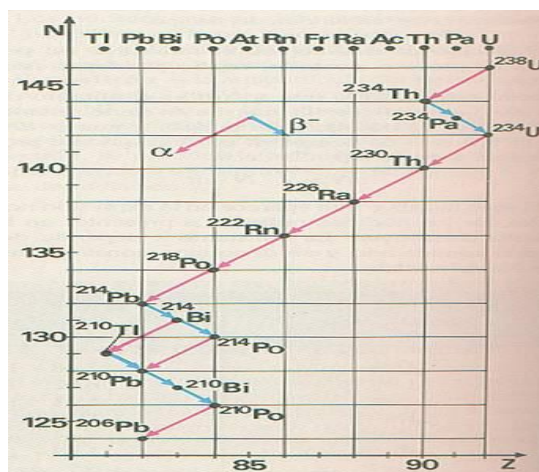


Fig. 1 Cadena de decaimiento del ^{238}U [4].

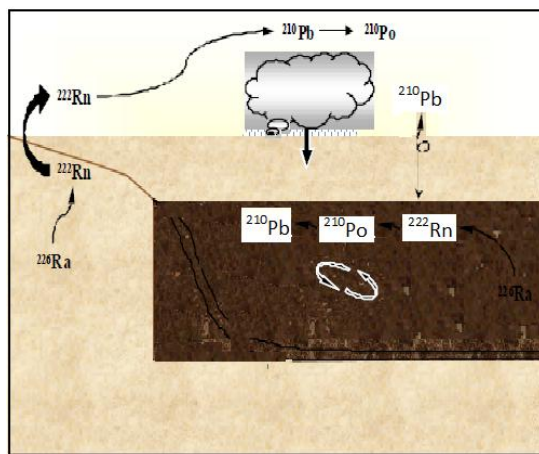


Fig. 2 Producción de *unsupported* ^{210}Pb [5]



Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



En este trabajo se presenta un estudio de la concentración del *unsupported* ^{210}Pb presente en muestras de suelo y causado por la emanación del ^{222}Rn analizadas durante el periodo de 2005 a 2010.

Material y métodos

La toma de muestras se llevó a cabo en 19 puntos en el Centro Nuclear de México (CNM), localizado en la carretera México-Toluca, cuyas coordenadas geográficas son $19^{\circ} 17'19''$, $99^{\circ} 22' 43''$; a una altitud de 3000 msnm y la zona aledaña de influencia.

Muestreo

El muestreo se realizó utilizando un nucleador de 8 cm de diámetro por 5 cm de profundidad, se tomaron varios núcleos de suelo para obtener un área de 200 cm^2 aproximadamente.

Preparación de muestras

A las muestras de suelo colectadas se les retiraron el material orgánico y rocas, después se secaron hasta peso constante y tamizaron en malla de 2 mm, se envasaron en Marinelli de 0.5 L de capacidad, para su conteo [6].

Preparación de los espectrómetros gamma.

Antes del conteo de las muestras, los espectrómetros se calibraron en energía y eficiencia de conteo. La calibración en energía es diaria y la de eficiencia de conteo es anual. La calibración en eficiencia (ϵ), se lleva a cabo utilizando un Marinelli de 0.5 L (igual a los contenedores de las muestras), con una solución multinúclidos certificada por el fabricante y referible al Sistema Internacional de Unidades. El tiempo de conteo del patrón fue de 30,000 segundos (s); el de fondo 200000 s y el de las muestras de 60000 s.

Las muestras se contaron en los espectrómetros con detectores tipo N del Laboratorio de Vigilancia Radiológica Ambiental (LVRA), que tienen ventana de berilio, estos tienen las siguientes características:

Esp ¹ Marca	2 Tennelec	3 PGT
ϵ^2 relativa	27.4%	29.4%
ϵ^2 en 46.5 keV	7.1E-02	8.4E-02
ϵ^2 en 186.5 keV	5.3E-02	5.6E-02

Tabla No.1 Eficiencias relativas y de conteo de los espectrómetros del LVRA.

Nota 1: Espectrómetro

Nota 2: Eficiencia de conteo





Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



El análisis de los espectros se realizó utilizando el software GammaVision 32, marca EG&G ORTEC. Debido a que las muestras no se sellaron en los recipientes marinellis el ^{210}Pb total se calculó con el fotopico de 46.5 y el ^{226}Ra en el de 186.5 keV respectivamente, suponiendo que la actividad del ^{235}U es más baja que la actividad mínima detectable (AMD) para el tiempo de conteo y el peso de muestra analizado.

La AMD es la cantidad más pequeña que puede detectarse en un tiempo de conteo dado y con un determinado volumen o peso de muestra, esta AMD, puede calcularse con la siguiente expresión [6]:

$$AMD = \frac{4.66 S_F}{\varepsilon P_\gamma W}$$

Donde: S_F es el error estándar estimado de la razón de conteo neto.

ε es la eficiencia de conteo para la energía 185.6 del ^{235}U .

P_γ es la probabilidad de que el ^{235}U emita radiación gamma con la energía de interés.

W es la masa o volumen de la muestra.

Para el cálculo de la actividad del unsupported ^{210}Pb se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{unsupported } ^{210}\text{Pb} = A_{210\text{Pb TOTAL}} - A_{226\text{Ra}} \quad [7]$$

Donde: $A_{210\text{Pb TOTAL}}$ es la actividad del ^{210}Pb calculada en el fotopico de 46.5 keV.

La Actividad del *unsupported* ^{210}Pb , aquí presentada es el valor promedio de las muestras colectadas anualmente; el error se calculó como la desviación estándar de la media aritmética de los resultados anuales.

Resultados y conclusiones

En la tabla No. 2 se presenta los promedios anuales de la concentración de ^{210}Pb total ($^{210}\text{Pb}_T$), ^{226}Ra y *unsupported* ^{210}Pb depositado.





Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



Año	(Promedio) Bq m ⁻² y ⁻¹		
	²¹⁰ Pb _T	²²⁶ Ra	²¹⁰ Pb _{unSUPP}
2005	54.3	46.4	7.9
DS	10.0	12.8	7.6
2006	66.6	37.3	29.4
DS	11.4	6.2	8.9
2007	69.9	43.2	26.7
DS	20.4	9.3	17.3
2008	109.0	44.5	38.0
DS	20.3	8.8	16.7
2009	61.0	40.2	20.8
DS	15.6	9.3	15.3
2010	64.9	40.1	24.4
SD	17.0	8.9	15.5

Tabla No. 2 Promedios anuales de la concentración de ²¹⁰Pb_T, ²²⁶Ra y *unsupported* ²¹⁰Pb

En la tabla No. 3 se presentan las estimaciones estadísticas que caracterizan las distribuciones como la media aritmética (MA), la media geométrica (MG), desviación estándar (DS), factor de dispersión (FD) y valor máximo y mínimo de la deposición anual en Bq m⁻² y⁻¹ [5].

Año	MA	MG	DS	FD	MAX	MIN
2005	7.1	3.2	7.6	1.0	17.4	0.3
2006	29.4	28.6	8.9	1.7	39.6	24.2
2007	26.7	20.4	17.3	0.3	52.4	4.1
2008	38.1	41.8	16.7	0.4	69.8	16.2
2009	20.8	14.0	15.3	0.4	45.6	1.9
2010	24.4	15.9	15.5	0.1	41.2	11.2

Tabla No. 3 Parámetros estadísticos de la deposición promedio anual de *unsupported* ²¹⁰Pb.

En la tabla No. 4 se presentan las densidades anuales promedio del suelo por año (δ) en kg·L⁻¹·Y⁻¹ utilizadas para corregir los resultados de actividad.



Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

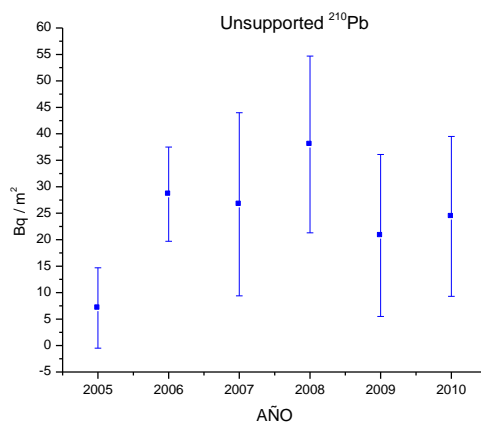
27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



Y	05	06	07	08	09	10
δ	1.1±0.1	0.7±0.1	0.8±0.1	0.8±0.1	0.9±0.1	0.8±0.1

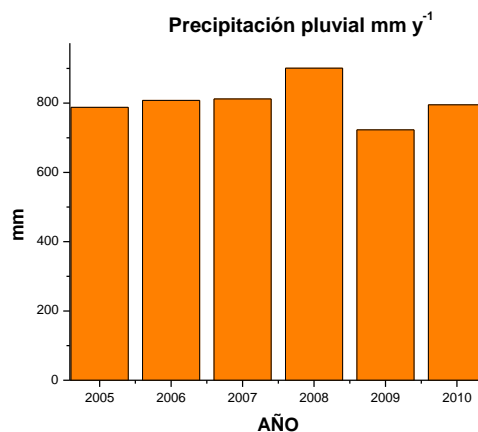
Tabla No. 4 Densidades promedio Y^{-1} .

En la gráfica No. 1 se presenta el promedio anual de la deposición de *unsupported* ^{210}Pb



Gráfica No. 1 Deposition promedio anual de *unsupported* ^{210}Pb

Por la gráfica No. 1 se observa que el promedio anual mayor de *unsupported* ^{210}Pb se presentó en el año 2008; debido a que la precipitación pluvial durante ese año fue mayor durante el periodo estudiado, como se muestra en la gráfica No. 2 [8]



Gráfica No. 2 Precipitación promedio anual



Memorias

Sección Química Nuclear

30° CONGRESO LATINOAMERICANO DE QUÍMICA, CLAQ – 2012

47° CONGRESO MEXICANO DE QUÍMICA

27 al 31 de octubre de 2012, Cancún Quintana Roo, México



Conclusiones

La sobreestimación de ^{210}Pb total ($^{210}\text{Pb}_T$) superficial produce una subestimación del grado de erosión y en la edad cronológica basada en el ^{210}Pb .

Los errores causados por el muestreo, la preparación de las muestras, la calibración en eficiencia de conteo de los espectrómetros, la estadística de conteo y otras causas naturales que producen la sobreestimación de ^{210}Pb superficial pueden pasar inadvertidos y producir errores en el cálculo del grado de erosión y en el fechado cronológico para evaluar sucesos recientes [5] basado en ^{210}Pb .

Agradecimientos

Agradecemos a los Técnicos Valentín Gonzalo y a Benítez Roberto, por la toma de muestras, identificación, preparación y envasado de suelo durante los últimos cinco años, así como, la atención que nos brindaron.

Referencias

[1] EG&Ortec Nuclide Navigator ver. 3, 1999.

[2] Luque Marín José Antonio. Tesis Doctoral “El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6000 años” (Facultat de Geologia Universitat de Barcelona) Febrero 2003 p.199

[3] <http://www.uib.no/norpec/pb210.htm>

[4] <http://thales.cica.es/rd/Recursos/rd99-0504-01/series.html>.

[5] [http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/.../181%20PITTAUEROVA%20D.%20\(P\).pdf](http://www.naweb.iaea.org/napc/ih/.../181%20PITTAUEROVA%20D.%20(P).pdf).

[6] IAEA, Measurement of Radionuclides in Food and the Environment a Guidebook, Technical Report Series No. 295 (1989) p. 29-31.

[7] Schuller Liewald Paulina Universidad Austral de Chile, comunicación electrónica.

[8] FUENTE : CONAGUA. Estadística del Agua en México, edición 2010.

