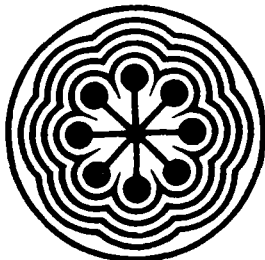




MX0600189

DETERMINACION DE LA RELACION ISOTOPICA  
234U/238U Y 235U/238U EN REACTIVOS COMER-  
CIALES DE URANIO POR ESPECTROMETRIA ALFA

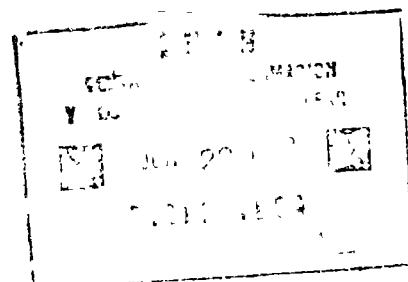
**instituto nacional de investigaciones nucleares**



DETERMINACION DE LA RELACION ISOTOPICA  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  Y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$   
EN REACTIVOS COMERCIALES DE URANIO POR ESPECTROMETRIA ALFA.

INFORME TECNICO Q-90-01  
FEBRERO, 1990.

JOSÉ LUIS ITURBE GARCÍA.



DEPARTAMENTO DE QUIMICA  
GERENCIA DE INVESTIGACION BASICA  
DIRECCION DE INVESTIGACION Y DESARROLLO  
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES NUCLEARES  
CENTRO NUCLEAR DE MEXICO

## RESUMEN

En este trabajo se presenta la determinación de la relación isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  obtenida mediante la técnica de espectroscopia alfa en reactivos de uranio de marcas comerciales.

\*

Los reactivos de uranio analizados fueron:  $\text{UO}_2$  pureza nuclear, -  $\text{UO}_3^*$  poly-science, uranio metálico, nitrato de uranio y acetato de uranio MERCK, acetato de uranio y nitrato de uranio BAKER, nitrato de uranio del Departamento de Refinación y Conversión del ININ\*, acetato de uranio MEDI-LAB Sigma de México\* y nitrato de uranio EM SCIENCE.

Los resultados obtenidos muestran que los reactivos que están indicados con asterisco se encuentran en equilibrio radiactivo entre el  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , puesto que el valor obtenido fue cercano a la unidad. En el caso de la relación isotópica  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  también se obtuvo el valor cercano al que marca la literatura o sea 0.04347, lo que indica que estos reactivos contienen al isótopo de  $^{235}\text{U}$  en el porcentaje encontrado en la naturaleza de 0.71%. Los demás reactivos se encuentran en desequilibrio radiactivo entre el  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ , los valores encontrados fluctuaron entre 0.4187 y 0.1677, y para el cociente de actividades  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  fueron de 0.0226, y el más bajo de 0.01084. Además en estos reactivos se encontró al  $^{236}\text{U}$  como impureza. El isótopo de  $^{236}\text{U}$  es un isótopo producido artificialmente, por lo que se supone que los reactivos que se encuentran en desequilibrio radiactivo fueron sintetizados a partir de combustible irradiado.

## INTRODUCCION

De los tres isótopos del uranio natural,  $^{238}\text{U}$ ,  $^{234}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}$ , los dos primeros forman parte de una misma serie de decaimiento radiactivo por lo que, en general, en sistemas cerrados, en donde no ha habido - - disturbios durante millones de años, los dos isótopos del uranio  $^{238}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}$ , deberían estar, en principio en equilibrio radiactivo o sea - que el cociente de actividades  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  o de cualquier otro par de elementos de la misma serie radiactiva debería ser igual a uno. Sin embargo en un sistema abierto, si uno o más de los descendientes radiactivos se pierden o se concentran durante un proceso físico-químico, se llega a un estado de desequilibrio radiactivo y esto se puede medir por medio del cociente de actividad  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  que será diferente a 1.

El problema del desequilibrio radiactivo en la serie de decaimiento del  $^{238}\text{U}$  ha sido estudiado primeramente por técnicas radioanalíticas y haciendo una combinación con la determinación de relación de isótopos mediante la espectroscopia de masas y más recientemente el análisis de isótopos separados químicamente para su estudio por espectroscopia alfa.

La espectroscopia alfa es una técnica muy precisa, versátil y - - sensitiva, la cual encuentra aplicación en algunos aspectos en el campo de la energía nuclear.

Preparando depósitos radiactivos delgados y uniformes y seleccionando un detector apropiado con su respectivo equipo electrónico asociado, es posible determinar una mezcla de núclidos emisores alfa, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, con un amplio grado de precisión con niveles de radiactividad encontrados en el medio ambiente, en plantas procesadoras nucleares y en patrones para medidas de datos nucleares, donde niveles del orden de unos cuantos cientos de nanocuries y microcuries pueden ser medidos exactamente. La espectroscopia alfa es también ampliamente usada en el control analítico de los elementos actinidos.

Para alcanzar a realizar la mejor exactitud en las determinaciones cualitativas y cuantitativas, se deben de tomar en cuenta algunos aspectos importantes:

1o.- El depósito de los emisores alfa debe ser lo más delgado y uniforme posible, esto es un prerequisite para llevar a cabo medidas de gran calidad mediante la espectroscopia alfa.

2o.- El detector debe ser el apropiado para alguna aplicación específica con su respectivo equipo electrónico asociado. El detector debe tener un gran poder de resolución y también tener una gran eficiencia en la detección para medir depósitos de muy baja actividad, incluyendo muestras donde el espesor de los emisores alfa es el factor limitante - en la resolución.

Los amplificadores deben tener gran estabilidad y proporcionar -- bajo ruido de fondo. Para este tipo de aplicaciones donde diversos niveles de actividad son medidos, es necesario que el amplificador sea capaz de dar una respuesta rápida sin distorsionar la forma del pico, y el multicanal asociado debe tener muy buena linealidad y gran estabilidad durante largos tiempos de conteo.

La interacción de las partículas alfa con la materia causa una -- pérdida en energía la cual es relacionada con la cantidad de materia que la partícula alfa atraviesa. Para un material dado y una energía inicial determinada hay un rango particular o trayectoria media recorrida. La relación entre rango-energía para partículas alfa fue formulada originalmente por GEIGER en 1910 como una relación trayectoria-velocidad y fue descrita por GLASSTONE (1967) como:

$$R = 3.09 E^{3/2}$$

donde R= distancia en el aire (en Cm) y E = energía en MeV. La fórmula de Geiger es aplicable sólo para partículas alfa con energías entre 4 y 8 MeV que equivale a un rango de 3 a 7 cm en el aire.

La forma de distribución de la energía de una partícula alfa monoenergética que proviene de una fuente radiactiva, dependerá de la cantidad de material que atraviesa. De la ecuación anterior, puede uno saber la distancia recorrida para una partícula alfa con determinada energía.

Si el espesor de la fuente es muy grueso, la energía de la partícula no será emitida sino que será totalmente absorbida. Aún para fuentes finas, las partículas alfa serán emitidas con una energía menor que su energía inicial. En una distribución homogénea de los emisores alfa que originalmente se encuentran en la superficie del soporte y dentro de la cámara de vacío no son afectadas, todas las partículas alfa alcanzan el detector prácticamente sin pérdida de energía. Como resultado de la distribución continua de las energías alfa serán registradas desde cero hasta una energía inicial emitida. La forma de distribución de la energía en el espectro dependerá del espesor de la fuente. Para la determinación de la energía de las partículas alfa y la cantidad del radioelemento en la fuente, se desea que el depósito del radioelemento sobre el soporte sea infinitamente delgado, con este depósito pequeño se podría aproximar a un espectro de energía teórico. Además el depósito de emisores alfa en fuentes finas debe ser reproducible y uniforme. Algunos de los métodos más comunes para la preparación de fuentes finas son: sublimación al vacío, electro-spray y electrodeposición.

La preparación de las fuentes mediante las técnicas mencionadas anteriormente para estudio por espectroscopia alfa, son elaboradas y si algunos de los descendientes de vida media corta se pierde, ocasiona un problema en el estudio del equilibrio radiactivo, además como la actividad de las partículas alfa en fuentes delgadas es usualmente muy baja debido a la pequeña cantidad de muestra depositada se requiere de tiempos largos de conteos para obtener un buen espectro. El mejor método para preparar fuentes delgadas es el depósito electrolítico mediante el cual se pueden depositar cantidades de núclidos emisores alfa, menores a  $0.1 \text{ mg/cm}^2$  para obtener espectros de energías de gran resolución. Los detectores de barrera superficial tienen resoluciones del orden 10 a 20 KeV en un intervalo de energía de unos cuantos MeV. Esta resolución puede ser aprovechada usando el depósito electrolítico para obtener espectros con una forma bien definida y si hay varios radionúclidos depositados pueden ser identificados perfectamente. Además para preparar fuentes por electrólisis se deben separar primeramente los núclidos radiactivos utilizando técnicas como resinas de intercambio iónico, extracción con solventes, etc. Muestras

reproducibles son posibles de obtener mediante el electrodepósito, controlando algunos factores como densidad de corriente, temperatura, velocidad de agitación etc. Iones extraños también pueden causar variaciones en el rendimiento.

El objeto del presente trabajo fue determinar la relación de actividades  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , en reactivos comerciales de uranio mediante la espectroscopia alfa.

Los compuestos de uranio utilizados para determinar las relaciones isotópicas fueron:

- 1).- Oxido de uranio ( $\text{UO}_2$ ) de pureza nuclear.
- 2).- Trióxido de uranio ( $\text{UO}_3$ ); Polyscience Ing.
- 3).- Uranio metálico.
- 4).- Acetato de uranilo ( $(\text{CH}_3\text{-COO})_2 \text{UO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y nitrato de uranilo ( $\text{UO}_2(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) reactivos Baker y Merck.
- 5).- Acetato de uranilo MEDI-LAB Sigma de México.
- 6).- Nitrato de uranilo del Departamento de Refinación y Conversión del ININ.
- 7).- Nitrato de uranilo EM-SCIENCE.

## PARTE EXPERIMENTAL

Para el depósito de uranio, se peso un equivalente de 0.2 mg de uranio de los reactivos estudiados, cada una de las muestras se disolvió con dos gotas de ácido nítrico concentrado, posteriormente se le adicionó medio mililitro de agua tridestilada, a esta solución se le agregaron 5 ml de solución de NaF 0.1N, dos gotas de fenolftaleína y se ajustó el pH entre 10-12 con solución saturada de NaOH. El uranio se depositó sobre discos de acero inoxidable previamente pulidos, la corriente utilizada fue de 5 mA durante 18 hr. Transcurrido este tiempo los discos se sacaron de la celda electrolítica, se enjuagaron con agua tridestilada, se secaron y finalmente se colocaron en el sistema de conteo.

Equipo utilizado para medir las fuentes de uranio.

- 1).- Detectro de barrera superficial (ORTEC)
- 2).- Bomba de vacío (ELYBOLD-HEREAUS)
- 3).- Campana de vacío (NUCLEAR DIODES)
- 4).- Preamplificador (ORTEC)
- 5).- Amplificador (ORTEC)
- 6).- Fuente de voltaje (ORTEC)
- 7).- Multicanal (ULTIMA II)
- 8).- Graficador (HEWLETT-PARCKARD)

El detector utilizado fue de barrera superficial con resolución nominal de 18 KeV, el vacío dentro de la cámara de conteo fue de  $10^{-2}$  mmHg. La distancia entre el detector y las fuentes de uranio se mantuvo constante, siendo ésta de 1 cm. Los espectros se obtuvieron en el multicanal, y la información de las áreas bajo los picos de  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}$  se integraron directamente en el multicanal y los espectros se obtuvieron en el graficador.

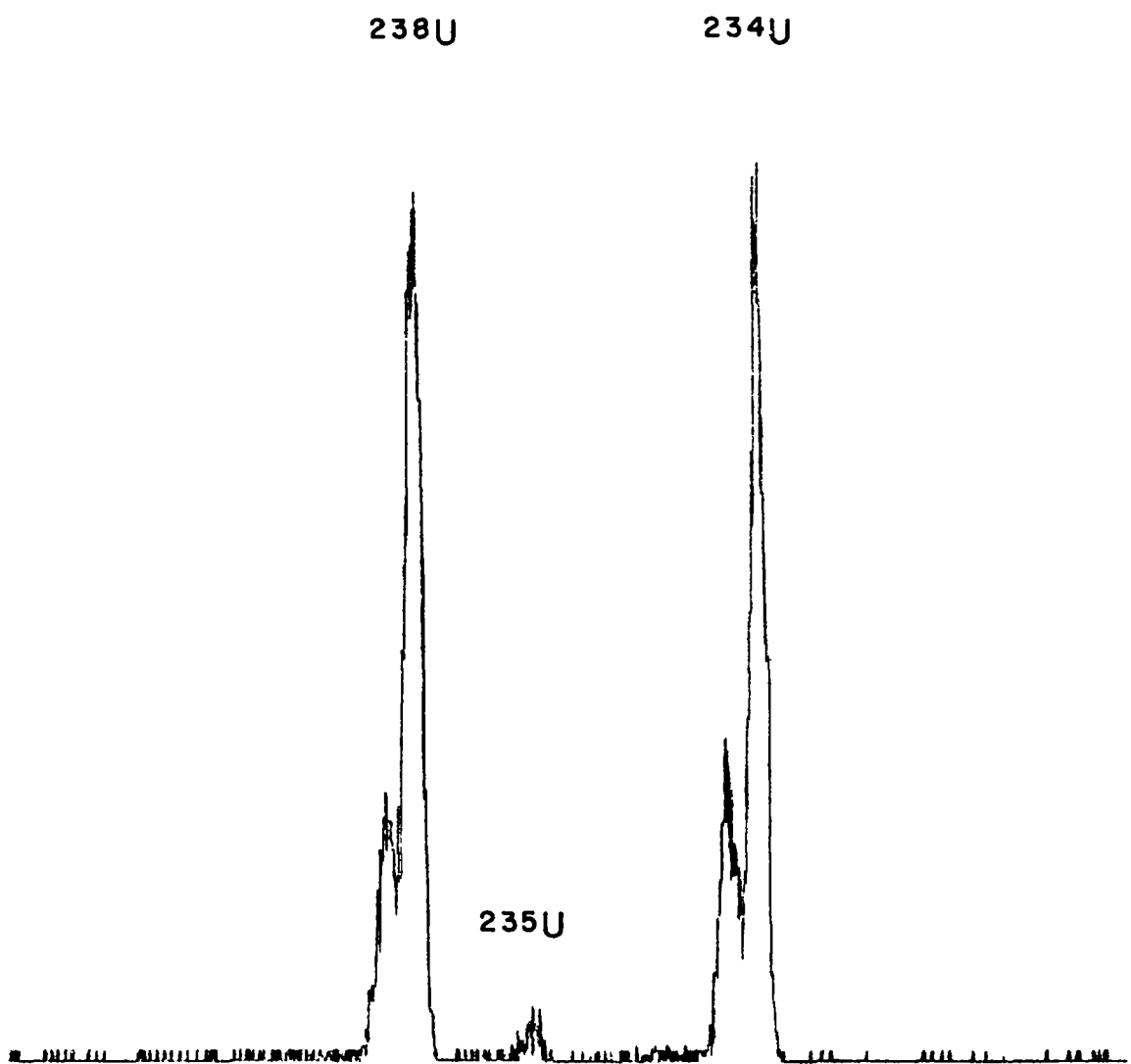


## RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes: La figura 1 representa el espectro obtenido a partir del  $UO_2$  con pureza nuclear, en este óxido el porcentaje de uranio para cada isótopo es de 99.27; 0.71 y 0.0056% para el  $^{238}U$ ,  $^{235}U$  y  $^{234}U$  respectivamente.

En el espectro se observan perfectamente los tres isótopos del uranio, con la cantidad de uranio depositado se diferencian claramente las energías de 4.19 y 4.15 MeV para el U-234 se observa también que la altura de los pulsos para el  $^{238}U$  y el  $^{234}U$  son iguales, puesto que se encuentran en equilibrio radiactivo secular. La figura 2 representa el espectro de uranio metálico (este metal está empobrecido en espectro en  $^{235}U$ ) en el espectro se pueden diferenciar perfectamente los 3 isótopos, también se observan perfectamente separadas las dos energías de cada isótopo de uranio, así mismo se aprecia el isótopo de uranio-236 que se encuentra como impureza en este metal y algunos productos de decaimiento de la serie del  $^{238}U$ . La diferencia entre el área del  $^{238}U$  y el área del  $^{234}U$  es muy grande debido a que no se encuentran en equilibrio radiactivo. Además se supone que el  $^{235}U$  siempre está presente con el  $^{234}U$  en el proceso de enriquecimiento, así, si una muestra se enriquece en  $^{235}U$  también aumenta la cantidad de  $^{234}U$  a pesar de la baja abundancia que existe en la naturaleza.

La figura 3 muestra el espectro obtenido a partir del nitrato de uranilo (MERCK), en él se observan claramente los tres isótopos de uranio, el pico del  $^{238}U$  presenta al inicio del pico la 2a. energía del uranio-238 que es de 4.15 MeV, así como la energía principal de este isótopo de 4.19 MeV, se observan también las dos energías del  $^{234}U$  de 4.77 y 4.72 MeV, la intensidad de este pico es mucho menor que la del  $^{238}U$ , debido a que no se encuentran en equilibrio radiactivo. Se observa también el pico del  $^{235}U$ . Además de estos tres isótopos se observan impurezas de  $^{236}U$ , este radioisótopo no se encuentra en la naturaleza sino que se produce artificialmente, se puede a



**Fig.- I Espectro alfa de dióxido de uranio (PUREZA NUCLEAR)**

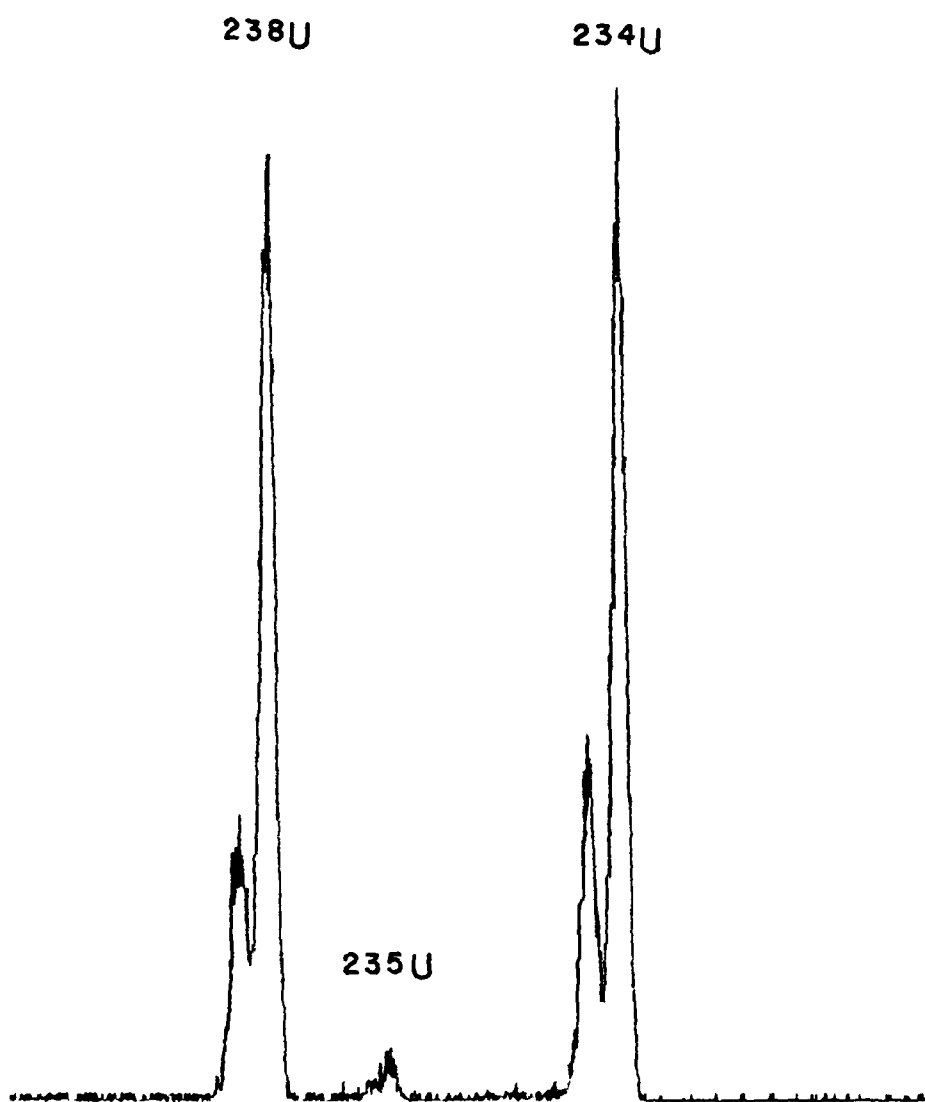
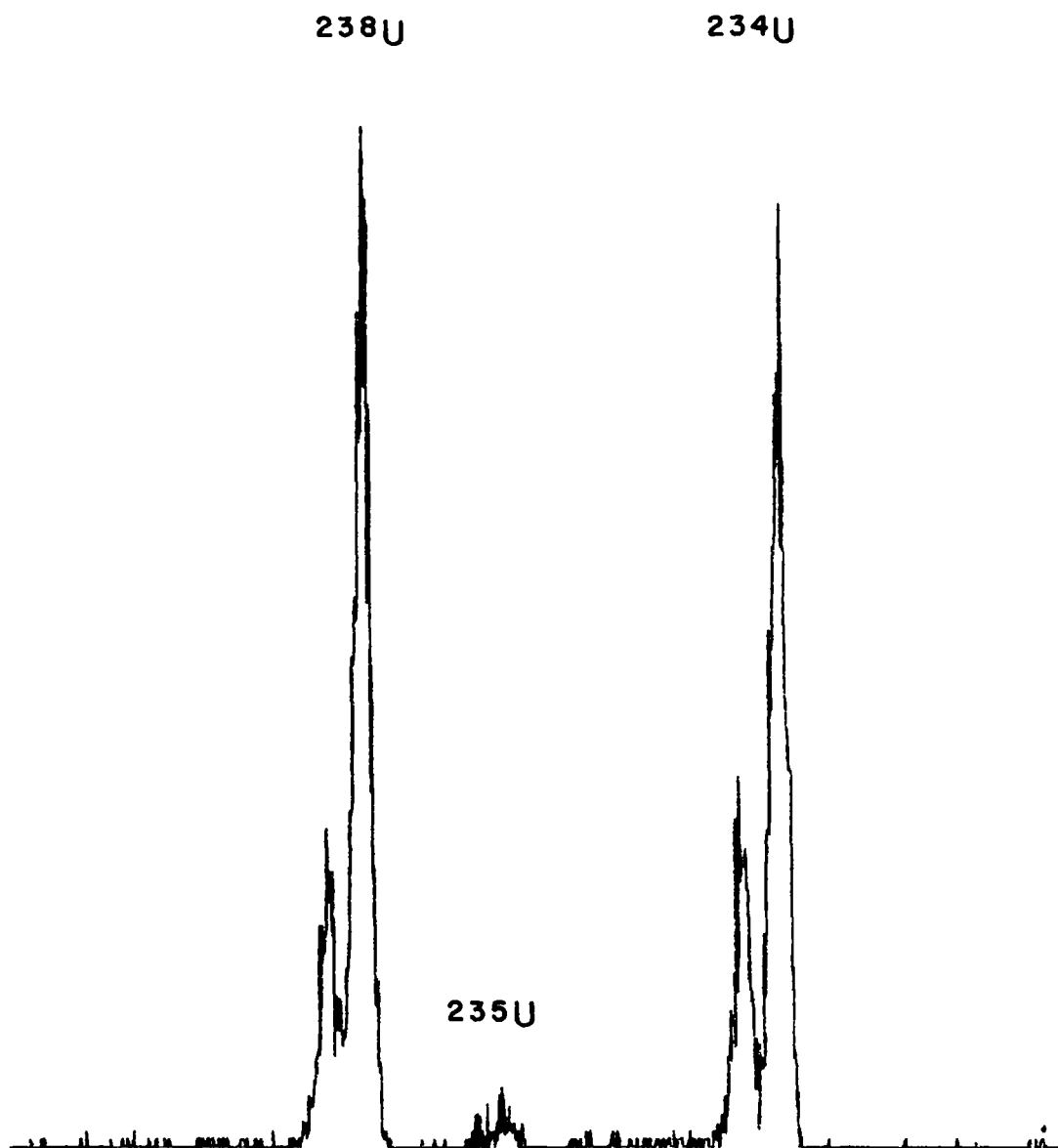


Fig.-2 Espectro alfa de nitrato de uranilo (REFINACION y CONVERSION ININ )



**Fig.- 3 Espectro alfa de acetato de uranilo (MEDI-LAB SIGMA DE MEXICO)**

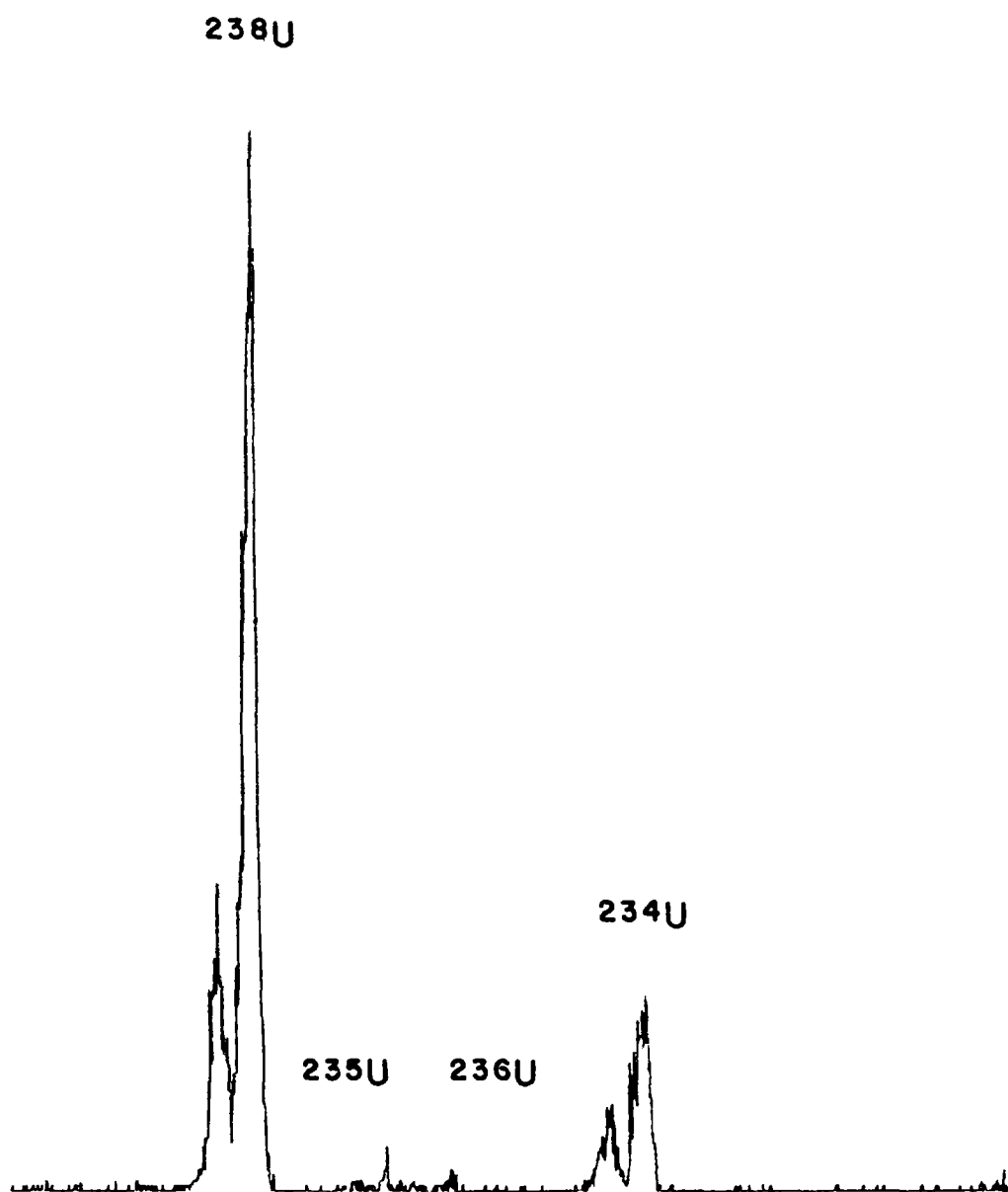
preciar la separación bien definida entre este isótopo y el uranio-235.

La figura 4 representa el espectro alfa de acetato de uranio (MERCK), en este espectro se observa de nuevo desequilibrio radiactivo entre los isótopos del uranio-238 y el uranio-234, además se encuentra como impureza al uranio-236 y algunos descendientes radiactivos de las dos series del uranio-238 y uranio-235. Se observa también al uranio-235 bien separado tanto del  $^{238}\text{U}$ , así como del  $^{236}\text{U}$ , diferenciándose igualmente las dos energías de cada isótopo de uranio.

En la figura 5 se presenta el espectro obtenido del nitrato de uranio, (BAKER), como se puede observar, los picos del  $^{238}\text{U}$ ,  $^{235}\text{U}$  y  $^{234}\text{U}$  se encuentran bien definidos, aunque la altura de los picos es diferente debido a que el  $^{238}\text{U}$  y el  $^{234}\text{U}$  se encuentran en desequilibrio radiactivo; así mismo se observan impurezas de  $^{236}\text{U}$  y algunos productos de decaimiento de las dos series radiactivas existentes en la naturaleza.

La figura 6 representa el espectro alfa del acetato de uranilo (BAKER), en él se observan también claramente los dos isótopos de uranio bien separados, así como al  $^{236}\text{U}$  encontrado en los espectros anteriores que se encuentran en desequilibrio radiactivo, en estos espectros se observan claramente diferenciadas las dos energías alfa de los isótopos del  $^{238}\text{U}$  y del  $^{234}\text{U}$ .

La figura 7 representa el espectro obtenido a partir de una muestra de nitrato de uranilo que procede del Departamento de Refinación y Conversión del ININ. Se pueden observar claramente los 3 picos de los isótopos de uranio, el U-238, U-235 y el U-234; como se puede ver en el espectro, los isótopos del  $^{238}\text{U}$  y del  $^{234}\text{U}$  se encuentran en equilibrio radiactivo, puesto que ambos tienen prácticamente la misma altura, también se observa al U-235 bien separado de los otros dos isótopos, así mismo se observan trazas de algunos productos de decaimiento de las dos series radiactivas naturales.



**Fig.-4 Espectro alfa de uranio metalico**

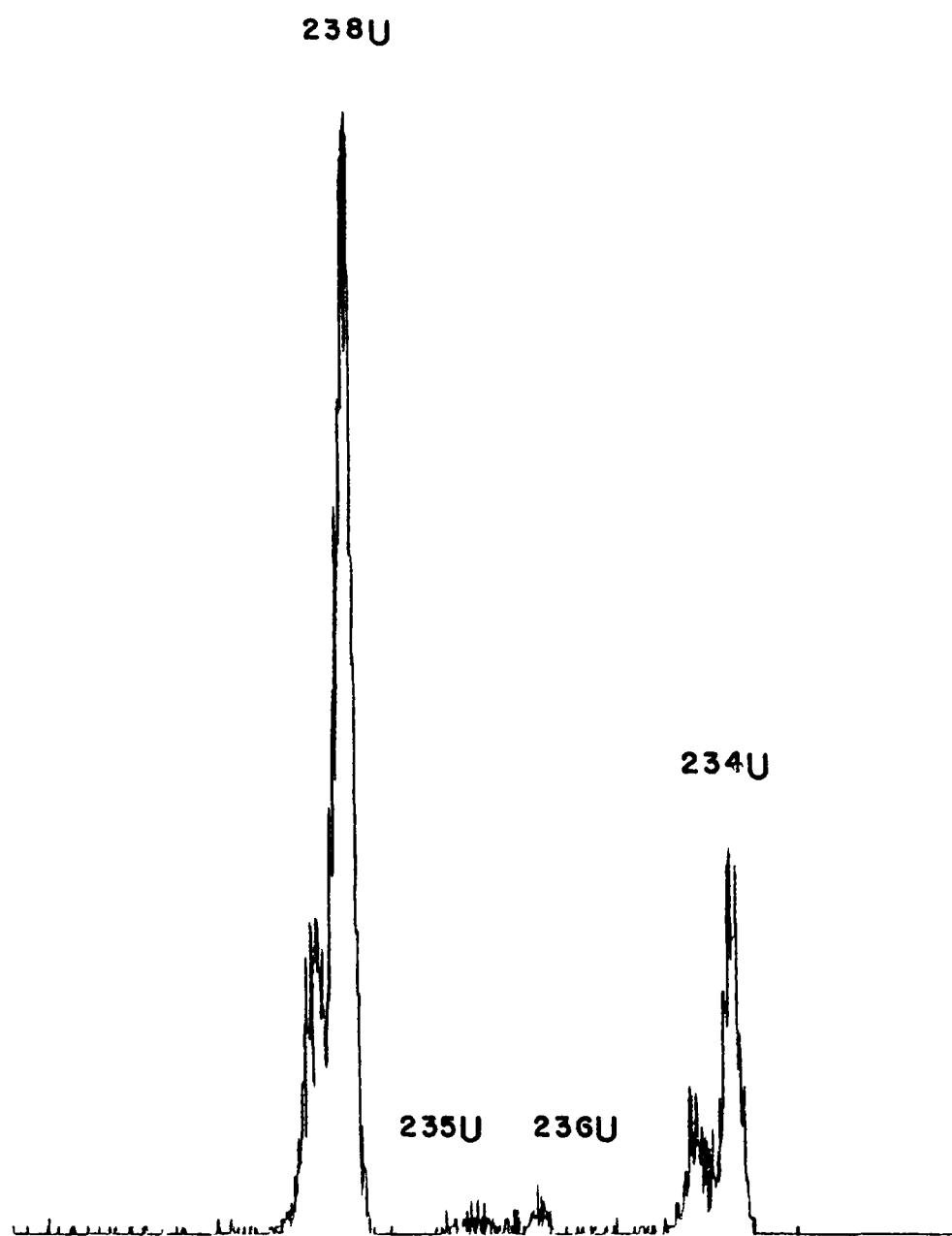


Fig.-5 Espectro alfa de acetato de uranilo (MERCK)

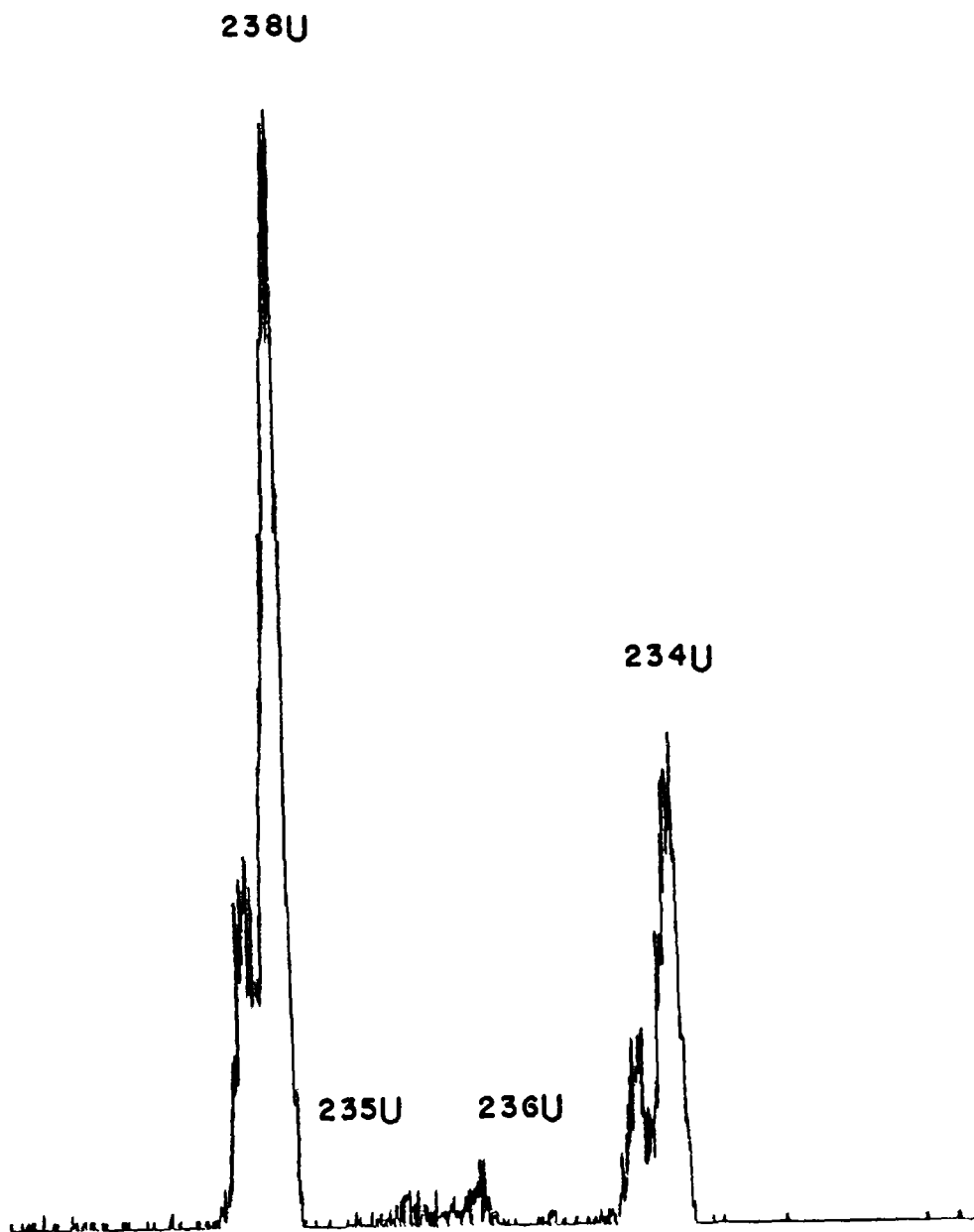


Fig.- 6 Espectro alfa de nitrato de uranilo (MERCK)



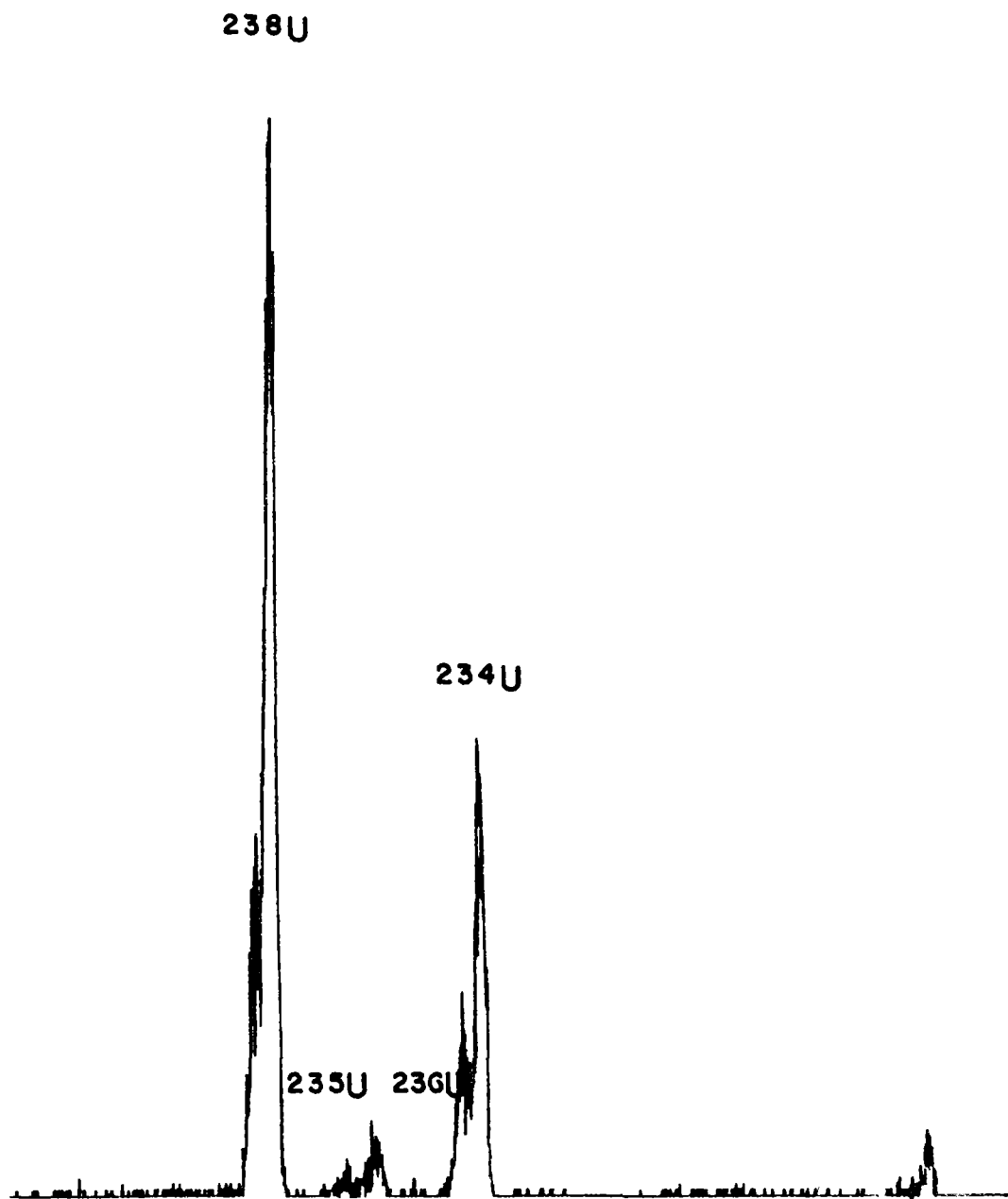


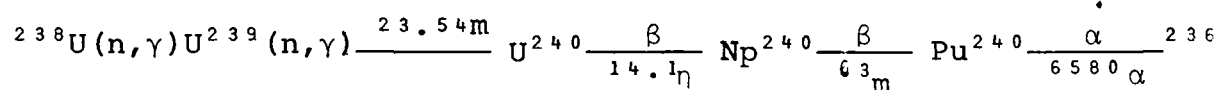
Fig.-7 Espectro alfa de acetato de uranilo (BAKER)

En la figura 8 se muestra al espectro alfa de acetato de uranio marca MEDI-LAB Sigma de México. Como se puede observar, los picos del uranio-238 y del uranio-234 se encuentran prácticamente en equilibrio radiactivo, puesto que las alturas de los picos son iguales, varían muy poco. También se observa claramente el pico de uranio-235 bien separado de los otros isótopos. Igualmente se observan trazas de productos de decaimiento.

Finalmente, la figura 9 representa el espectro de nitrato de uranio EM-SCIENCE, como se puede observar también en este reactivo -- los picos de uranio-238 y uranio-234 se encuentran a diferente altura lo que significa que están en desequilibrio radiactivo, así como en este reactivo se encontraron impurezas de uranio-236 y productos de decaimiento de vida media corta.

De los compuestos analizados se puede decir que los reactivos comerciales BAKER, EM-SCIENCE, uranio metálico MERCK presentan impurezas de uranio-236, con excepción de los compuestos de uranio que se encuentran en equilibrio radiactivo, es decir, el UO<sub>2</sub>, UO<sub>3</sub>, nitrato de uranio del Depto. de Refinación y Conversión el acetato de uranio MEDI-LAB Sigma de México. Estos últimos reactivos en principio -- contiene al isótopo de uranio-235 en el porcentaje encontrado en la naturaleza o sea de 0.71%, tomando este valor como base, los demás reactivos que se encuentran en desequilibrio radiactivo entre el U-234 y U-238, tienen un porcentaje de U-235 menor al 0.36%. Debido al bajo contenido del isótopo de uranio-235 estos reactivos comerciales no pueden ser utilizados para algún proceso de enriquecimiento en U-235 o ya han sido utilizados para tal finalidad.

En cuanto a la presencia del uranio-236, se supone que los reactivos que lo contienen a pesar de que se encuentra al estado de trazas, proviene del combustible de uranio irradiado utilizado en los reactores nucleares que son usados para producir electricidad. Una de las posibles reacciones para producirlo es la siguiente:



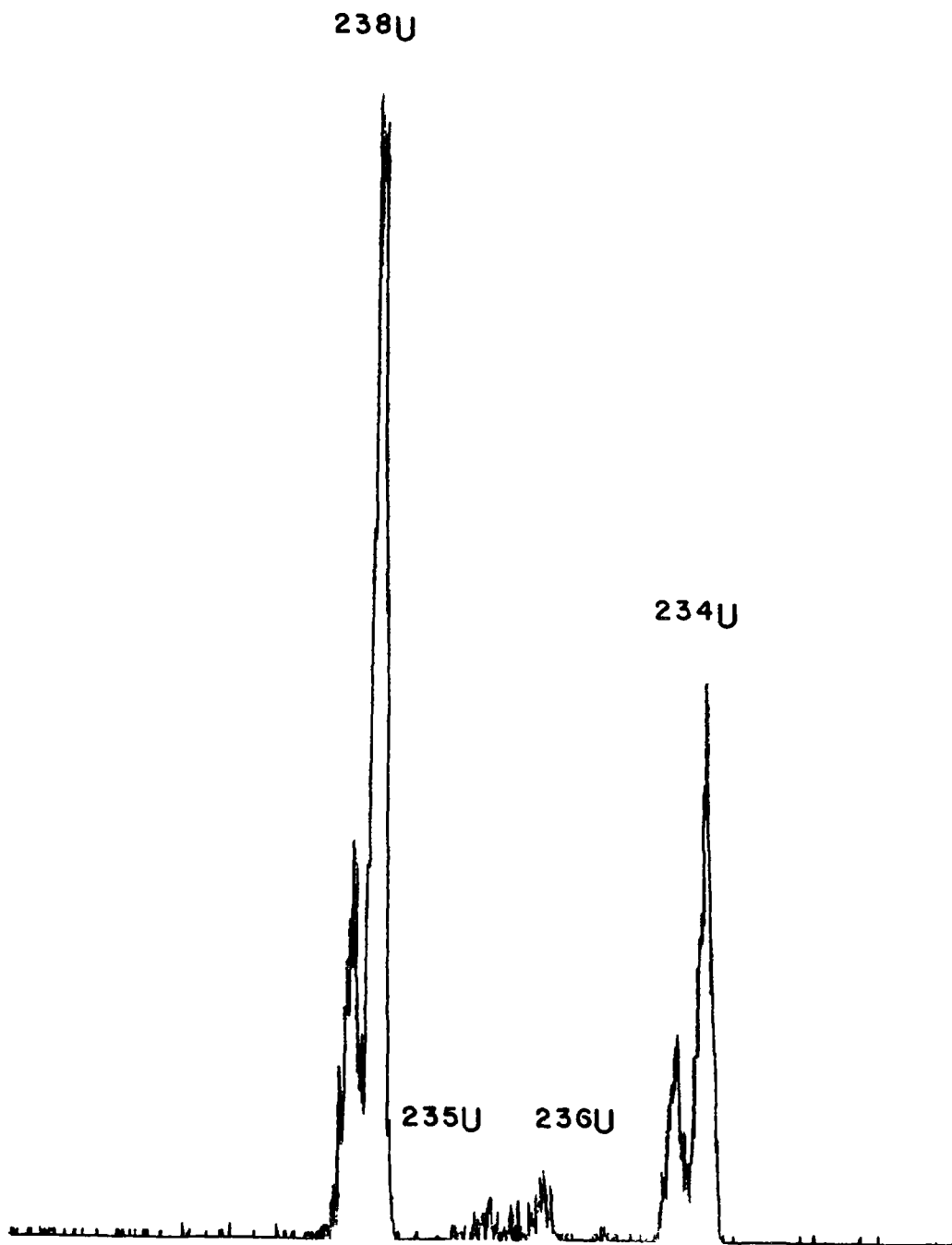


Fig.-9 Espectro alfa de nitrato de uranilo (EM-SCIENCE)

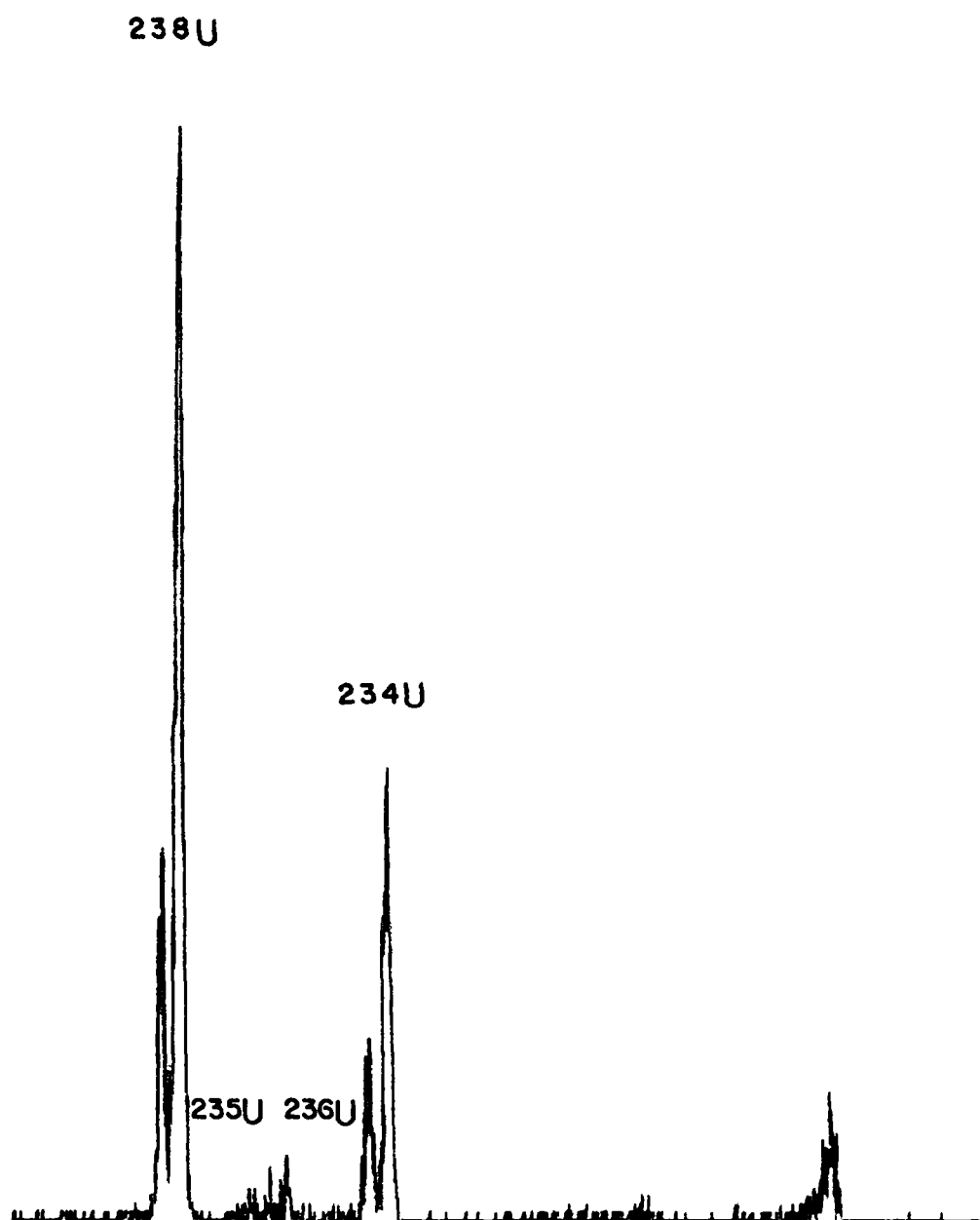


Fig.-8 Espectro alfa de nitrato de uranilo (BAKER)

El uranio-236 tiene una vida media de  $2.39 \times 10^7$  años y decae emitiendo partículas alfa con energías de 4.193 y 4.44 MeV, que pueden perfectamente en los espectros donde se encuentra este isótopo.

Otra posibilidad de ser producido es a partir de la reacción  $^{235}\text{U}(n,\gamma)^{236}\text{U}$ , ya que la sección eficaz de captura del uranio 235 es de 101 b. A pesar de que la sección eficaz de captura del  $^{235}\text{U}$  es muy baja es probable que se obtenga en cantidades sumamente pequeñas por esta reacción.

En cuanto a la presencia de productos de decaimiento, estos se observaron prácticamente en todos los reactivos utilizados, en principio es normal su presencia, puesto que se supone que en las síntesis de los productos de uranio se encuentra, como impureza, radio al estado de trazas y hay presencia de estos productos de decaimiento -- provenientes de las dos familias radiactivas del uranio, es decir, la serie radiactiva del  $^{238}\text{U}$  y del  $^{235}\text{U}$ .

Para tener la calidad de los espectros de uranio obtenidos como los del presente trabajo, se electrodepositó una cantidad equivalente de uranio menor a 0.15mg y como el área del disco donde se depositaron las muestras de uranio es de  $1.54 \text{ cm}^2$ , la cantidad real depositada fue de  $0.097 \text{ mg/cm}^2$ , cantidad equivalente a la reportada por la literatura que es de  $0.1 \text{ mg/cm}^2$ .

Con las cantidades de uranio electrodepositadas se puede determinar con mayor certeza la relación isotópica del uranio  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , ya que como se observa en los espectros prácticamente no existe interferencia del isótopo del 234-U sobre el  $^{235}\text{U}$  y el  $^{238}\text{U}$ . También se observa que prácticamente no hay autoabsorción, debido tanto a la pequeña cantidad de uranio depositada como a la resolución del detector y al pulido de los discos. Estos fueron los principales factores para obtener espectros con buena resolución. En todos los espectros se pueden observar las dos energías de los isótopos de uranio-238 y uranio-234 y en algunos casos también se observan las energías del isótopo de  $^{235}\text{U}$ .

La tabla I muestra los valores del cociente de actividades - -  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  de los distintos compuestos de uranio analizados. En la columna uno, se mencionan todos los compuestos químicos de uranio, la columna dos muestra la procedencia del reactivo y las columnas 3 y 4 representan los valores obtenidos de la relación isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  respectivamente.

Los reactivos  $\text{UO}_2$  (pureza nuclear),  $\text{UO}_3$  (Polyscience, Inc.), nitrato de uranio (Refinación y Conversión, ININ) y el acetato de uranio (MEDI-LAB Sigma de México) se encuentran en equilibrio radiactivo entre los isótopos U-234 y U-238, puesto que presentan prácticamente la misma área bajo el pico de ambos isótopos y el valor es cercano a la unidad, y en cuanto a la relación de actividades  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  se puede decir que el valor encontrado es el normal, ya que la cantidad de  $^{235}\text{U}$  presente en cada muestra es de 0.71% que es el porcentaje reportado en la literatura.

En cuanto al resto de los reactivos, el valor encontrado de la relación isotópica entre el  $^{234}\text{U}$  y el  $^{238}\text{U}$  fluctúa de 0.4187, que es el valor más alto para el nitrato de uranio EM-SCIENCE, a 0.2032 encontrado en el uranio metálico. Asimismo, se encontró una variación en el valor del cociente de actividades  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  en estos últimos reactivos, el valor más alto fue de 0.0226 para el nitrato de uranio MERCK y el más bajo fue de 0.01084 encontrado en el uranio metálico. Este último valor de la relación isotópica  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  del uranio metálico representa aproximadamente un porcentaje de 0.177% en U-235, porcentaje muy bajo en comparación al 0.71% encontrado en el uranio natural.

De este trabajo se puede concluir que los compuestos de uranio enunciados del número 5 al número 10 en la tabla I, no pueden ser usados para un posible enriquecimiento en 235-U por cualquier método físico o químico, debido a que el contenido en este isótopo es muy bajo.

También se supone que las síntesis de estos compuestos químicos fueron obtenidas a partir de combustible irradiado, debido a la presencia del isótopo de  $^{236}\text{U}$ .

COMPUESTO DE URANIO	MARCA COMERCIAL	COCIENTE DE ACTIVIDADES	
		$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ VALOR TEORICO 0.04347
1) $\text{UO}_2$	PUREZA NUCL.	0.9963	0.0415
2) $\text{UO}_3$	POLY-SCIENCE	1.0002	0.0429
3) NITRATO DE URANILO	REFINACION Y CONVERSION ININ	0.9993	0.0444
4) ACETATO DE URANILO	MEDI-LAB SIGMA DE MEX.	0.9852	0.0416
5) URANIO METALICO		0.2032	0.0108
6) ACETATO DE URANILO	MERCK	0.3066	0.0175
7) NITRATO DE URANILO	MERCK	0.3636	0.0226
8) ACETATO DE URANILO	BAKER	0.1677	0.0150
9) NITRATO DE URANILO	BAKER	0.3965	0.0210
10) NITRATO DE URANILO	EM-SCIENCE	0.4187	0.0190

Tabla I.- Valores del cociente de actividades  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  y  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  de varios compuestos de uranio de distintas marcas comerciales.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Veselsky J., An improved method for the determination of the ratio  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  in natural waters. *Radiochimica Acta* 21, (1974) 151-154.
- 2.- Ivanovich M., Uranium Series Disequilibria Application in Geochronology (Ivanovich M. and Harmon R. S., Clarendon Press. Oxford, 1982) Cap. 3, 56-78.
- 3.- Osmond J. K. and Cowart J.B. The theory and uses of natural uranium isotopic variations in hydrology, *Atomic Energy Review* 144 (1976) 621-679.
- 4.- Thurber D.L., Anomalous  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  in Nature, *J. Geophys. Res.* 67 (1962) 4518.
- 5.- Cherdynstev V. V. et al. trans. 3<sup>ed</sup> session comiss. determ. abs.-age geol. forms., *Akad, Nauk SSR* 3 (1954/1955) 175.
- 6.- J.L. Iturbe y S. Bulbulian, Espectroscopia  $\alpha$  del uranio. Informe Técnico Q.N. 84-01, 1 Julio, 1984.
- 7.- F. de M. Ramírez, J.L. Iturbe y E. Ordoñez, Estudio de lixiviación del  $^{234}\text{Th}$  en minerales uraníferos. Informe Técnico Q.N. - - 87-08, Octubre, 1987.
- 8.- J.L. Iturbe, E. Ordoñez y S. Bulbulian, Determinación de la relación isotópica  $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$  en uranio mexicano. Informe Técnico Q.N. 86-03, marzo, 1986.
- 9.- Bland C.J., The preparation of thin  $\alpha$  particles sources from solution at low concentrations. *Int. J. of Appl. Radiat. and Isot.*, Vol. 30 pp 557-561 (1979).
- 10.- Bland C. J., The conversion of counting rates to activities in -- thicker alpha-particle sources., *int. J. Appl. Radiat. Isot.* Vol. 35, No. 4, pp. 279-2834 (1984).



- 11.- Asaya Kobashi, Jun Sato and Nobufusa Saito, Radioactive disequilibrium with uranium, thorium and radium isotopes leached from euxenite. *Radiochimica Acta* 26, 107-111 (1979).
- 12.- Claude W. Sill, Determination of thorium and uranium isotopes in ores and mill tailings by alpha spectrometry. *Analytical Chemistry* Vol. 49, No. 4, April 1977.
- 13.- D. Mascanzoni, A. new geometry for electrodeposition of alpha- - emitting nuclides. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Articles*, Vol. 124, No. 2 (1988) 431-434.