

J.E.N.470
Sp ISSN 0081-3397

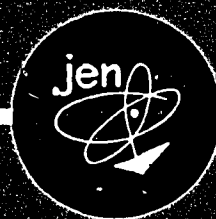
ES 8000 328

**EFICIENCIA DE LA RADIACION PRIMARIA DISPERSA
EN LA DETERMINACION DEL URANIO Y DEL TORIO
EN MATERIALES GEOLOGICOS POR FLUORESCENCIA
DE RAYOS X.**

por

DIAZ-GUERRA, J. P.

BAYON, A.



JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

MADRID, 1980

J.E.N.470

Sp ISSN 0081-3397

**EFICIENCIA DE LA RADIACION PRIMARIA DISPERSA
EN LA DETERMINACION DEL URANIO Y DEL TORIO
EN MATERIALES GEOLOGICOS POR FLUORESCENCIA
DE RAYOS X.**

por

DIAZ-GUERRA, J.P.

BAYON, A.

JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR

MADRID, 1980

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES

B11

URANIUM

THORIUM

X-RAY FLUORESCENCE ANALYSIS

FLUORESCENCE SPECTROSCOPY

GEOLOGIC DEPOSITS

SCATTERING

QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS

PROGRAMMING LANGUAGES

Toda correspondencia en relación con este trabajo debe dirigirse al Servicio de Documentación Biblioteca y Publicaciones, Junta de Energía Nuclear, Ciudad Universitaria, Madrid-3, ESPAÑA.

Las solicitudes de ejemplares deben dirigirse a este mismo Servicio.

Los descriptores se han seleccionado del Thesaurus del INIS para describir las materias que contiene este informe con vistas a su recuperación. Para más detalles consúltese el informe IAEA-INIS-12 (INIS: Manual de Indización) y IAEA-INIS-13 (INIS: Thesaurus) publicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica.

Se autoriza la reproducción de los resúmenes analíticos que aparecen en esta publicación.

Este trabajo se ha recibido para su impresión en
Noviembre de 1.979.

EFICIENCIA DE LA RADIACION PRIMARIA DISPERSA EN LA DETERMINACION DEL URANIO Y DEL TORIO EN MATERIALES GEOLOGICOS POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X.

J.P. Díaz-Guerra y A. Bayón*

INTRODUCCION.

La localización de nuevos yacimientos uraníferos, que se lleva a cabo por la J.E.N. dentro del Plan Nacional de Exploración del Uranio, requiere cada vez estudios más completos, tanto en lo que se refiere a la extensión y profundidad de las zonas prospectadas (1), como a los métodos analíticos utilizados para la determinación del uranio y de otros elementos relacionados geoquímicamente con él. En este último aspecto la espectrometría de fluorescencia de rayos X tiene especial importancia, como consecuencia de su gran precisión, sensibilidad y posibilidad de automatizar las determinaciones. En esta técnica la preparación de las muestras condiciona en gran medida la exactitud de los resultados y el tiempo de análisis. La adición de patrones internos es uno de los procedimientos mejores y más empleados para corregir los efectos interelementales de absorción y refuerzo (2, 3); sin embargo, no es compatible con tiempos de análisis razonables para grandes series

*Junta de Energía Nuclear. División de Química y Medio Ambiente.

de muestras, en las que la concentración del uranio puede variar significativamente, siendo difícil seleccionar la concentración de patrón interno más conveniente. Además pueden plantearse problemas relacionados con la homogeneidad de la mezcla.

El empleo como patrones internos de las radiaciones primarias procedentes del tubo de rayos X y dispersadas por la muestra -líneas de referencia- fué propuesto por Andermann y Kemp (4). Estudios posteriores (5-11) han demostrado que el grado de corrección de los efectos de matriz depende, en gran parte, de la longitud de onda seleccionada y del tipo de dispersión: coherente (Rayleigh), o incoherente (Compton). Las conclusiones obtenidas por estos autores no permiten, sin embargo, deducir normas de aplicación general.

En el presente trabajo, se ha estudiado la eficiencia de distintas longitudes de onda pertenecientes a los espectros primarios obtenidos con ánodos de molibdeno y de wolframio. Se ha evaluado la influencia de la cantidad de muestra analizada, de su granulometría y de la absorción de la matriz sobre las intensidades de línea, habiéndose deducido que, para la determinación del uranio, la radiación $\text{MoK}\beta_{1,3}$ dispersada incoherentemente por la muestra proporciona la corrección más completa de las variaciones de absorción. En el caso del torio, se han hallado conclusiones análogas en lo que se refiere a la mejor eficiencia de las radiaciones Compton como patrones internos o líneas de referencia, si bien, para este elemento, resulta más conveniente la $\text{MoK}\alpha_{1,2}$.

TEORIA.

Como es sabido, la disminución de intensidad de la radiación primaria como consecuencia de su interacción con la materia se debe a tres fenómenos: absorción fotoeléctrica, dispersión -o difusión- y producción de pares. El coeficiente de absorción total μ puede expresarse en la forma

$$\mu = \tau + \sigma + \pi \quad [1]$$

donde τ , σ y π representan, respectivamente, los términos correspondientes a dichos fenómenos. La eficiencia de dispersión por unidad de masa atómica (σ_m) viene dada por la ecuación

$$\sigma_m = \frac{I_e}{2m} Zf^2 + \frac{I_e}{2m} R (1 - f^2) \quad [2]$$

en la que I_e es la eficiencia de difusión de un sólo electrón, m la masa del protón -o la del neutrón-, Z el número atómico, f el factor de estructura electrónica y R un factor de proporcionalidad, que disminuye según aumenta la longitud de onda incidente y el ángulo de dispersión. En esta ecuación el primer término expresa la dispersión coherente, y el segundo la incoherente. Cada longitud de onda del espectro primario es difundida por la muestra en las dos formas citadas.

Teniendo en cuenta la longitud de onda de las radiaciones características procedentes de los ánodos más usuales en fluorescencia de rayos X, puede deducirse de

la ecuación [2] que la dispersión Compton se produce con mayor intensidad para la serie K del espectro del molibdeno. Por otra parte, este anticátodo es el más idóneo para la excitación de las radiaciones analíticas $UL\alpha_{1,2}$ y $ThL\alpha_{1,2}$, debido a la favorable situación espectral de las correspondientes discontinuidades de absorción L_{III} con respecto a la línea $MoK\alpha_{1,2}$.

APARATOS, MATERIAL Y PRODUCTOS.

- Espectrómetro de fluorescencia X, Philips PW 1540, manual, con generador de 2 KW, equipado con dos cristales analizadores y detectores proporcional de flujo y de centelleo. La unidad de registro y medida dispone de analizador de alturas de impulsos.
- Espectrómetro de fluorescencia X, Philips PW 1450. A.H.P., automático, secuencial, con generador de 3 KW, cinco cristales analizadores, detectores proporcional de flujo y de centelleo y selector automático de alturas de impulsos.
- Homogeneizador "Mixer Mill", de la firma Spex Industries.
- Portamuestras de aluminio, de 32 mm de diámetro interior, con diafragmas del mismo material, de 28 mm de abertura.
- Productos Johnson Matthey, de pureza espectral.
- U_3O_8 y ThO_2 de pureza nuclear.

PARTE EXPERIMENTAL.

Espesor infinito.

Con objeto de conocer la influencia de la cantidad de muestra sobre la emisión de la radiación $UL\alpha_{1,2}$ ($0,911 \text{ \AA}$) y del fondo ($0,827 \text{ \AA}$), se ha estudiado la variación de sus respectivas intensidades para distintas concentraciones de uranio. En la figura 1 se representan los resultados obtenidos en las condiciones instrumentales que se indican posteriormente. De esta figura se infiere que la condición de espesor infinito se consigue operando con cantidades de muestra mayores que 4 gr. Análogas conclusiones han sido obtenidas para la determinación del torio con la línea $ThL\alpha_{1,2}$ cuya longitud de onda ($0,956 \text{ \AA}$) es muy próxima a la analítica del uranio.

Corrección de los efectos de absorción.

Para estudiar el efecto de las variaciones del coeficiente de absorción másico de la muestra sobre la radiación $UL\alpha_{1,2}$, se han preparado dos series (A y B) de patrones sintéticos conteniendo 30% y 1% de Fe_2O_3 , respectivamente, y concentraciones de U_3O_8 comprendidas entre 0,01% y 4%. En ambos casos la matriz utilizada ha sido el SiO_2 . En la figura 2 se representan los espectros obtenidos con cristal analizador de LiF (200) y colimador primario de $150 \mu m$, correspondientes a dos patrones de dichas series

que contienen el 1% de U_3O_8 ; los valores del referido coeficiente de absorción para la citada línea son 22,6 y 9,4 $cm^2 \cdot g^{-1}$, respectivamente.

De la comparación de ambos espectros puede deducirse que tanto la radiación continua, en el intervalo angular $23-24^\circ 2\theta$ ($0,803-0,837 \text{ \AA}$) como la característica $MoK_{\beta_1,3}$ Compton, parecen seguir el cambio de intensidad experimental por la $UL\alpha_{1,2}$. Por otra parte, se infiere que la radiación $MoK_{\beta_1,3}$ Rayleigh es menos sensible a las variaciones de absorción de la matriz.

Con el fin de evaluar cuantitativamente la eficiencia de estas longitudes de onda, se han medido sus correspondientes intensidades, así como las de la línea $UL\alpha_{1,2}$, en las condiciones de la tabla II. Los resultados hallados se representan en las figuras 3-6, en las que puede observarse la distinta forma de las curvas de calibrado y el grado de convergencia entre las relativas a las series A y B de patrones. Para una matriz dada dicha forma indica la importancia del fenómeno de autoabsorción, cuya intensidad aumenta al hacerlo el contenido de U_3O_8 (el coeficiente de absorción másico del uranio para la radiación $UL\alpha_{1,2}$ es $101,7 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$).

Del examen de la figura 3 puede deducirse la importancia de los errores introducidos al no utilizar ningún tipo de corrección de los efectos de matriz. El empleo del espectro continuo a $0,827 \text{ \AA}$ ($23,7^\circ 2\theta$) da lugar a una notable mejora en la exactitud de los resultados, según se

infiere de la figura 4. Esta longitud de onda sigue con cierta proporcionalidad las variaciones de intensidad de la línea $UL\alpha_{1,2}$ debidas al cambio de matriz; no obstante, al ser mayor que la discontinuidad de absorción L_{III} del uranio ($0,722 \text{ \AA}$) no corrige el fenómeno de autoabsorción. La figura 5 indica que la eficiencia de la radiación $MoK\beta_{1,3}$ Rayleigh es muy limitada.

Aunque es obvio que la solución completa del problema hubiera consistido en que las series A y B de patrones se alineasen en una sola recta de calibrado, la figura 6 de muestra que la mejor corrección general de los efectos de absorción se consigue con la radiación $MoK\beta_{1,3}$ dispersada incoherentemente por la muestra. Empleando, además, patrones de naturaleza análoga a las muestras, los errores pueden ser reducidos a un nivel inferior al que se deduce de esta figura.

Se ha comprobado que la línea $ThL\gamma_1$, que interfiere con la seleccionada como patrón interno, no tiene ningún efecto apreciable para concentraciones de torio inferiores al 2%, pudiendo realizarse su corrección, en caso necesario, mediante un procedimiento empírico-matemático convencional. Por otra parte, la eventual presencia de niobio en los materiales geológicos analizados haría necesario considerar la interferencia de la línea $NbK\beta_{1,3}$.

Las interferencias espectrales de diferentes líneas del uranio con las $K\alpha_{1,2}$ Rayleigh y Compton del molibdeno impiden deducir la eficiencia de estas últimas como posibles patrones internos. En el primer caso interfieren las

radiaciones $UL\beta_3$, $UL\beta_1$ y $UL\beta_5$; en el segundo, además de las citadas, $UL\beta_4$ y $UL\beta_2$

Empleando un cristal analizador de menor espaciado, tal como el LiF (220), es posible resolver la línea $MoK\alpha_{1,2}$ Compton de sus interferentes; si bien el empleo de este cristal, que tiene menor eficiencia de reflexión, se traduce en una disminución de la sensibilidad que afecta desfavorablemente al límite de detección. Por otra parte, debe tenerse en cuenta que la absorción fotoeléctrica (τ) del uranio es mayor para la longitud de onda $K\alpha_{1,2}$ del molibdeno (0,710 Å) que para la $K\beta_{1,3}$ (0,632 Å) debido a la mayor proximidad de la primera a la discontinuidad L_{III} del uranio.

El empleo de un tubo de volframio es menos satisfactorio. La excitación de la línea $UL\alpha_{1,2}$ y la dispersión incoherente de las radiaciones características del propio ánodo se producen con menor intensidad; sin embargo, para conocer la eficiencia de estas radiaciones como patrones internos, se ha realizado un estudio análogo al efectuado con tubo de molibdeno. Se ha deducido que tanto el espectro continuo en la región de 1,167 Å como las líneas WLy_1 , Rayleigh y Compton, previamente seleccionadas, dan lugar a correcciones insuficientes de los efectos de absorción.

Para la determinación del torio en materiales geológicos de prospección se han empleado las condiciones instrumentales que se indican en la tabla II. El estudio de los efectos de absorción para la línea $ThL\alpha_{1,2}$ se ha realizado con dos series de patrones sintéticos, análogas a

las descritas en el caso del uranio. Estos patrones contienen concentraciones de ThO_2 comprendidas entre 0,01% y 4%, en lugar de las correspondientes de U_3O_8 . La figura 7 muestra los espectros obtenidos con dos patrones de la misma concentración (1% ThO_2) pertenecientes a dichas series. Como puede observarse, las radiaciones $\text{ThL}\alpha_{1,2}$, $\text{MoK}\alpha_{1,2}$ Compton y $\text{MoK}\beta_{1,3}$ Compton parecen experimentar variaciones de intensidad similares al modificarse la composición de la matriz, si bien el empleo de esta última línea como patrón interno de la primera no resulta aconsejable en este caso, a causa de su interferencia con la $\text{ThL}\gamma_1$.

La medida de las intensidades de estas radiaciones, así como la del espectro continuo en la región de $0,906 \text{ \AA}$ ($26^\circ 2 \theta$), ha permitido confirmar que la mejor corrección de los citados efectos de absorción se consigue utilizando la línea $\text{MoK}\alpha_{1,2}$ Compton como patrón interno de la $\text{ThL}\alpha_{1,2}$; en la figura 9 se representan las correspondientes rectas de calibrado. Su comparación con las de la figura 8, obtenidas sin ninguna corrección, permite deducir la eficiencia de la línea elegida como patrón interno.

Empleando un cristal analizador de LiF (200), la línea $\text{MoK}\alpha_{1,2}$ Compton está interferida parcialmente por las $\text{UL}\beta_{1,3}$, $\text{UL}\beta_5$, $\text{UL}\beta_2$ y $\text{UL}\beta_4$. Se ha comprobado que para concentraciones de U_3O_8 inferiores al 0,5% este hecho no introduce variaciones significativas en la exactitud de los resultados; para concentraciones mayores es necesario emplear un cristal analizador de menor espaciado, tal como el de LiF (220).

Al aumentar la concentración del uranio la línea $\text{ThL}\alpha_{1,2}$ experimenta dos efectos de signo contrario. Por una parte, su intensidad debería disminuir, al crecer el valor del coeficiente de absorción másico de la muestra; por otra, dicha intensidad habría de aumentar, como consecuencia de un efecto interelemental de refuerzo producido, principalmente, por las líneas $\text{UL}\beta_2$, $\text{UL}\beta_4$ y $\text{UL}\beta_1$, cuyas longitudes de onda son ligeramente menores que la discontinuidad de absorción L_{III} del torio. Se ha deducido que, en el intervalo de concentraciones estudiado, ambos fenómenos se compensan.

Influencia del tamaño de partícula.

Para evaluar conjuntamente la influencia de la naturaleza y del tamaño de las partículas sobre las intensidades de las líneas $\text{UL}\alpha_{1,2}$ y $\text{MoK}\beta_{1,3}$ Compton, se han tamizado diferentes muestras naturales conteniendo concentraciones de uranio comprendidas entre 0,1% y 0,6%. En la figura 10 se representan los resultados medios hallados para tamaños de partícula comprendidos entre 60 y 400 μm . Dichas intensidades han sido obtenidas con un espectrómetro de gran sensibilidad, Philips PW 1450, secuencial, automático, en condiciones operatorias equivalentes a las indicadas en la tabla II. De la citada figura se infiere un importante efecto sobre la línea analítica $\text{UL}\alpha_{1,2}$; sin embargo, la seleccionada como patrón interno es poco sensible a los cambios de las variables estudiadas.

Las diferentes intensidades observadas pueden ser debidas a la heterogénea distribución natural de los com-

ponentes mineralógicos en distintos tamaños de partícula y al diámetro de las partículas propiamente dicho. Con objeto de distinguir los efectos debidos exclusivamente a este último, cada una de las fracciones tamizadas anteriormente ha sido pulverizada hasta conseguir un tamaño de grano bastante uniforme, próximo a 60 μm . En la tabla I se indican los incrementos relativos de la concentración del uranio, hallados a partir de las correspondientes variaciones de las intensidades de línea. Como valores de referencia se han empleado los deducidos con los tamaños de partícula iniciales.

TABLA I

Variaciones de la concentración aparente del uranio deducidas para un tamaño final de partícula uniforme (60 μm).

<u>Tamaño de partícula inicial (μm)</u>	<u>Incremento relativo de concentración (%)</u>
100	11
250	17
400	24

Condiciones instrumentales.

La determinación del uranio y del torio se realiza empleando un tubo con ánodo de molibdeno. El espectrómetro manual utilizado no dispone de analizador automático de alturas de impulsos; por ello, para cada una de las dos funciones analíticas ($\text{U}\alpha_{1,2}/\text{MoK}\beta_{1,3}$ Compton y $\text{Th}\alpha_{1,2}/\text{MoK}\alpha_{1,2}$ Compton) se han seleccionado condiciones específicas

de línea base y de ventana, que permiten detectar satisfactoriamente un alto porcentaje de las correspondientes intensidades difractadas por el cristal. En la tabla II se resume el conjunto de condiciones instrumentales. Se ha comprobado que la corrección del fondo espectral de las líneas analíticas no mejora la exactitud de los resultados.

TABLA II
Condiciones instrumentales de excitación y medida

	U	Th
Línea analítica	UL $\alpha_{1,2}$	ThL $\alpha_{1,2}$
(Posición angular, $^{\circ} 2 \theta$)	26,14	27,47
Línea patrón interno	MoK β_1 (Comptón)	MoK $\alpha_{1,2}$ (Comptón)
(Posición angular, $^{\circ} 2 \theta$)	18,78	21,03
KV/ma	80/20	80/20
Diámetro del portamuestras (mm)	32	32
Colimador (μm)	160	160
Cristal analizador	LiF (200)	LiF(200)
Detector	Centelleo	Centelleo
Tensión detector (V)	875	875
Atenuación	2^3	2^3
Línea base (V)	10	11,6
Ventana (V)	20	20
Tiempo de recuento (s)	40	40

Obtención de las rectas de calibrado.

Se han utilizado patrones naturales procedentes del Geological Survey y del New Brunswick Laboratory (Estados Unidos), Department of Energy, Mines and Resources (Canadá) y Junta de Energía Nuclear (España). Algunos de estos últimos han sido preparados especialmente por dicho organismo para formar parte del catálogo de patrones de uranio del O.I.E.A. (Organismo Internacional de Energía Atómica). En la tabla III se indican las correspondientes concentraciones. Las medidas de las intensidades de las líneas analíticas y de referencia se han efectuado en las condiciones citadas anteriormente. En la tabla IV se resumen los parámetros de las rectas de calibrado obtenidas.

TABLA III
Concentraciones de los patrones

<u>Patrón</u>	<u>% U₃O₈</u>	<u>Patrón</u>	<u>% ThO₂</u>
Calaf (J.E.N.)	0,0183	DH-1 (D.E.M.R.)	0,1183
DH - 1 (D.E.M.R.)	0,2087	DL-1 (D.E.M.R.)	0,0095
DL - 1 (D.E.M.R.)	0,0048	G - 1 (G.S.)	0,0059
Fraga (J.E.N.)	0,0200	80 (N.B.L.)	0,1138
76 (N.B.L.)	0,0179	81 (N.B.L.)	0,0569
81 (N.B.L.)	0,0023	82 (N.B.L.)	0,0228
1 (O.I.E.A.)	0,3140	83 (N.B.L.)	0,0114
3 (O.I.E.A.)	0,4200	84 (N.B.L.)	0,0011
4 (O.I.E.A.)	0,3757		
5 (O.I.E.A.)	0,0140		
6 (O.I.E.A.)	0,0387		
7 (O.I.E.A.)	0,5267		
8 (O.I.E.A.)	0,1410		
Ratones M-35 (JEN)	0,3260		
Ratones M-44 (JEN)	0,1040		
Ratones P-53R (JEN)	0,0490		

TABLA IV
Parámetros de las rectas de calibrado

<u>Elemento</u>	<u>Ordenada en el origen</u>	<u>Pendiente (%)-¹</u>	<u>Desviación típica absoluta (%)</u>
U	0,005	4,09	0,019
Th	0,043	1,47	0,002

Análisis de las muestras.

Con objeto de evitar la influencia del tamaño de partícula sobre la exactitud de los resultados, es necesario pulverizar previamente las muestras hasta obtener un tamaño de grano uniforme próximo a 60 μm . Según se indica en este trabajo, la línea seleccionada como patrón interno para la determinación del uranio no corrige este tipo de efectos de matriz.

La condición de espesor infinito se consigue operando con cantidades de muestra mayores que 4 g. Una vez conocido el correspondiente volumen para la de menor densidad, la pesada resulta innecesaria, siempre que los portamuestras se llenen hasta un nivel de referencia adecuado.

BIBLIOGRAFIA.

- (1) MARTIN-DELGADO, J.; *Energía Nuclear* 19, 321 (1975).
- (2) BERMUDEZ, J., DE LA CRUZ, F., F. CELLINI, R.; *Anales Real Soc. Españ. Fís. Quím.* 56(B), 569 (1960).
- (3) BERMUDEZ, J.; "Teoría y práctica de la espectroscopía de rayos X", Alhambra, Madrid, (1967), pag. 166.
- (4) ANDERMANN, G. y KEMP, J.W.; *Anal. Chem.*, 30, 1306 (1958).
- (5) CULLEN, T.J.; *Anal. Chem.*, 34, 812 (1962).
- (6) CHAMPION, K.R.; Report AAEC/TM 552 (1970).
- (7) TAYLOR, D.L. y ANDERMANN, G.; *Anal. Chem.* 43, 712 (1971).
- (8) PYKE, J.G.; *Anal. Chem. Acta* 58, 234 (1972).
- (9) CLARK, N.H. y MITCHELL, R.; *X-Ray Spectrometry* 2, 47 (1973).
- (10) TAYLOR, D.L. y ANDERMANN, G.; *Applied Spectroscopy*, 27, 352 (1973).
- (11) de KREUK, H.; Proc. XVIII Colloquium Spectroscopicum Internationale, Grenoble, (1975), vol. 1, pág. 125.

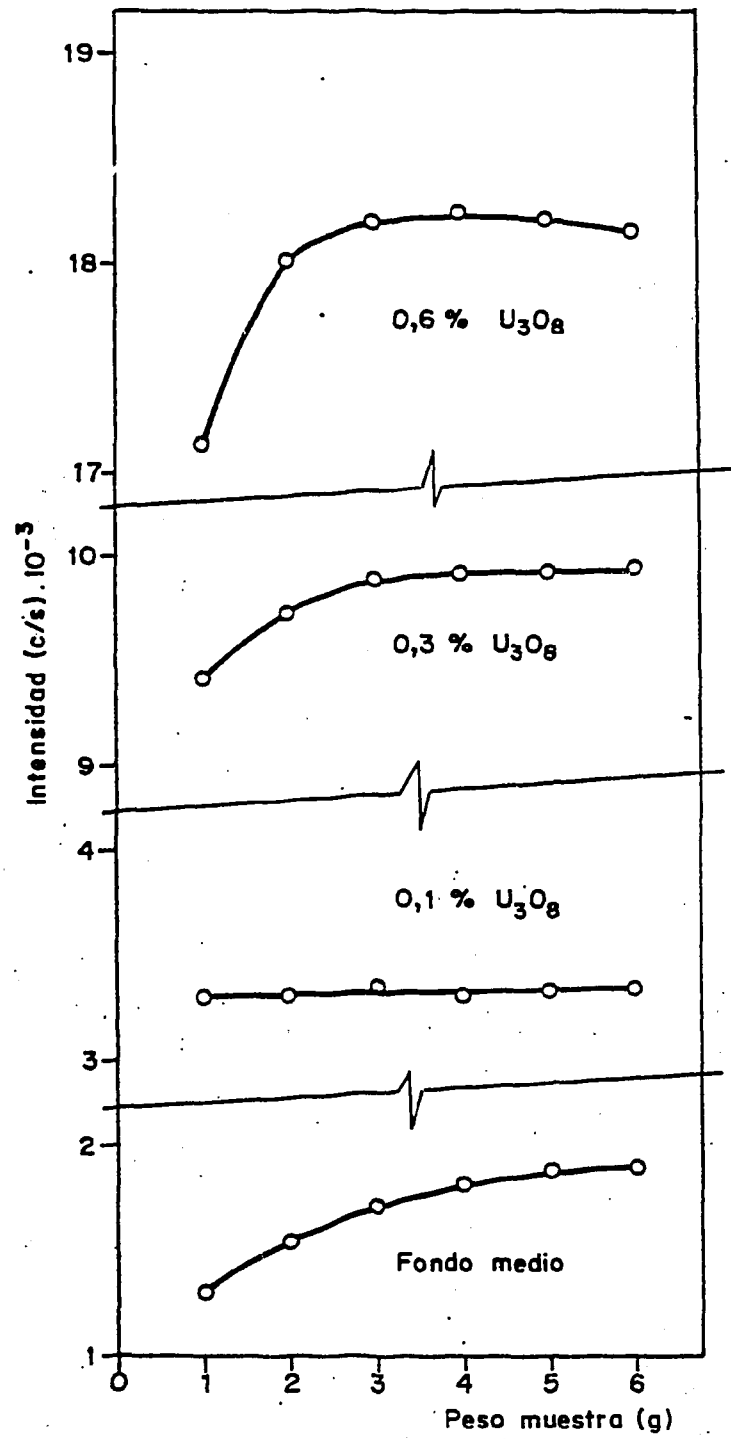


FIG. 1.- INFLUENCIA DEL PESO DE MUESTRA EN LA CONDICION DE ESPESOR INFINITO.

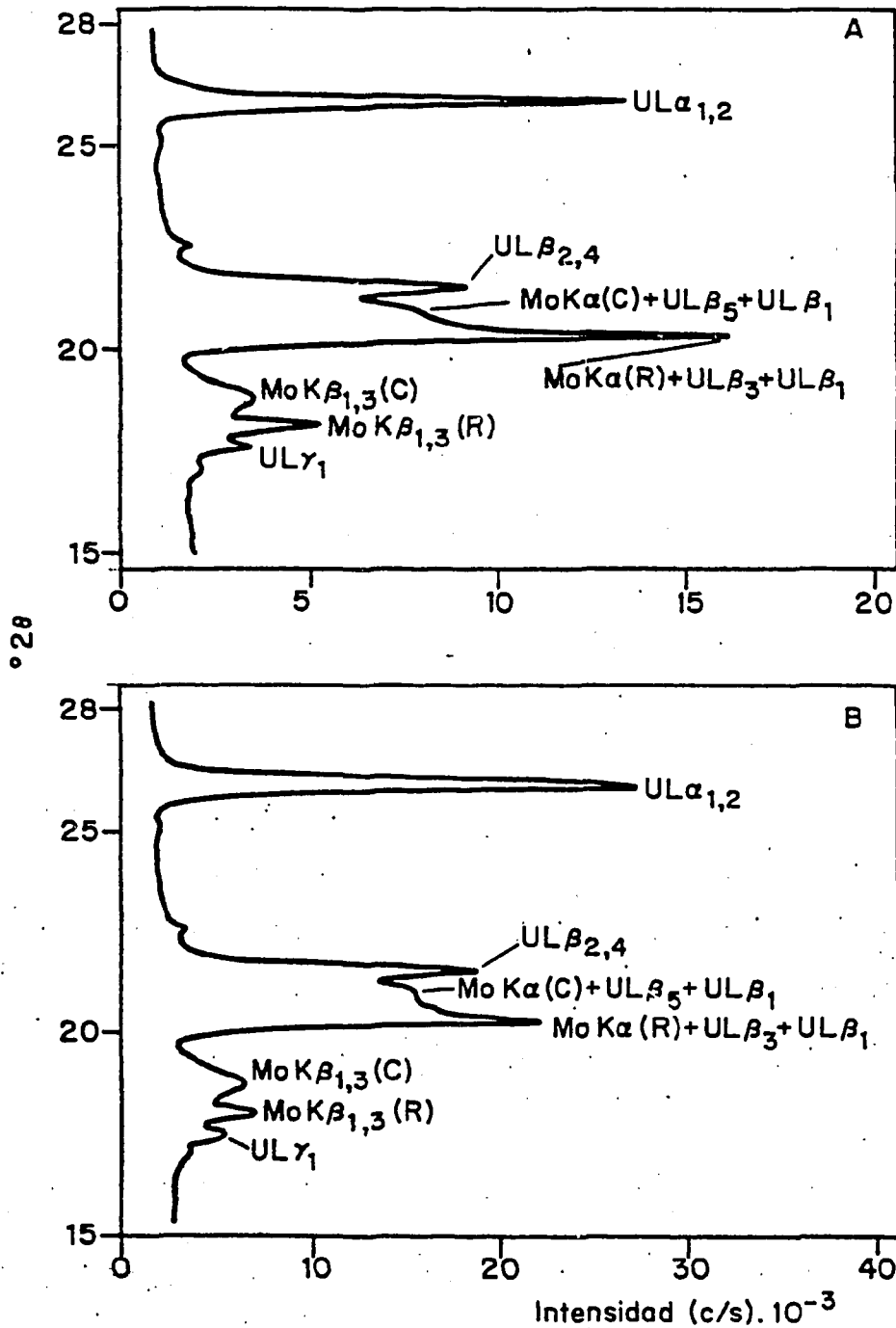


FIG. 2.- ESPECTROS DE LAS RADIACIONES EMITIDAS POR UN TUBO DE Mo Y DISPERSADAS POR DOS MUESTRAS CONTENIENDO 1% U_3O_8 . (A) MATRIZ CON 30% Fe_2O_3 . (B) MATRIZ CON 1% Fe_2O_3 . (C) LINEA COMPTON. (R) LINEA RAYLEIGH.

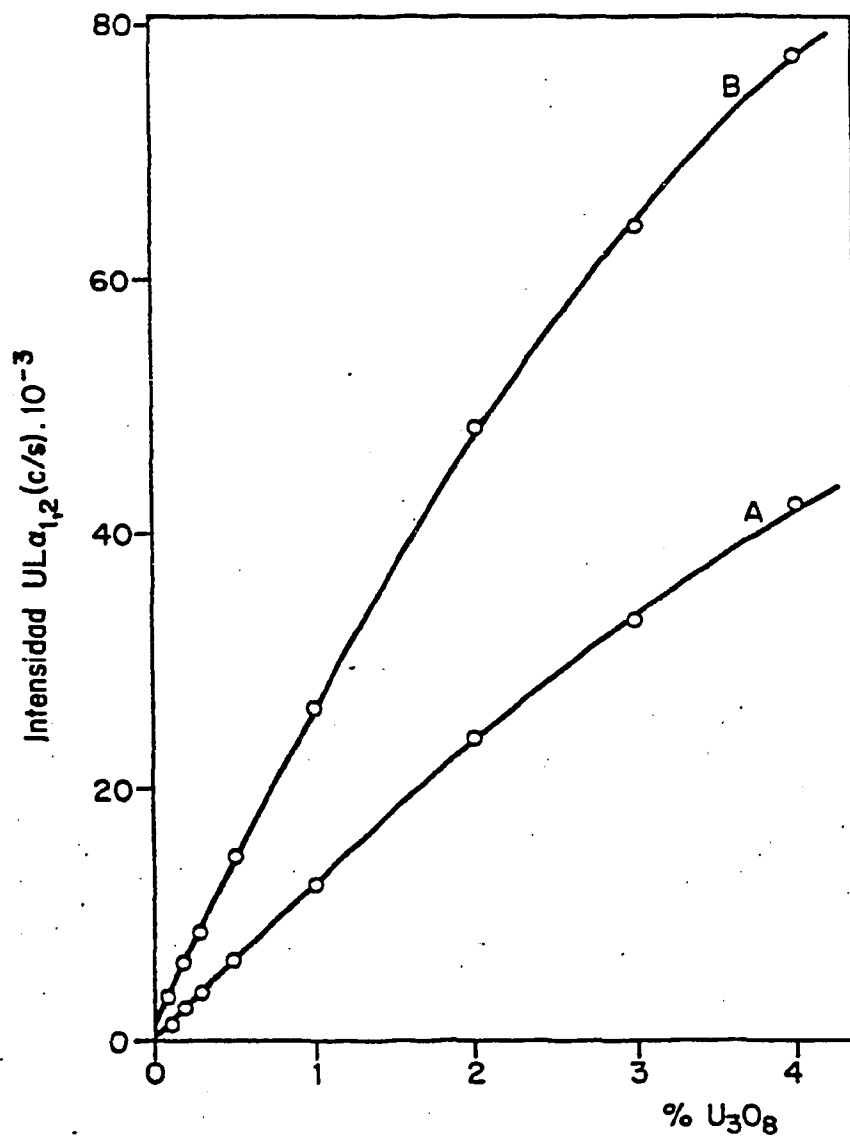


FIG. 3.- CURVAS DE CALIBRADO DEL URANIO SIN CORRECCION DE LOS EFECTOS DE MATRIZ. (A) MATRIZ CON 30% Fe₂O₃. (B) MATRIZ CON 1% Fe₂O₃.

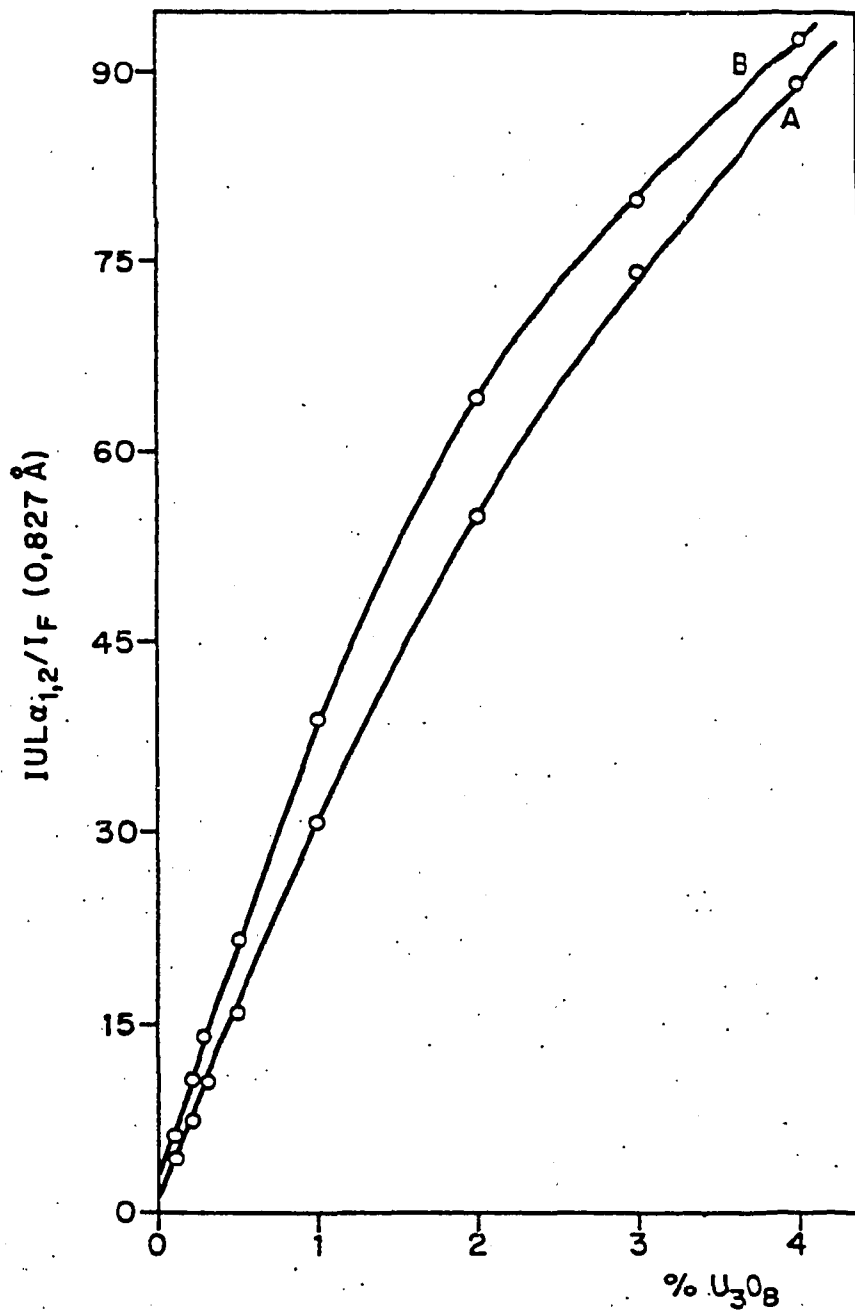


FIG. 4.- CURVAS DE CALIBRADO DEL URANIO EMPLEANDO UNA RADIACION DEL ESPECTRO CONTINUO COMO PATRON INTERNO. (A) MATRIZ CON 30% Fe_2O_3 . (B) MATRIZ CON 1% Fe_2O_3 .

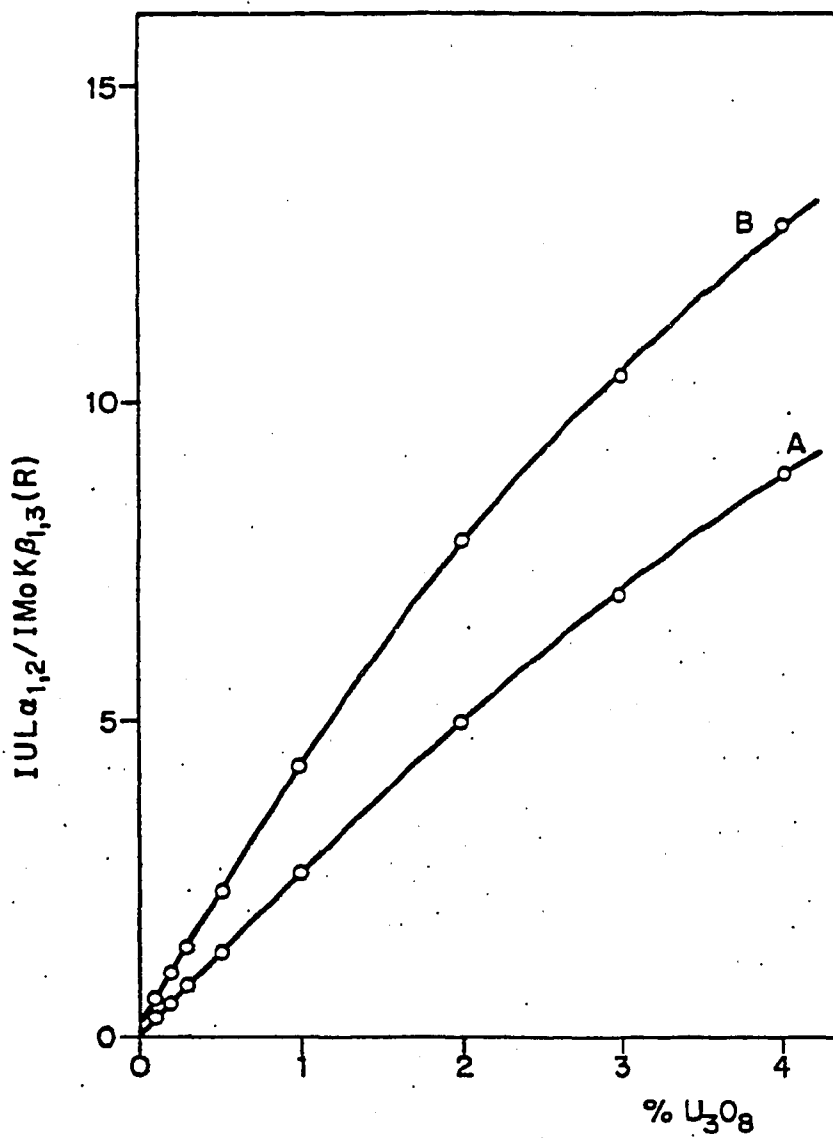


FIG. 5.- CURVAS DE CALIBRADO DEL URANIO EMPLEANDO LA RADIACION MoK_β (RAYLEIGH) COMO PATRON INTERNO. (A) MATRIZ CON 30% Fe₂O₃. (B) MATRIZ CON 1% Fe₂O₃.

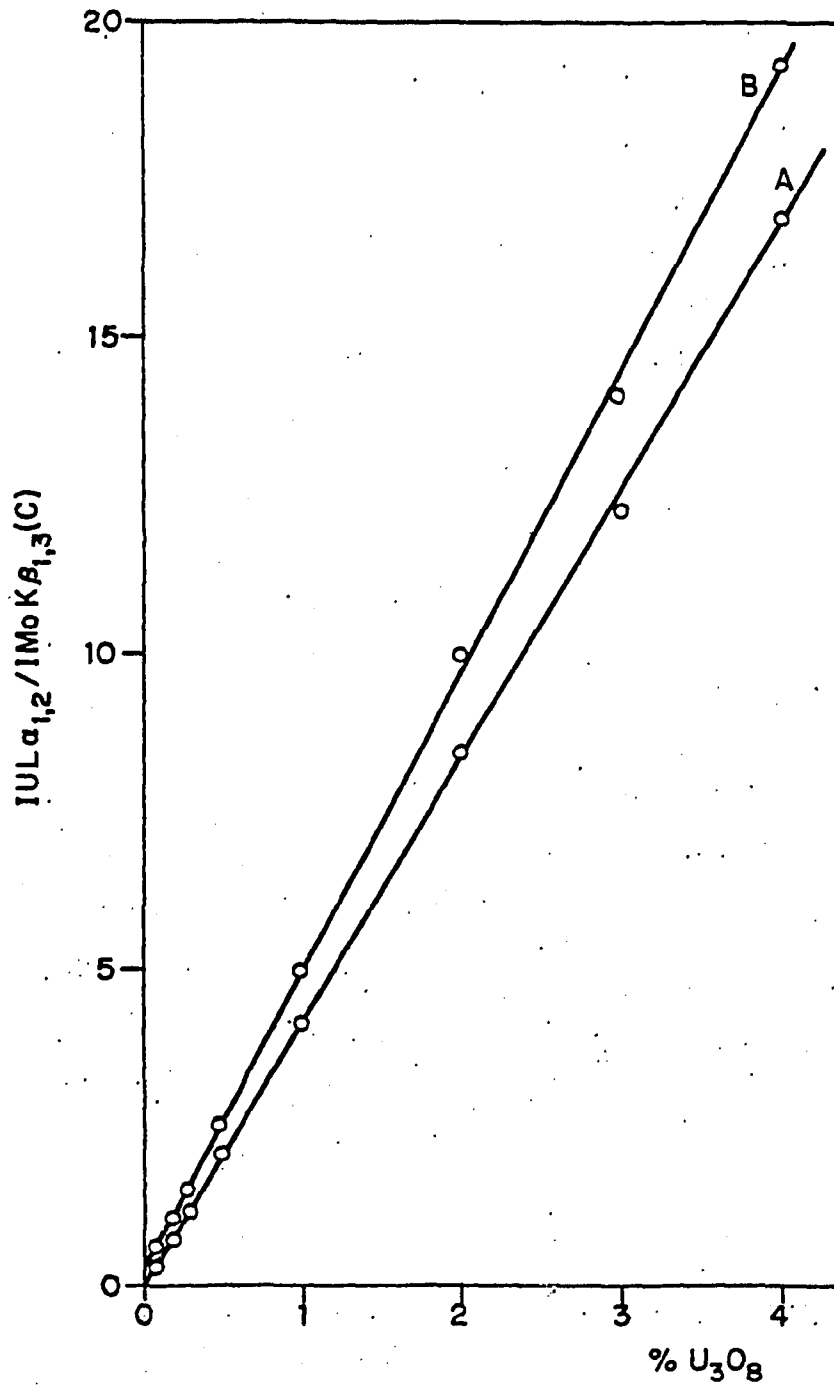


Fig. 6.- CURVAS DE CALIBRADO DEL URANIO EMPLEANDO LA RADIACION MoK $\beta_{1,3}$ (COMPTON) COMO PATRON INTERNO. (A) MATRIZ CON 30% Fe₂O₃. (B) MATRIZ CON 1% Fe₂O₃.

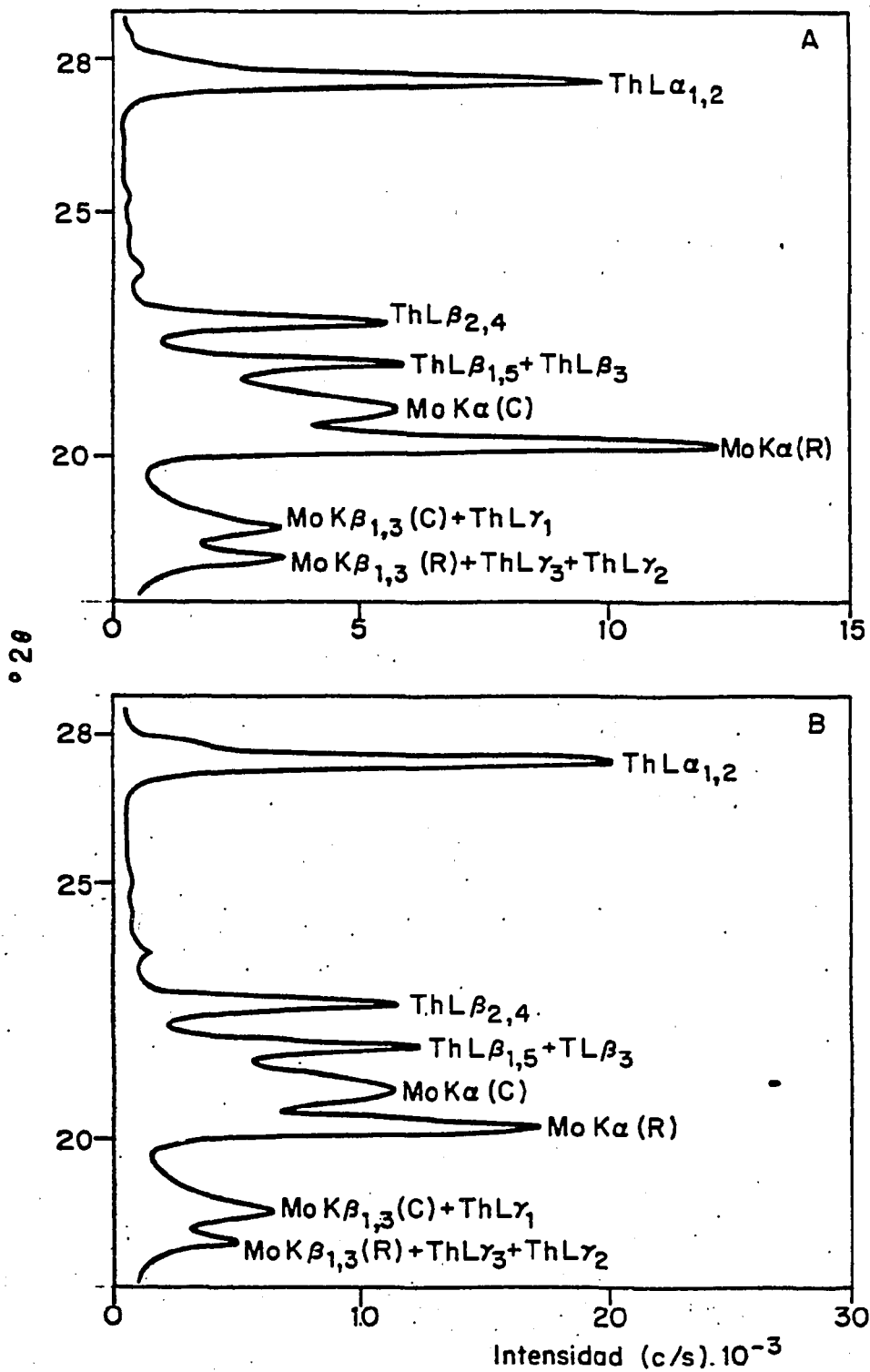


FIG. 7.- ESPECTROS DE LAS RADIACIONES EMITIDAS POR UN TUBO DE Mo Y DISPERSADAS POR DOS MUESTRAS CONTENIENDO 1% ThO_2 .
 (A) MATRIZ CON 30% Fe_2O_3 . (B) Matriz con 1% Fe_2O_3 .
 (C) LINEA COMPTON. (R) LINEA RAYLEIGH.

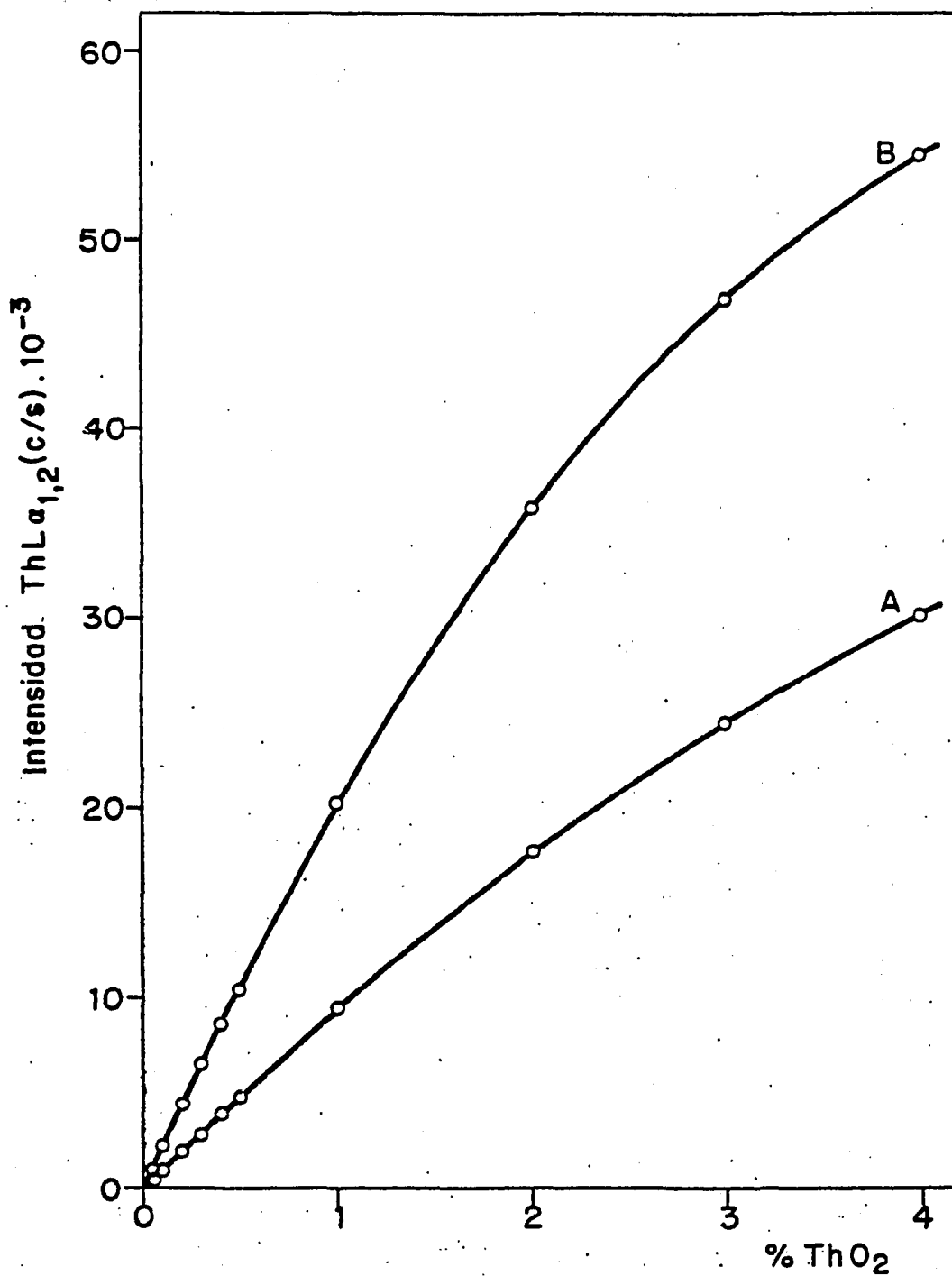


FIG. 8.- CURVAS DE CALIBRADO DEL TORIO SIN CORRECCION DE LOS EFECTOS DE MATRIZ. (A) MATRIZ CON 30% Fe₂O₃. (B) MATRIZ CON 1% Fe₂O₃.

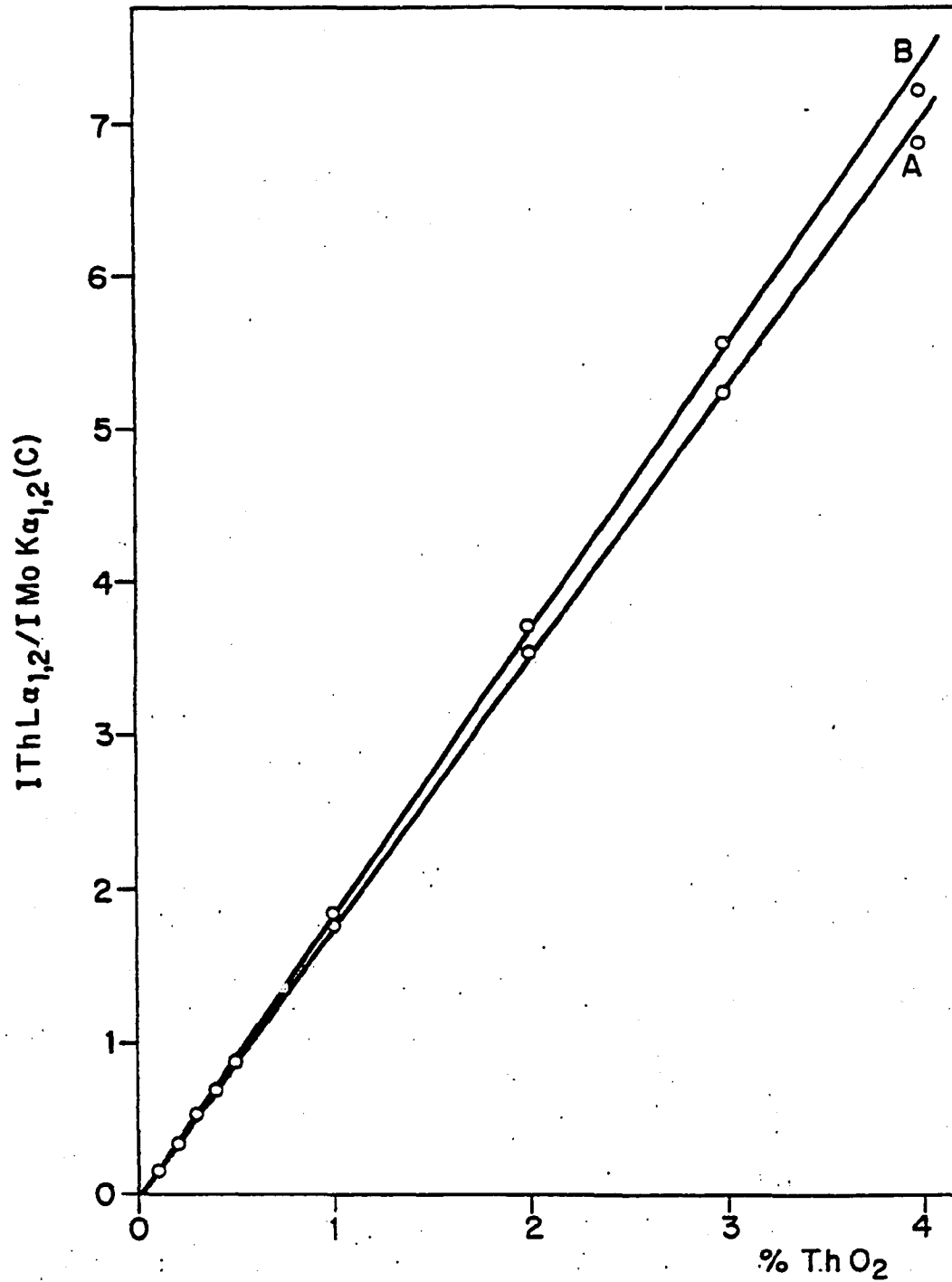


FIG. 9.- CURVAS DE CALIBRADO DEL TORIO EMPLEANDO LA RADIACION $\text{MoK}\alpha_{1,2}$ (COMPTON) COMO PATRON INTERNO. (A) MATRIZ CON 30% Fe_2O_3 . (B) MATRIZ CON 1% Fe_2O_3 .

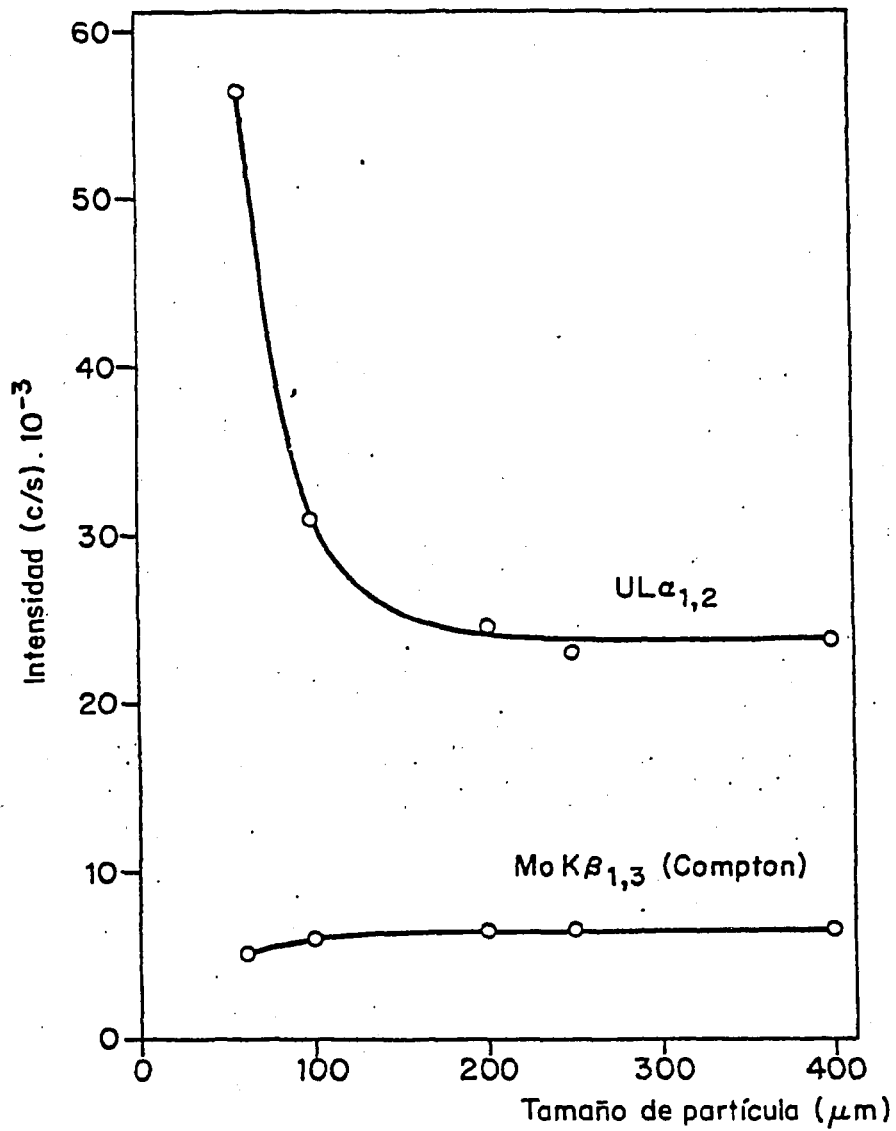


FIG. 10.- INFLUENCIA DE LA NATURALEZA Y DEL TAMAÑO DE LAS PARTICULAS SOBRE LAS INTENSIDADES DE LINEA.



J. E. N. 470

Junta de Energía Nuclear. División de Química y Medio Ambiente. Madrid

"Eficiencia de la radiación primaria dispersa en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos por fluorescencia de rayos X".

DÍAZ-GUERRA, J.P.; BAYON, A. (1980) 27 pp. 10 figs. 11 refs.

Se ha estudiado la eficiencia de diferentes radiaciones pertenecientes al espectro primario para la corrección de los efectos de matriz en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos. A este fin, se han considerado líneas características dispersadas coherente e incoherentemente, así como longitudes de onda del espectro continuo, verificándose la excitación con ánodos de molibdeno y de wolframio. Por otra parte, se han deducido las condiciones de espesor infinito y de tamaño de partícula más favorables, atendiendo, respectivamente, a la simplicidad y exactitud de los análisis.

J. E. N. 470

Junta de Energía Nuclear. División de Química y Medio Ambiente. Madrid.

"Eficiencia de la radiación primaria dispersa en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos por fluorescencia de rayos X".

DÍAZ-GUERRA, J.P.; BAYON, A. (1980) 27 pp. 10 figs. 11 refs.

Se ha estudiado la eficiencia de diferentes radiaciones pertenecientes al espectro primario para la corrección de los efectos de matriz en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos. A este fin, se han considerado líneas características dispersadas coherente e incoherentemente, así como longitudes de onda del espectro continuo, verificándose la excitación con ánodos de molibdeno y de wolframio. Por otra parte, se han deducido las condiciones de espesor infinito y de tamaño de partícula más favorables, atendiendo, respectivamente, a la simplicidad y exactitud de los análisis.

J. E. N. 470

Junta de Energía Nuclear. División de Química y Medio Ambiente. Madrid.

"Eficiencia de la radiación primaria dispersa en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos por fluorescencia de rayos X".

DÍAZ-GUERRA, J.P.; BAYON, A. (1980) 27 pp. 10 figs. 11 refs.

Se ha estudiado la eficiencia de diferentes radiaciones pertenecientes al espectro primario para la corrección de los efectos de matriz en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos. A este fin, se han considerado líneas características dispersadas coherente e incoherentemente, así como longitudes de onda del espectro continuo, verificándose la excitación con ánodos de molibdeno y de wolframio. Por otra parte, se han deducido las condiciones de espesor infinito y de tamaño de partícula más favorables, atendiendo, respectivamente, a la simplicidad y exactitud de los análisis.

J. E. N. 470

Junta de Energía Nuclear. División de Química y Medio Ambiente. Madrid.

"Eficiencia de la radiación primaria dispersa en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos por fluorescencia de rayos X".

DÍAZ-GUERRA, J.P.; BAYON, A. (1980) 27 pp. 10 figs. 11 refs.

Se ha estudiado la eficiencia de diferentes radiaciones pertenecientes al espectro primario para la corrección de los efectos de matriz en la determinación del uranio y del torio en materiales geológicos. A este fin, se han considerado líneas características dispersadas coherente e incoherentemente, así como longitudes de onda del espectro continuo, verificándose la excitación con ánodos de molibdeno y de wolframio. Por otra parte, se han deducido las condiciones de espesor infinito y de tamaño de partícula más favorables, atendiendo, respectivamente, a la simplicidad y exactitud de los análisis.

Para la determinación del uranio, el empleo de la radiación $\text{MoK}\beta_{1,3}$ (Compton) como patrón interno o línea de referencia proporciona la corrección más completa de los efectos de absorción. En el caso del torio, se han obtenido conclusiones análogas utilizando la $\text{MoK}\beta_{1,2}$ (Compton).

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES : B11. Uranium. Thorium. X-Ray fluorescence analysis. Fluorescence spectroscopy. Geologic deposits. Scattering. Quantitative chemical analysis. Programming languages.

Para la determinación del uranio, el empleo de la radiación $\text{MoK}\beta_{1,3}$ (Compton) como patrón interno o línea de referencia proporciona la corrección más completa de los efectos de absorción. En el caso del torio, se han obtenido conclusiones análogas utilizando la $\text{MoK}\beta_{1,2}$ (Compton).

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11. Uranium. Thorium. X-Ray fluorescence analysis. Fluorescence spectroscopy. Geologic deposits. Scattering. Quantitative chemical analysis. Programming languages.

Para la determinación del uranio, el empleo de la radiación $\text{MoK}\beta_{1,3}$ (Compton) como patrón interno o línea de referencia proporciona la corrección más completa de los efectos de absorción. En el caso del torio, se han obtenido conclusiones análogas utilizando la $\text{MoK}\beta_{1,2}$ (Compton).

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11. Uranium. Thorium. X-Ray fluorescence analysis. Fluorescence spectroscopy. Geologic deposits. Scattering. Quantitative chemical analysis. Programming languages.

Para la determinación del uranio, el empleo de la radiación $\text{MoK}\beta_{1,3}$ (Compton) como patrón interno o línea de referencia proporciona la corrección más completa de los efectos de absorción. En el caso del torio, se han obtenido conclusiones análogas utilizando la $\text{MoK}\beta_{1,2}$ (Compton).

CLASIFICACION INIS Y DESCRIPTORES: B11. Uranium. Thorium. X-Ray fluorescence analysis. Fluorescence spectroscopy. Geologic deposits. Scattering. Quantitative chemical analysis. Programming languages.