

CNEA 340

Determinación de Torio por Dilución Isotópica

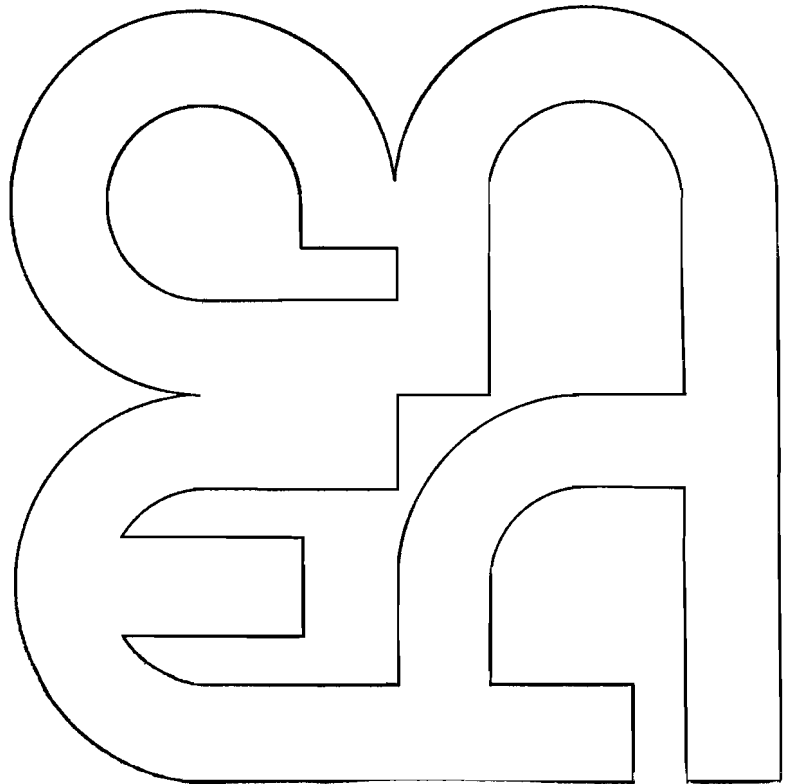
A. A. Suñer
A. M. L. G. de Batistoni

J. Botbol
R. Aprile

Comisión
Nacional
de Energía
Atómica

República Argentina

Buenos Aires, 1973



INIS CLASSIFICATION AND KEYWORDS

B11

THORIUM
ISOTOPE DILUTION
THORIUM 232
TRACER TECHNIQUES
INTERFERING ELEMENTS
QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS
THORIUM ORES

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

DETERMINACION DE TORIO POR DILUCION ISOTOPICA

A.A. Suñer, A.M.L.G. de Batistoni, J. Botbol y R. Aprile

RESUMEN

Se describe un método para determinar torio por dilución isotópica, aplicado al análisis de minerales de baja ley. En él se asegura que el trazador agregado intercambia con el torio 232 contenido en la muestra.

El método de análisis tiene cuatro etapas: a) *ataque del mineral* con ácido fluorhídrico, fusión con bisulfato de potasio y posterior fusión con carbonato de sodio; b) *eliminación de las interferencias por:* precipitación con ácido sulfhídrico en medio ácido, precipitación con yodato de potasio y ácido oxálico, y pasaje por resina aniónica; c) *medición espectrofotométrica* de la absorbancia del complejo de torio con torín (sal de sodio del ácido 1-o-arsenofenilazo 2-naftol 3,6-disulfónico) y d) *determinación radiométrica* del rendimiento químico hecha con tubo de Geiger-Müller.

Se describe detalladamente la técnica operativa.

SUMMARY

Determination of thorium by isotopic dilution

A method for determination of Th by isotopic dilution is described. It can be applied for the analysis of low grade ores. The method assures the complete exchange of the tracer added with the ^{232}Th contained in the sample.

The analytical method has four steps: a) attack of the sample with hydrofluoric acid, potassium acid sulfate fusion and sodium carbonate fusion; b) interferences elimination by hydrogen sulphide precipitation; potassium iodate and oxalic acid precipitation and sorption on ion exchange resin; c) spectrophotometric measurement of the absorbance of the thorium complex with torin (sodium salt of 1-o-arsenophenylazo 2-naphthol 3,6-disulfonic acid) and d) radiometric measurement of the chemical yield with a Geiger-Müller counter.

A description of the laboratory technique of the analysis is added.

INTRODUCCION

La determinación química de pequeñas cantidades de torio ofrece la dificultad que este elemento aunque soluble en medio ácido, coprecipita con muchas sustancias, en dicho medio (1). Por ello es común que en el curso de un análisis se obtengan resultados apreciablemente menores debido a este efecto.

Este inconveniente no puede ser evitado, pero si obviado por medio de la dilución isotópica, que puede medir con exactitud la cantidad de dicha pérdida.

Para poder aplicar la dilución isotópica a un método de análisis, se deben cumplir los siguientes requisitos:

1. que el torio trazador agregado esté en una etapa del análisis en la misma forma química que el torio natural contenido en el mineral.
2. Obtener a partir del mineral analizado un compuesto de torio químicamente puro.

La primera condición se cumple en este método de análisis, pues se aplica una técnica de ataque elaborada que asegura un eficaz intercambio entre los isótopos del torio. La segunda condición se logra por medio de la marcha separativa de las interferencias incluida en el método, que asegura al final del análisis, la eliminación de las interferencias en grado suficiente como para poder llamar al producto "químicamente puro".

Los autores denominan factor de eliminación de las interferencias (FEI) (2) a una figura de mérito que permite medir la eficiencia que posee un proceso separativo en la eliminación de una de ellas. Se calcula como el cocien-

te entre la masa total de esa impureza que hay en un sistema y la que queda después de aplicarle el proceso separativo.

El FEI total para un elemento al cual se le han aplicado varias etapas separativas, es igual al producto de los FEI de cada etapa.

El método de análisis de torio descrito, incluye una marcha separativa de eliminación de las interferencias que asegura un FEI total no menor de 10^5 para cada uno de los elementos químicos.

Por ejemplo, si se analiza con este método 500 mg de mineral con 0,01 % ThO_2 (o sea 50 μg de ThO_2), se encontrará al final de la marcha analítica 50 μg de ThO_2 más un residuo de impurezas que llegan al final del análisis.

Este residuo ($\frac{499,05}{10^5} = 5 \times 10^{-3} \text{ mg} = 5 \mu\text{g}$) de impurezas, da un error de 10 % por exceso cuando se analiza mineral de 0,01 % ThO_2 . Considerase este valor como el límite inferior de aplicabilidad del método.

La bibliografía registra (3) una amplia información sobre la eficiencia con que algunos reactivos separan torio de otros elementos. De ella se han extraído los datos necesarios para calcular los FEI que figuran en el cuadro 1, indicándose los valores individuales de cada FEI por elemento y en cada etapa de la marcha separativa empleada.

En los casos que no fue posible lograr información, se determinaron experimentalmente. En la octava columna del cuadro 1 figuran los FEI totales.

La secuencia de etapas en la marcha analítica adoptada que asegura ese FEI de 10^5 es:

- 1º) Agregado de trazador (^{234}Th) y fusión con SO_4HK .
- 2º) Lixiviación y precipitación con OHNH_4 de hidróxidos insolubles.
- 3º) Fusión de los hidróxidos insolubles con CO_3Na_2 .
- 4º) Digestión del producto fundido con OHNa y filtración.
- 5º) Disolución del precipitado con ácido y precipitación con SH_2 .
- 6º) Filtración y precipitación del filtrado con $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{OHNa}$.

- 7º) Disolución del precipitado y precipitación con IO_3K y ácido oxálico en medio NO_3H , usando ión Ag^+ como portador.
- 8º) Disolución de los yodatos precipitados, ajustando la acidez con ClH .
- 9º) Absorción de las impurezas residuales en resina Dowex 2 x 8.
- 10º) Desarrollo del color con torín.
- 11º) Mediciones espectrofotométrica y radioquímica.

En cada una de estas etapas se ha comprobado una conveniente recuperación de torio, lo que en última instancia es prescindible, pues las pérdidas se determinan mediante medidas radioquímicas.

PARTE EXPERIMENTAL

a) MEDICION DE LA RECUPERACION DE TORIO ENCADA UNO DE LOS PASOS DE LA MARCHA ANALITICA

1. Precipitación con hidróxido de amonio de los hidróxidos insolubles

Fueron precipitados 0,1 mg ThO_2 y 430 000 cuentas/minuto de ^{234}Th disueltos en SO_4H_2 0,1N conteniendo 4 gr de SO_4HK en las condiciones indicadas en Procedimiento de análisis-Técnica operativa IV a VII. Al líquido filtrado se le midió la actividad que resultó de 500 cuentas/minuto, lo que significa una pérdida de menos del 1 %. El balance de actividad (del filtrado + precipitado + agregado) dió: 98 % + 5 %.

2. Insolubilización del Th en OHNa

Fue hecho el control de esta etapa (Procedimiento de análisis-Técnica operativa VIII a X), midiendo la actividad del filtrado que se descarta en X, encontrándose una recuperación del 99 %.

3. No coprecipitación del Th en sulfuros precipitados en medio ácido

Siguiendo la técnica indicada (Procedimiento de análisis-Técnica operativa XII a XIV) se precipitaron 50 mg Cu, 0,1 mg ThO_2 y 3 000 cuentas/minuto de $^{234}\text{Th}^{4+}$. Se midió la actividad del precipitado obtenido encontrándose menor al 1,5 % de la agregada.

4. Totalidad de la precipitación de yodatos y posterior disolución del torio

Fue comprobada anteriormente (2).

5. Comprobación que el torio no se absorbe en resina Dowex 2 en medio ácido fuerte

Hecha por Kraus y Nelson (3c) y confirmada experimentalmente por los autores.

6. No coprecipitación de torio en ClAg en medio ácido

Se comprobó que el precipitado formado (en Procedimiento de análisis-técnica operativa XXIII) no arrastra una cantidad superior al 0,1 %.

b) ELIMINACION DE LAS INTERFERENCIAS

En el cuadro I se dan los valores de los FEI para cada uno de los elementos químicos y en cada una de las etapas separativas.

Dichos valores han sido determinados experimentalmente en algunos casos y en otros fueron calculados en base a los datos bibliográficos (3). Para el resto de los elementos, se realizó una estimación muy conservativa sobre su orden.

c) MEDICION ESPECTROFOTOMETRICA

La determinación de Th con la sal sódica del ácido 1-o-arsenofenilazo 2-naftol 3,6-disulfónico (torín) fue estudiada por Thomason et al y por Clinch (4).

Para aplicar el torín a la medición de este elemento se hicieron los siguientes ensayos:

Se empleó reactivo analítico BDH, purificado por recristalización. Con dicho producto fue hecho un espectro previo en las condiciones indicadas en la bibliografía (Figura 1). Posteriormente se estudió la influencia que tiene el pH en el valor de máxima absorbancia (As) del complejo torio-torín encontrándose que es constante entre pH 0,5 y 1,0. También se halló que este valor de pH puede ser ajustado con ClO_4H , sin que se modifique el valor de

la As. Además fue determinada la cantidad óptima de reactivo (Figura 2). Se midió el tiempo óptimo para hacer la medición, y se comprobó que dentro del rango 0 a 350 $\mu\text{g ThO}_2$, se cumple bien la ley de Beer (Figura 3).

Se estudió la influencia que tienen diversos aniones en el valor de As. Se encontró que los sulfatos y fluoruros influyen cuando se encuentran en relación molar mayor de 1 con el ThO_2 .

Los yoduros no influyen en concentraciones menores de 6 mg I^- en 25 ml de volumen final.

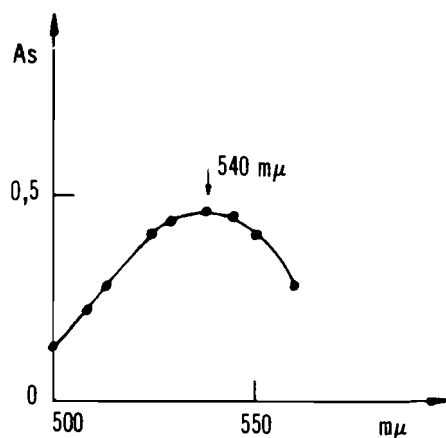


Figura 1

Espectro de una solución del complejo torio-torin a pH: 1

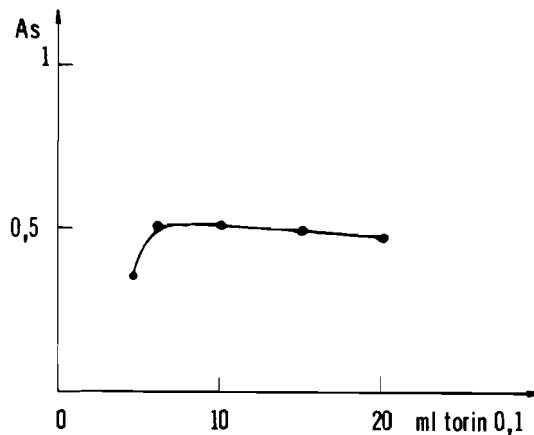


Figura 2

Efecto del agregado de diferentes cantidades de reactivo, adicionados a 320 $\mu\text{g ThO}_2$ en 50 ml medidos a 540 nm, contra blanco de reactivos

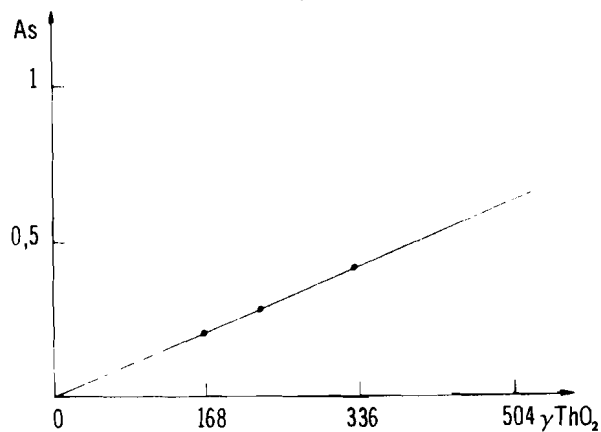


Figura 3
Recta de calibración hecha a 540 n.m. y volumen final de 50 ml, con agregado de la cantidad óptima de reactivo (10 ml).

PROCEDIMIENTO DE ANALISIS

a) APARATOS Y REACTIVOS

1. *Espectrofotómetro*: Tipo Spectronic 20 ó similar.
2. *Tubo de Geiger Müller*: para líquidos.
3. *Escalímetro* rápido común de 1 microsegundo.
4. Bolsitas de polietileno para colocar el mineral y efectuar la medición en el tubo de Geiger.
5. Columna de vidrio de 1-1,2 cm de diámetro interno con 12 cm³ de lecho de resina Dowex 2×8.
6. A continuación se da la lista de los reactivos necesarios que están identificados cada uno por una letra minúscula entre paréntesis:
 - (a) Solución de Cl₂Fe conc. 10 mg/ml de Fe³⁺.
 - (b) Solución de SO₄Cu conc. 10 mg/ml de Cu²⁺.
 - (c) Papel de filtro SS 589², banda blanca.
 - (d) SO₄HK sólido anhidro p.a.
 - (e) CO₂Na₂ p.a.

- (f) OHNa 2N.
- (g) H_2O_2 , 30 %.
- (h) OHNa 0,1 N.
- (i) NOH_3 conc. p.a.
- (j) HClO_4 conc. p.a.
- (k) Solución 0,2 N de HClO_4 saturada con SH_2 .
- (l) Solución 16 % (P/V) de IO_3K , 10 % de solución saturada de ácido oxálico y 10 % de ácido nítrico.
- (m) Solución de NO_3Ag conc. 6 mg de Ag^+ /ml.
- (n) Solución de HCl 5 %.
- (o) SO_2 gaseoso.
- (p) Solución de HCl 1 %.
- (q) HCl concentrado p.a.
- (r) HCl 10 N.
- (s) HF (conc.).
- (t) Solución 0,1 % de torín (sal de sodio del ácido 1-o-arsenofenilazo 2-naftol 3,6-disulfónico).
- (u) NH_4OH p.a (1 + 1).
- (v) Papel de filtro SS 589³, banda azul.
- (w) SH_2 gaseoso.
- (x) Solución 1 % (P/V) IO_3K en NO_3H al 10 % (v/v) y 1 % ac. oxálico.
- (y) Solución 1 % IO_3K (P/V) en NO_3H al 10 % (v/v).
- (z) Resina Dowex 2 × 8 malla 50-100.

b) *TECNICA OPERATIVA*

- I. Pesar 0,5 g de la muestra, poner en bolsa de plástico y colocar en el tubo Geiger Müller el tiempo necesario para acumular 1 000 cuentas, descontando el fondo. Calcular en cuentas/minutos (c/m).
- II. Poner en cápsula de platino $500 \pm 0,5$ mg de mineral molido a malla 100-200 y agregarle 20 veces más cantidad de cuentas/minuto de ^{234}Th que lo medido en I y en ningún caso menos de 5 000 cuentas/minuto. Como trazador debe emplearse una solución de sal soluble de uranilo que tenga más de tres a cuatro meses de purificación. El uranio sirve de portador para la etapa V. La actividad agregada se debe medir exactamente.
- III. Agregarle 10 ml de HF (s)* y 2 ml SO_4H_2 (1 + 1). Evaporar y llevar a humos fuertes de SO_3 .
- IV. Agregar 3-5 grs de SO_4HK (d) y fundir durante 20-30 minutos. Disgregar el fundido con SO_4H_2 0,1 N caliente en vaso de precipitados. Lavar la cápsula y reservarla para el paso VII.
- V. Agregar OHNH_4 (u) en caliente hasta precipitación. Dejar en digestión 40-45 minutos y filtrar precipitados y residuos (de haberlos) con papel de filtro (c).
- VI. Lavar con OHNH_4 1 %.
- VII. Pasar el papel de filtro con el residuo a la cápsula reservada en IV, secar y calcinar el papel.
- VIII. Agregar a la cápsula 3-5 gr de CO_3Na_2 (e) y fundir durante 45 minutos. Dejar enfriar.
- IX. Poner el fundido en digestión hasta que coagule en 150 ml de solución de OHNa (f).
- X. Filtrar con papel de filtro (v) y lavar con solución (h). Descartar el filtrado.

* Las letras entre paréntesis se refieren a los reactivos cuya lista está al principio de este capítulo.

- XI. Colocar el papel de filtro y precipitado en vaso de 150 ml con 10 ml de HNO_3 (i) y 5 ml de HClO_4 (j). Evaporar y llevar a humos de HClO_4 hasta tal mineralización (N - 1)*.
- XII. Ajustar el volumen hasta acidez 0,3N y precipitar con SH_2 (w) en caliente durante 30 minutos.
- XIII. Filtrar y lavar el precipitado con solución (k). Descartar el precipitado.
- XIV. Hervir hasta expulsar el SH_2 , agregar 2 ml de H_2O_2 (g) y 10 ml de Cl_3Fe (a) y precipitar con OHNa (f) en caliente, filtrar con papel de filtro (v) y lavar con solución (h).
- XV. Calcinar el ppdo. y disolverlo en 10 ml de HNO_3 (i).
- XVI. Agregar 5 ml de solución de NO_3Ag (m) agitar y luego 100 ml de solución de yodato (l). Dejar estar durante 2 horas. Filtrar con papel (c), lavar primero con 30 ml de solución (x) y luego con 30 ml de solución (y).
- XVII. Pasar el papel de filtro con precipitado a erlenmeyer de 250 ml, con 30 ml de HCl (n), hervir 1 minuto, hacer pasar SO_2 (o) durante 2 minutos, diluir con agua a 90 ml, llevar a ebullición, pasar SO_2 (o) 1 minuto, calentar durante 15-20 minutos.
- XVIII. Filtrar con papel de filtro (c) y lavar con HCl (p).
- XIX. Concentrar hasta 10-15 ml. Agregar un volumen igual de HCl (q).
- XX. Pasar 20 ml de HCl (r) por la columna de resina (z) a velocidad de $0,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{minuto}^{-1}$.
- XXI. Pasar la muestra por la columna a $0,5 \text{ cm}^3 \cdot \text{minuto}^{-1}$. Lavar con cuatro porciones de 20 ml cada una de HCl (r).
- XXII. Agregar al eluido 4 ml HClO_4 (j) y llevar a humos fuertes durante 10 minutos. Dejar enfriar.
- XXIII. Diluir a 30 ml, agregar 1 ml HCl (q) hervir para coagular y filtrar con papel de filtro (c), lavar con HCl (p).

* Las notas aclaratorias identificadas como (N - 1) y (N - 2), deben verse al final de "Procedimiento de análisis".

XXIV. Agregar 10 ml de torín (t), enrasar a 50 ml y a pH $0,7 \pm 0,3$.

XXV. Leer la absorbancia a 540 nm.

XXVI. Medir la actividad de la solución enrasada con tubo de Geiger Müller para líquidos. Restar la actividad de fondo, calcular la actividad para 50 ml.

XXVII. *CALCULOS*

$$\text{ThO}_2 \text{ \% en el mineral} = \frac{(C + B) \times 100}{500}$$

C: ThO₂ medido espectrofotométricamente en los 500 mg de mineral.

$$B: \text{ThO}_2 \text{ perdido} = \frac{C \times A_o}{A_a} = B$$

Aa: Actividad agregada en II

Ao: Actividad del mineral referida al día que se comenzó la marcha (N - 2)

Notas aclaratorias

(N - 1) En caso de quedar mineral sin atacar, diluir con agua a 20 ml, filtrar con papel (c), lavar con HCl (p), reservar el filtrado, calcinar el papel en cápsula de Pt y reiniciar el ataque desde III. Al llegar a XI con el resultado del tratamiento del residuo no debe quedar mineral sin atacar y juntar ambos líquidos. Si aún persistieran residuos visibles, del mineral, este ataque no es adecuado para el mineral que se analiza y debe emplearse otro.

(N - 2) Corrección por decaimiento.

$$A_o = A_m \exp \frac{0,693 \times T}{25}$$

A_o : actividad del mineral referida al día que se comenzó la marcha.

A_m : actividad medida en la etapa XXVI.

T : tiempo transcurrido desde el momento en que se hizo la etapa XV y la etapa XXVI, en días.

APLICACIONES DEL METODO

Se ensayaron diversas mezclas sintéticas con una buena recuperación de Th.

Fue aplicado el método a diversos minerales:

Un mineral con un contenido determinado radiométricamente de 0,06 %, dió un resultado de 0,008 % ThO₂.

Analizados 500 mg del mismo mineral con el agregado de 320 γ de ThO₂ dieron un contenido total de 370 γ ThO₂.

Otros minerales analizados dieron resultados sistemáticamente mayores, cuando se compararon con otros métodos. Ello es razonable puesto que este método, si se cumple el intercambio del trazador (lo cual es indudable por el laborioso método de ataque) es un método absoluto, es decir, exacto, pues la dilución isotópica corrige las pérdidas.

Finalmente, respecto a la precisión del método, un mineral analizado por sextuplicado dió los siguientes resultados: 1,00; 0,96; 0,92; 0,88; 1,04 y 1,05 es decir, $\sigma = 5$ %. Estos resultados son satisfactorios, más aún teniendo en cuenta que en cada determinación el rendimiento químico fue diferente.

CUADRO I

ELEMENTOS	CO ₃ ²⁻	S ²⁻	H ₂ O ₂ OHNa	IO ₃ ⁻ C ₂ O ₄ ²⁻	Resino (i)	Torin	FEI TOTAL	REFERENCIAS
Lantanidos	1	1	1	10 ³ (g)	1	5 · 10 ³ (g)	5 × 10 ⁵	d
Ti	1	1	1	10 ³	10 ²	3 · 10 ²	3 × 10 ⁷	
Zr (Hf)	1	1	1	5 × 10 ³ (g)	10 ²	5 (g)	2 × 10 ⁵	a,c
V	5	10	10 ²	10 ²	10 ¹	10 ²	5 × 10 ⁹	c
Nb	2	1	1	5 × 10 ² (g)	10 ² (g)	10	10 ⁶	
Ta	2	1	1	5 × 10 ²	10 ²	10	10 ⁶	
Cr	1	1	10 ²	10	1	10 ²	10 ⁵	a
Mo	2	10 ³	10 ²	10 (g)	1	25	5 · 10 ⁷	
W	2	1	10 ²	10 (g)	10	5	10 ⁵	
U ⁺⁶ U ⁺⁴	5	1	10 ²	10 ² (g)	10 ² (g)	5 · 10 ²	2 · 10 ⁹	a
Mn	1	1	1	10 ²	1	2 · 10 ²	6 × 10 ⁵	a,c
Fe ⁺⁴	-(e)	1	1	10 ³ (g)	10 ³ (g)	10 ²	10 ⁸	a
Co	1	1	1	10 ² est	10 ²	10 ²	10 ⁶	a
Ni	1	1	1	10 ² est	1	5 · 10 ³	5 × 10 ⁵	
Pts*	1	10 ³	1	10	10 ²	2 · 10 ²	2 × 10 ⁸	
Cu	1	10 ³	1	10 ²	10	10 ⁴	10 ¹⁰	a
Ag	-(e)	-(e)	-(e)	10 ³ (f)	10 ³ (f,g)	25	2 × 10 ⁷	
Au	1	10 ³	1	10 ² (j)	10 ⁴	10 ²	10 ¹¹	
Zn	1	10 ³	2	10	10	10 ³	2 × 10 ⁸	
Cd	1	10 ³	1	10	50	2 × 10 ²	10 ⁸	
Hg	1	10 ³	1	10	10 ²	2 × 10 ²	2 × 10 ⁸	
B	5	1	5	10	2	10 ³	5 × 10 ⁵	
Al	2	1	10	10 ³	1	10 ⁵	2 × 10 ⁶	b,c
Ga	2	1	10	10 ²	10 ⁴	50	10 ⁹	
In	2	2	1	10 ²	1	2 × 10 ²	10 ⁵	
Tl	1	2	1	10 ²	10	50	10 ⁵	
Ge	2	10 ³	2	10	10 ²	50	2 × 10 ⁸	
Sn	2	10 ³	2	5	10 ²	1-10	2 × 10 ⁶	a
Pb	1	10 ³	1	10	1	2 · 10 ³	2 × 10 ⁷	c
P	3	1	5	10 ²	10	50	6 × 10 ⁵	a
As	1	10 ³	5	10	10	10 ²	5 × 10 ⁷	
Sb	1	10 ³	2	10	10 ²	1	2 × 10 ⁶	a
Bi	1	10 ³	1	10 ²	10	10	10 ⁷	
Se	2	10 ³	2	10 ² (j)	1	2 × 10 ²	8 × 10 ⁷	
Te	2	10 ³	2	10 ² (j)	1	2 × 10 ²	8 × 10 ⁷	
F ⁻	10 ³ (h)	1	5	10	10 ³ (h)	50	2 × 10 ⁸	b,c
I ⁻	1	1	1	10 ³ (f)	10 ³ (h)	10 ³ (g)	10 ⁹	
Si	10 ³ (h)	1	5	10	1		10 ⁶	b,c
Be	10	1	1	10 ²	1	10 ⁵	10 ⁸	
Mg	10 ²	1	10	10	1	5 × 10 ²	5 × 10 ⁶	c
Ba	10 ²	1	1	10	1	2 × 10 ²	2 × 10 ⁵	
Ca	10 ²	1	1	10	1	2 · 10 ²	2 · 10 ⁵	

* Pts = elementos del grupo del platino

REFERENCIAS CUADRO I

- (a) Se determinó que el FEI total para toda la marcha es mayor que el indicado. Los expresados en cada etapa son extraídos de la bibliografía.
- (b) Se determinó para la primera y última etapa juntas.
- (c) El FEI total fue controlado espectrográficamente.
- (d) Sm, Nd, Yb se midió FEI de precipitación IO_3^- + torin dando 10^5 .
- (e) No se toma en cuenta pues se agrega como reactivo o portador en una de las etapas de la marcha.
- (f) Precipitan IAg y ClAg, por ello se les da FEI = 10^3
- (g) FEI determinado para esa etapa individual.
- (h) Se eliminan F^- y I^- por el ClO_4H o SO_4H_2 que se llevan a humos.
- (i) Si se hace la separación en batch y en las condiciones del análisis en el que hay 10-15 ml de solución y 10 gr de resina, el Kd no difiere grandemente del FEI.

Supongamos que la cantidad inicial de interferencia sean 100 mg, disueltos en 10 ml de solución, que el Kd sea 100 y se empleen 10 gr de resina.

$$Kd = 100 = \frac{9,9 \text{ mg/g res}}{0,099 \text{ mg/ml Sol.}} \simeq \text{FEI} \frac{100}{0,99} = 101$$

Cuando se hace la separación en columna, el denominador del FEI es menor, lo que hace $\text{FEI} > Kd$ y por lo tanto es lícito poner el valor Kd como un mínimo que pueda tener. Se han tomado los Kd del trabajo clásico de Kraus y Nelson (3,c)

Kd: Coeficiente de distribución: $\frac{\text{concentración interferencia en la resina}}{\text{concentración interferencia en la solución}}$
Medido cuando el sistema llega al equilibrio.

BIBLIOGRAFIA

1. a) BERRY, A.; JACS - 97 (1910), 196
b) TCHENG, DA-TCHANG; Compt. Rend. 193 (1931), 167
c) GRIMALDI, F.S.; FAHEY, J.J.; FOSTER, M.D.; Geol. Survey Bull 1006 (1953) 12, 135.
2. SUÑER, A.A.; Proc. of Peac. use of Atomic Energy sesion E₆ y E₇, P/ 1581, Ginebra (1958), 652.
3. a) TILLU, M.J. y ATHAVALE, V.T.; Anal. Chem. Acta 11, (1954), 62.
b) LUNDELL y HOFFMANN, Outlines of methods Chemical Analysis 1938.
c) KRAUS, K.A.; NELSON, F.; Proc. Int. Conf. Peac. Uses of Atomic Energy; vol. 7, (1956), 113.
d) THOMASON, P.F.; PERRY, M.A.; BYERLY, W.M.; Analytical Chem. vol. 21, N° 10 (1949) 1239.
e) CLINCH, J.; Anal. Chim. Acta 14 (1956), 163.
f) VANOSSI, F.; Anales Asoc. Quim. Arg. Tomo 47, N° 3 (1959), 214
4. Ver 3 (d, e y f).

INDICE

	<i>pag.</i>
RESUMEN	3
SUMMARY	3
INTRODUCCION	4
PARTE EXPERIMENTAL	6
<i>Medición de la recuperación del torio en cada uno de los pasos de la marcha analítica</i>	6
<i>Eliminación de las interferencias</i>	7
<i>Medición espectrofotométrica</i>	7
PROCEDIMIENTO DE ANALISIS	9
<i>Aparatos y reactivos</i>	9
<i>Técnica operativa</i>	11
<i>Cálculos</i>	13
APLICACION DEL METODO	14
CUADRO DE ELIMINACION DE INTERFERENCIAS	15
BIBLIOGRAFIA	17