

CAPITULO VI CONCLUSIONES

A. Resultados

Utilizando la información contenida en los Reportes mostrados en la sección E del Capítulo V se realizaron los cálculos necesarios para determinar el contenido, en partes por millón (ppm), de los elementos de tierras raras encontrados en cada muestra irradiada.

Los cálculos efectuados se encuentran resumidos de la Tabla de Resultados #1 a la #12. Las Tablas de Resultados #1 y #2 comparan, de la primera irradiación, la muestra QB-1 con los estándares NBS-1632a y NBS-1633a. En las Tablas de Resultados #3 y #4 se hace lo mismo para la muestra QB-2, también de la primera irradiación. De la segunda irradiación, se compararon las muestras QB-1-Bis y QB-2-Bis solamente con los estándares NBS-1632a-Bis, NBS-1633a-Bis y NBS-BCR-1, ya que los otros estándares no mostraron los fotopicos necesarios, o no estaba certificada la presencia de esos elementos en ellos. Estos cálculos se muestran en las Tablas de Resultados de la #5 a la #10.

Finalmente, en las Tablas de Resultados #11 y #12 se tienen los cálculos de comparación de la muestra QB-1-Bis con los estándares NBS-1632a-Bis y NBS-1633a-Bis después de un período de aproximadamente 50 días de enfriamiento de los mismos.

En todas las Tablas de Resultados se efectuaron los cálculos solo para los elementos de tierras raras, que son los de interés en el

presente trabajo, pero cabe notar que en los Reportes de cada muestra se presentan fotopicos de otros elementos.

Para la determinación del contenido de cada elemento se utilizó el "método relativo", el cuál está representado por la expresión (2-26) del Catítulo II. Además, todos los resultados son expresados con su respectivo error (en ppm), para lo cuál se usaron los fundamentos estadísticos de la propagación de errores de la sección D del Capítulo III.

Por otro lado, el cálculo de "Area(t0)" en todas las Tablas de Resultados se hizo usando la expresión (2-9) del Capítulo II,

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

donde $N_0 = \text{Area}(t_0)$, $t = (\text{tiempo de enfriamiento} + \text{tiempo de conteo})$ y $N(t) = \text{Area}(t_2)$.

Como un complemento a las Tablas de Resultados, al final de ésta sección se muestran los espectros de QACAL1011, QACAL1018 a QACAL1021 y de GEO0041 a GEO0048, en los cuales se pueden comprobar a simple vista muchos de los fotopicos usados en los cálculos.

Tabla de Resultados #1

MUESTRA QACAL1018.QB-1			masa(g)= 0.12851	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	7383.56	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.44	Dy-165	8.39E+03	508	13.7	974.52	13.7

ESTANDAR QACAL1020.NBS-1632a			masa(g)= 0.0736	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	8906.00	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.51	Dy-165	8.39E+03	1676	5.2	3646.19	5.2

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Dysprosio	2.06	0.14	0.315326	0.050934

Tabla de Resultados #2

MUESTRA QACAL1018.QB-1			masa(g)= 0.12851	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	7383.56	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94,44	Dy-165	8.39E+03	508	13.7	974.52	13.7

ESTANDAR QACAL1021.NBS-1633a			masa(g)= 0.10959	error(g)= 0.00002		
t0	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0	9470.81	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94,54	Dy-165	8.39E+03	16571	1.4	37773.12	1.4

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Dysprosio	15.60	0	0.343215	0.047265

Tabla de Resultados #3

MUESTRA QACAL1019.QB-2			masa(g)= 0.17385	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	7955.97	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.55	Dy-165	8.39E+03	683	10.3	1373.69	10.3

ESTANDAR QACAL1020.NBS-1632a			masa(g)= 0.07360	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	8906.03	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.51	Dy-165	8.39E+03	1676	5.2	3646.19	5.2

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Dysprosio	2.06	0.14	0.328565	0.043998

Tabla de Resultados #4

MUESTRA QACAL1019.QB-2			masa(g)= 0.17385	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	7955.97	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.55	Dy-165	8.39E+03	683	10.3	1385.09	10.3

ESTANDAR QACAL1021.NBS-1633a			masa(g)= 0.10959	error(g)= 0.00002		
t0=	600.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	9470.81	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	500.00	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
94.54	Dy-165	8.39E+03	16571	1.4	38086.55	1.4

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Dysprosio	15.6	0	0.357625	0.037174

Tabla de Resultados #5

MUESTRA GEO0047.QB-1-Bis

masa(g)= 0.16057

error(g)= 0.00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	211685.73	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.90	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.32	Gd-153	2.09E+07	1194	18.9	1202.52	18.9
1595.9	La-140	1.45E+05	582	12.2	1619.97	12.2

ESTANDAR GEO0042.NBS-1632a-Bis

masa(g)= 0,19587

error(g)= 0,00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	250396.65	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2683.86	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.27	Gd-153	2.09E+07	19329	1.9	19491.85	1.9
1596.01	La-140	1.45E+05	7377	1.5	24702.57	1.5

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	2.60	0.60	0.195666	0.058483
Lantano	15.00	2.00	1.20E+00	0.217606

Tabla de Resultados #6

MUESTRA GEO0047.QB-1-Bis			masa(g)= 0.16057	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	211685.73	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.90	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.32	Gd-153	2.09E+07	1194	18.9	1202.52	18.9
1595.90	La-140	1.45E+05	582	12.2	1619.97	12.2

ESTANDAR GEO0043.NBS-1633a-Bis			masa(g)= 0.24105	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	251023.10	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2649.80	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.21	Gd-153	2.09E+07	142391	0.4	143593.49	0.4
1596.01	La-140	1.45E+05	48063	0.6	161399.36	0.6

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	19.00	0	0.238865	0.045156
Lantano	84.00	0	1.27E+00	0.154601

Tabla de Resultados #7

MUESTRA GEO0047.QB-1-Bis			masa(g)= 0.16057	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	211685.73	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.90	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.32	Gd-153	2.09E+07	1194	18.9	1202.52	18.9
1595.90	La-140	1.45E+05	582	12.2	1619.97	12.2

ESTANDAR GEO0044.NBS-BCR-1			masa(g)= 0.11263	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	254250.78	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2583.66	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.08	Gd-153	2.09E+07	22311	2.6	22501.77	2.6
1596.00	La-140	1.45E+05	6162	4.3	21007.26	4.3

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	6.68	0	0.250403	0.047772
Lantano	24.90	0	1.35E+00	0.174227

Tabla de Resultados #8

MUESTRA GEO0048.QB-2-Bis			masa(g)= 0.11999	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	214471.77	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.53	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.67	Gd-153	2.09E+07	1025	25.9	1032.41	25.9
1595.88	La-140	1.45E+05	520	14.1	1466.78	14.1

ESTANDAR GEO0042.NBS-1632a-Bis			masa(g)= 0.19587	error(g)= 0.00002		
t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	250396.65	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2683.86	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.27	Gd-153	2.09E+07	19329	1.9	19491.85	1.9
1596.01	La-140	1.45E+05	7377	1.5	24702.57	1.5

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	2.60	0.60	0.224799	0.078098
Lantano	15.00	2.00	1.45E+00	0.282985

Tabla de Resultados #9

MUESTRA GEO0048.QB-2-Bis

masa(g)= 0.11999

error(g)= 0.00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	214471.77	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.53	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.67	Gd-153	2.09E+07	1025	25.9	1032.41	25.9
1595.88	La-140	1.45E+05	520	14.1	1466.78	14.1

ESTANDAR GEO0043.NBS-1633a-Bis

masa(g)= 0.24105

error(g)= 0.00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	251023.10	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2649.80	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.21	Gd-153	2.09E+07	142391	0.4	143593.49	0.4
1596.01	La-140	1.45E+05	48063	0.6	161399.36	0.6

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	19.	0	0.274430	0.071086
Lantano	84.0	0	1.53E+00	0.216430

Tabla de Resultados #10

MUESTRA GEO0048.QB-2-Bis

masa(g)= 0.11999

error(g)= 0.00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	214471.77	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2685.53	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.67	Gd-153	2.09E+07	1025	25.9	1032.41	25.9
1595.88	La-140	1.45E+05	520	14.1	1466.78	14.1

ESTANDAR GEO0044.NBS-BCR-1

masa(g)= 0.11263

error(g)= 0.00002

t0=	14400.00	tiempo de irradiación (seg)				
t1-t0=	254250.78	tiempo de enfriamiento (seg)				
t2-t1=	2583.66	tiempo de conteo (seg)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
103.08	Gd-153	2.09E+07	22311	2.6	22501.77	2.6
1596.00	La-140	1.45E+05	6162	4.3	21007.26	4.3

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Gadolinio	6.68	0	0.287686	0.074885
Lantano	24.9	0	1.63E+00	0.240566

Tabla de Resultados #11

MUESTRA GEO0071.QB-1-Bis

masa(g)= 0.16057

error(g)= 0.00002

t0=	0.2	tiempo de irradiación (días)				
t1-t0=	47.7	tiempo de enfriamiento (días)				
t2-t1=	0.3	tiempo de conteo (días)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
74.92	Tb-161	7.20E+00	2749	3.9	279284.22	3.9
84.77	Tm-170	1.29E+02	1218	7.6	1576.37	7.6
145.44	Ce-141	3.25E+01	305	26.6	848.98	26.6
344.33	Eu-152	4.87E+03	237	25.9	238.63	25.9

ESTANDAR GEO0083.NBS-1632a-Bis

masa(g)= 0.195870

error(g)= 0.00002

t0=	0.17	tiempo de irradiación (días)				
t1-t0=	49.67	tiempo de enfriamiento (días)				
t2-t1=	0.33	tiempo de conteo (días)				
Energía	Isótopo	T1/2 (seg)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
74.90	Tb-161	7.20E+00	7341	2.1	904162.15	2.1
84.65	Tm-170	1.29E+02	3962	4.1	5183.14	4.1
145.31	Ce-141	3.25E+01	3990	3.1	11590.36	3.1
344.13	Eu-152	4.87E+03	2263	5.4	2279.17	5.4

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Terbio	0.311	0.017	0.117183	0.008245
Tulio	0.39	0.005	0.144688	0.012631
Cerio	29.00	2.00	2.59E+00	0.716570
Europio	0.52	0.04	0.066412	0.018298

Tabla de Resultados #12

MUESTRA GEO0071.QB-1-Bis

masa(g)= 0.16057

error(g)= 0.00002

t0=	0.2	tiempo de irradiación (días)				
t1-t0=	47.7	tiempo de enfriamiento (días)				
t2-t1=	0.3	tiempo de conteo (días)				
Energía	Isótopo	T1/2 (días)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
74.92	Tb-161	7.20E+00	2749	3.9	279284.22	3.9
84.77	Tm-170	1.29E+02	1218	7.6	1576.37	7.6
145.44	Ce-141	3.25E+01	305	26.6	848.98	26.6
344.33	Eu-152	4.87E+03	237	25.9	238.63	25.9

ESTANDAR GEO0084.NBS-1633a-Bis

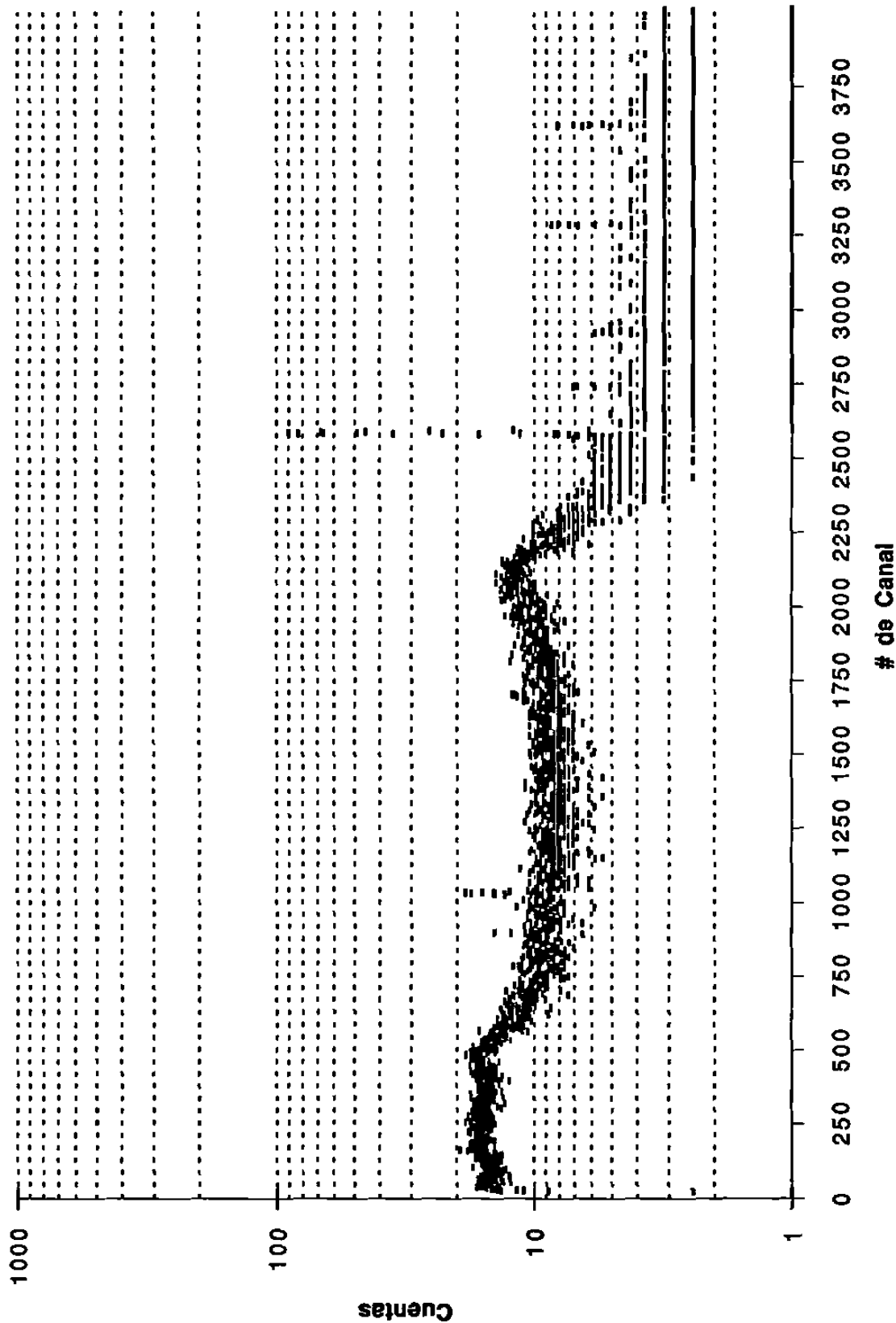
masa(g)= 0.24105

error(g)= 0.00002

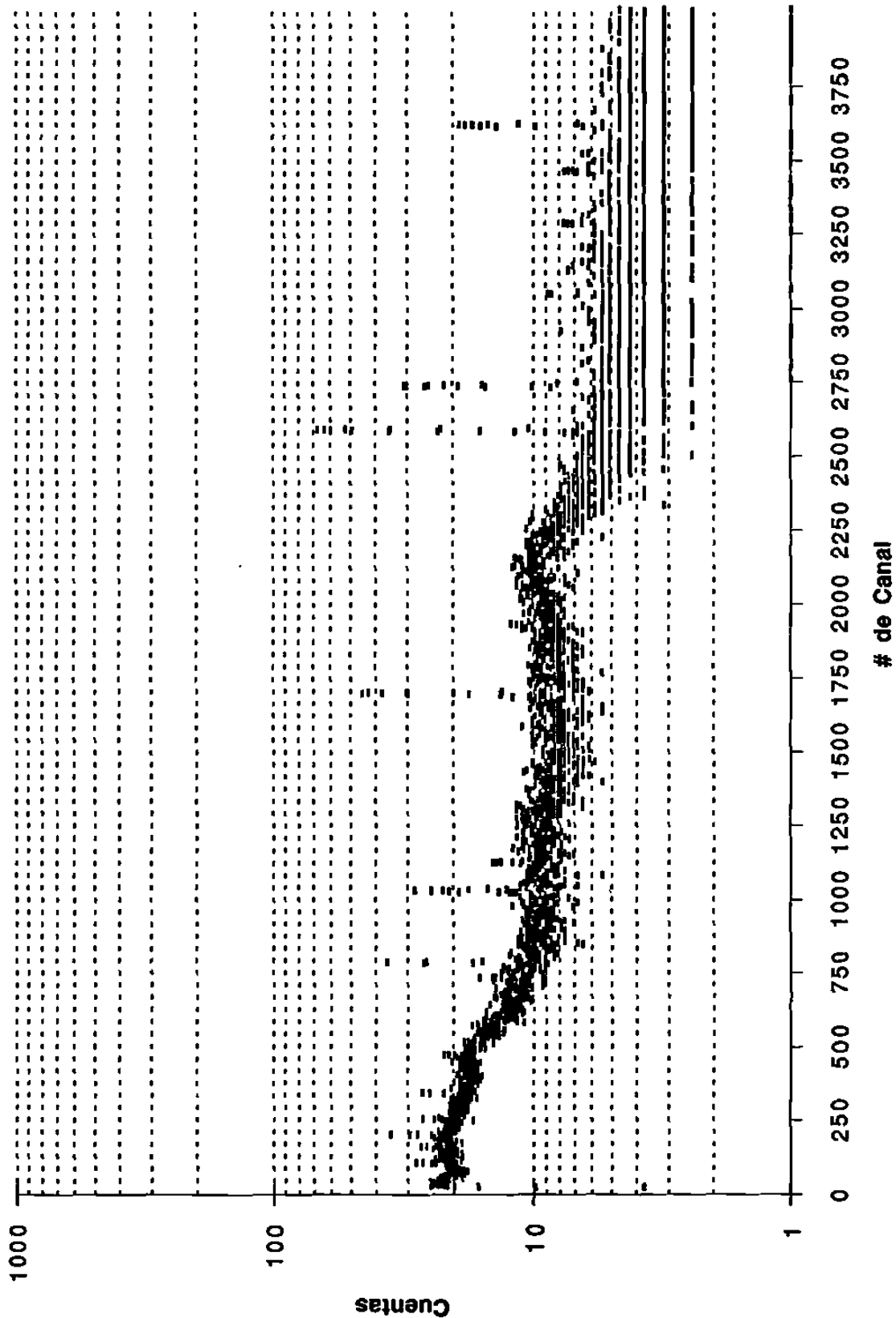
t0=	0.2	tiempo de irradiación (días)				
t1-t0=	50.0	tiempo de enfriamiento (días)				
t2-t1=	0.3	tiempo de conteo (días)				
Energía	Isótopo	T1/2 (días)	Area(t2)	%err(t2)	Area(t0)	%err(t0)
74.91	Tb-161	7.20E+00	44045	0.8	5624207.57	0.8
84.67	Tm-170	1.29E+02	24416	1.6	32005.74	1.6
145.35	Ce-141	3.25E+01	29750	1.1	87113.10	1.1
344.16	Eu-152	4.87E+03	18559	1.6	18692.58	1.6

ELEMENTO	ppm(STD)	error(ppm)	ppm(SPL)	error(ppm)
Terbio	2.50	0	0.186366	0.007420
Tulio	0.00	0	0.000000	0.000000
Cerio	180.00	0	2.63E+00	0.701106
Europio	4.00	0	0.076657	0.019892

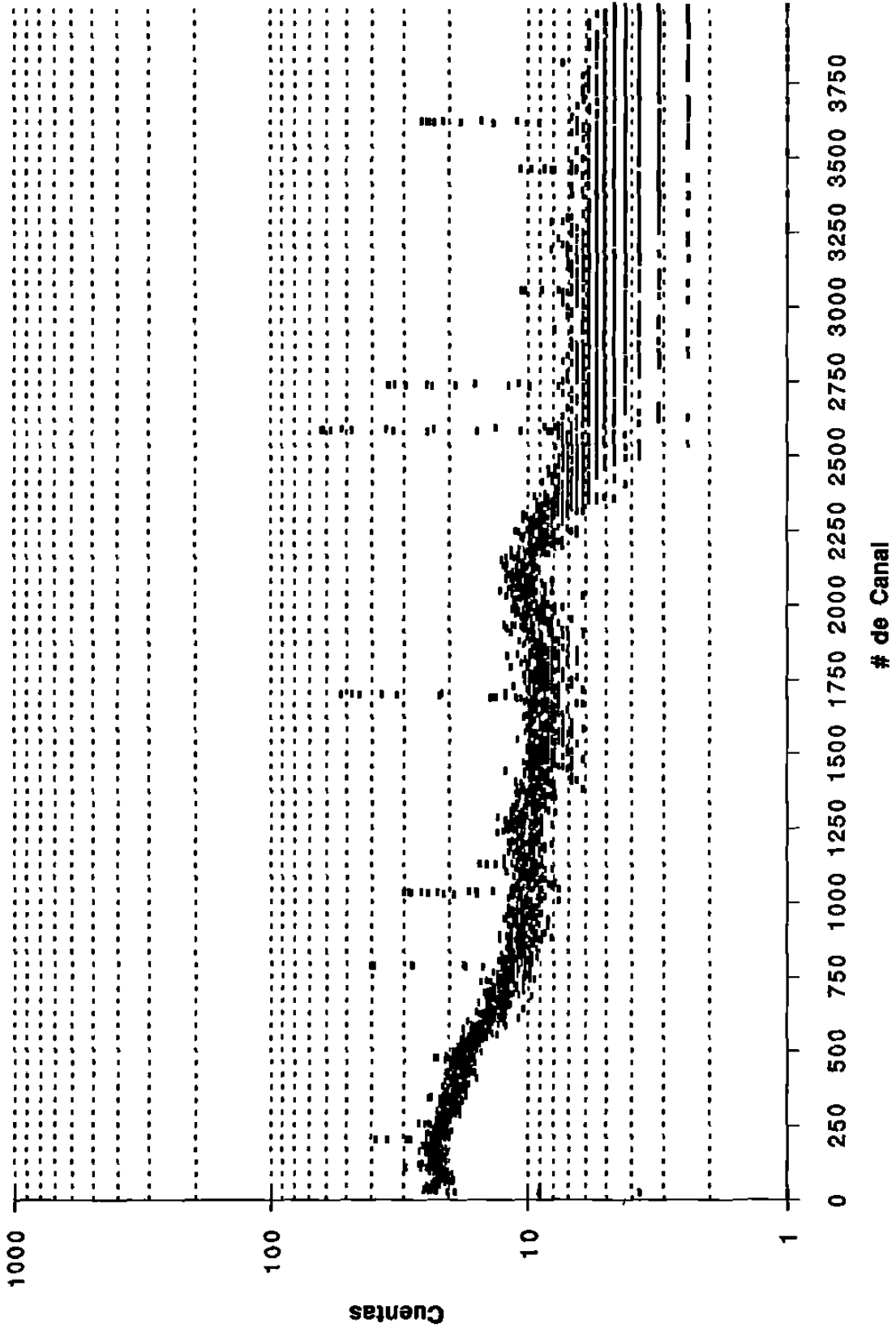
GACAL1011.Empty-Vial



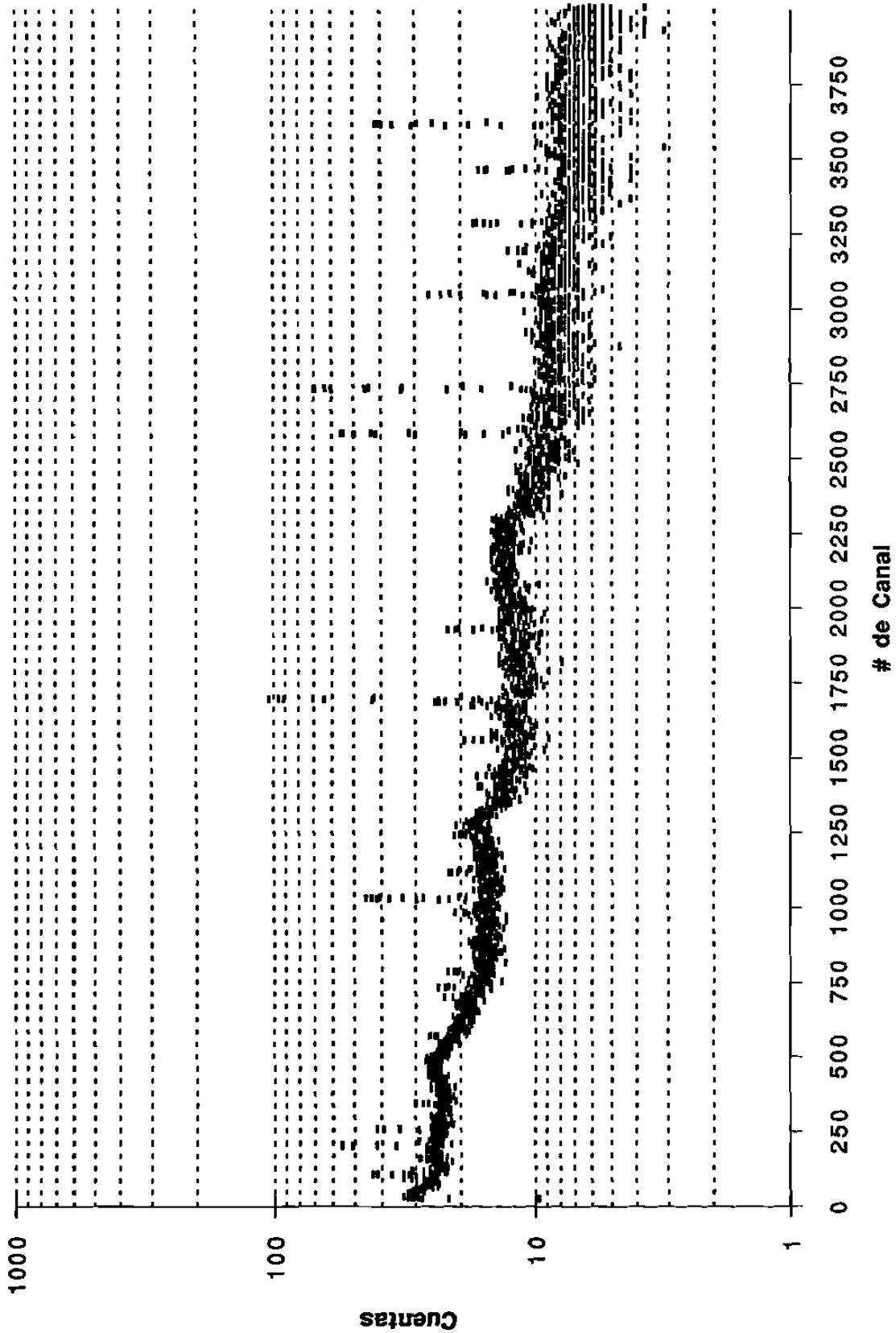
QACAL1018.QB-1



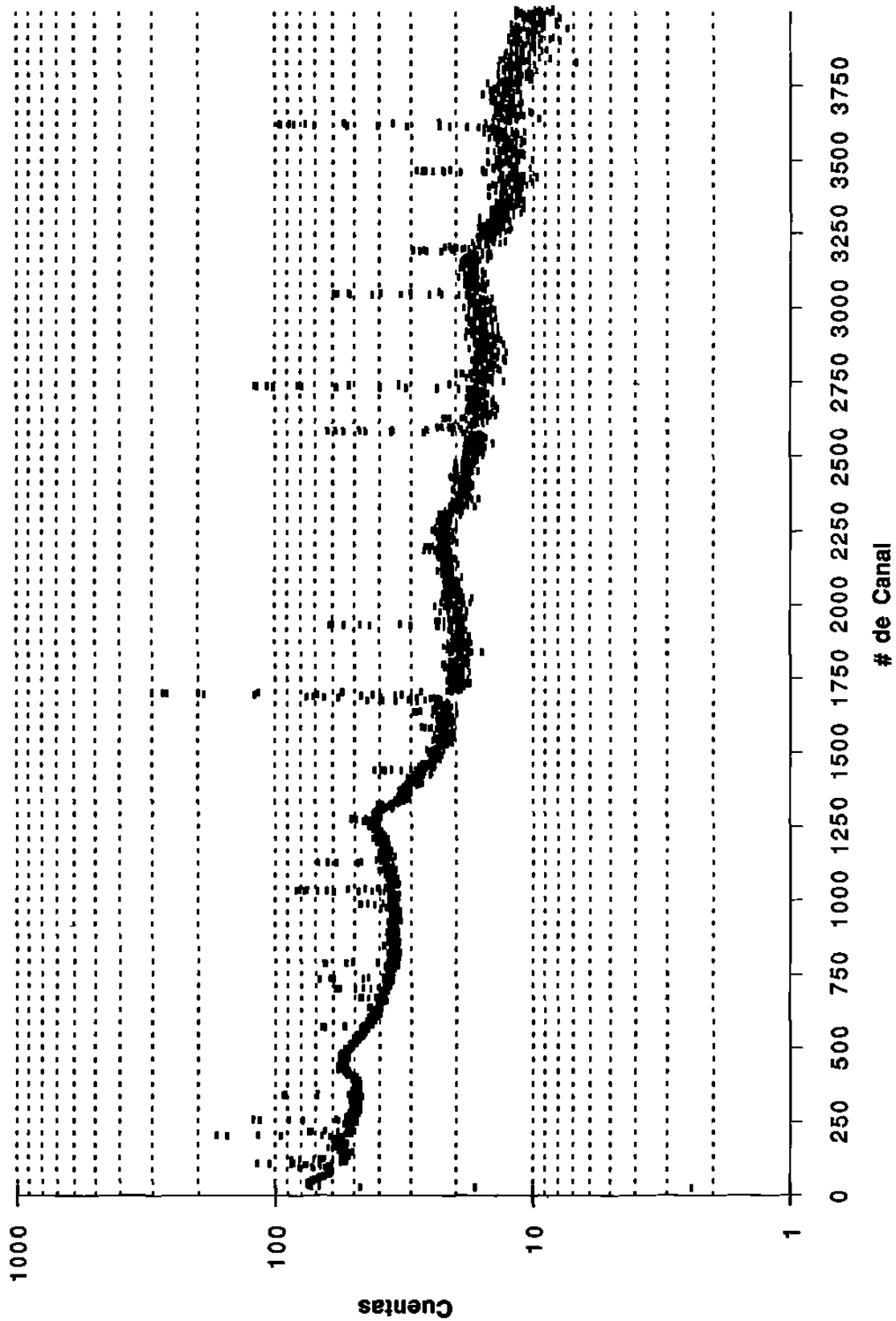
QACAL1019.QB-2



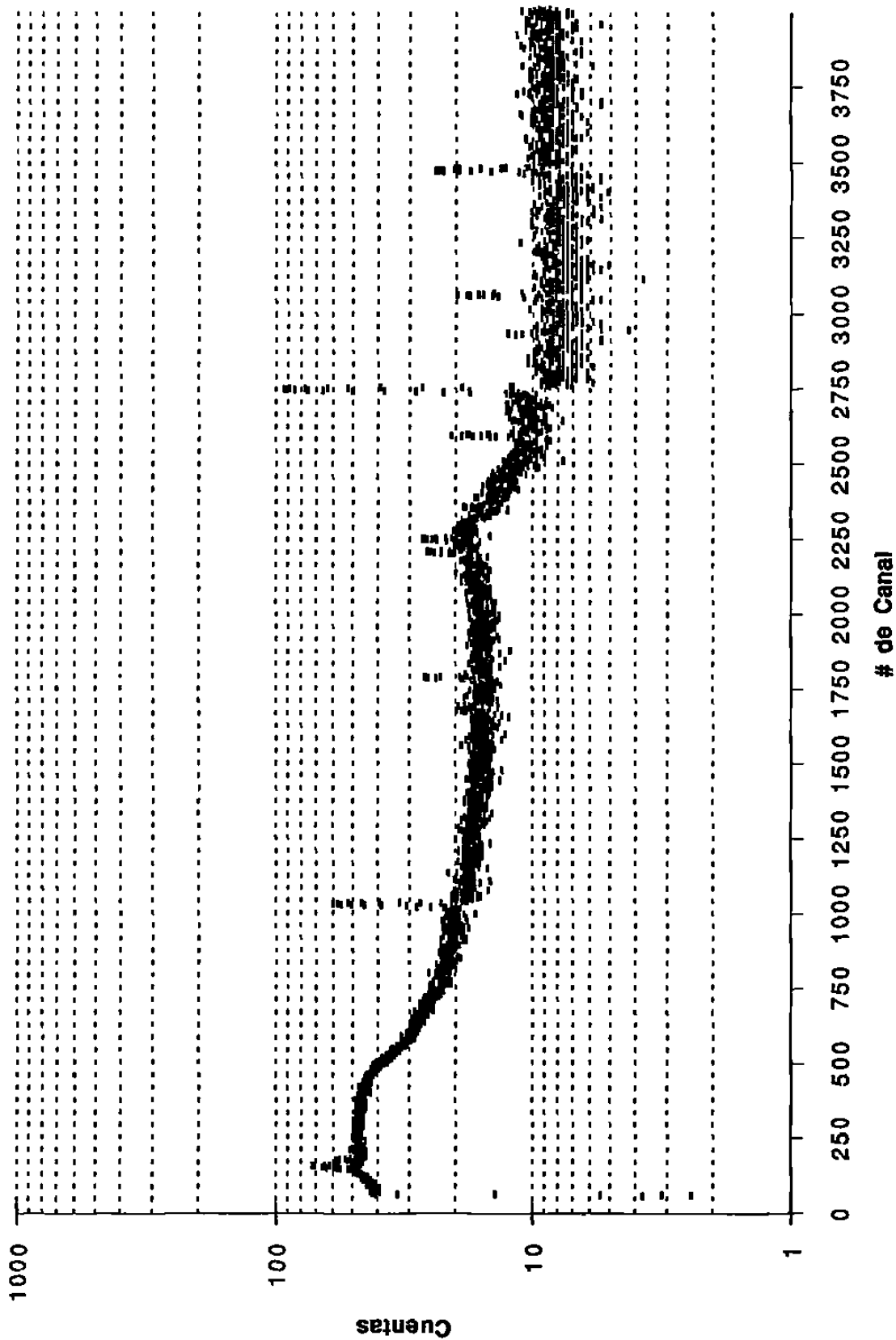
QACAL1020.NBS-1632a



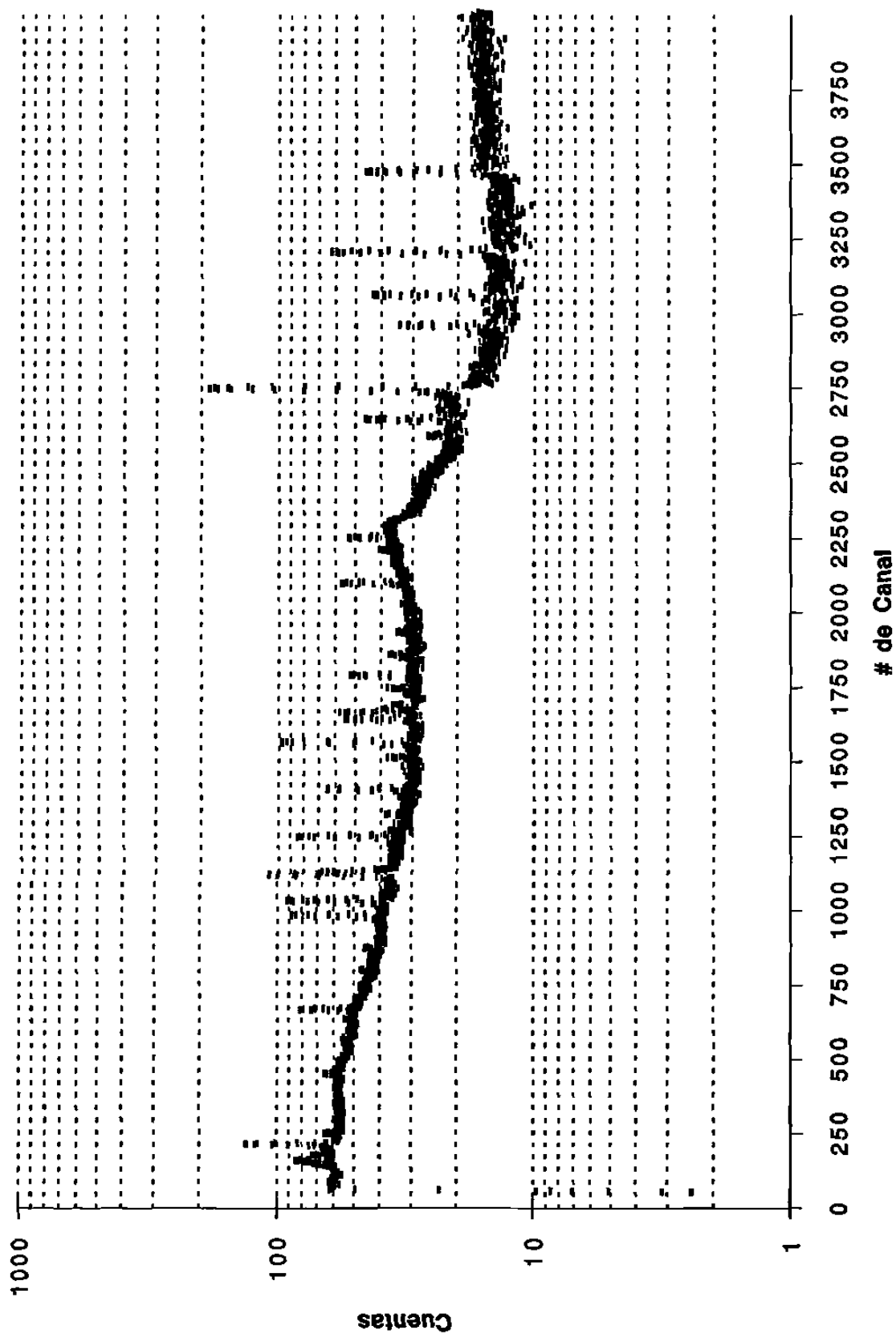
QACAL1021.NBS-1633a



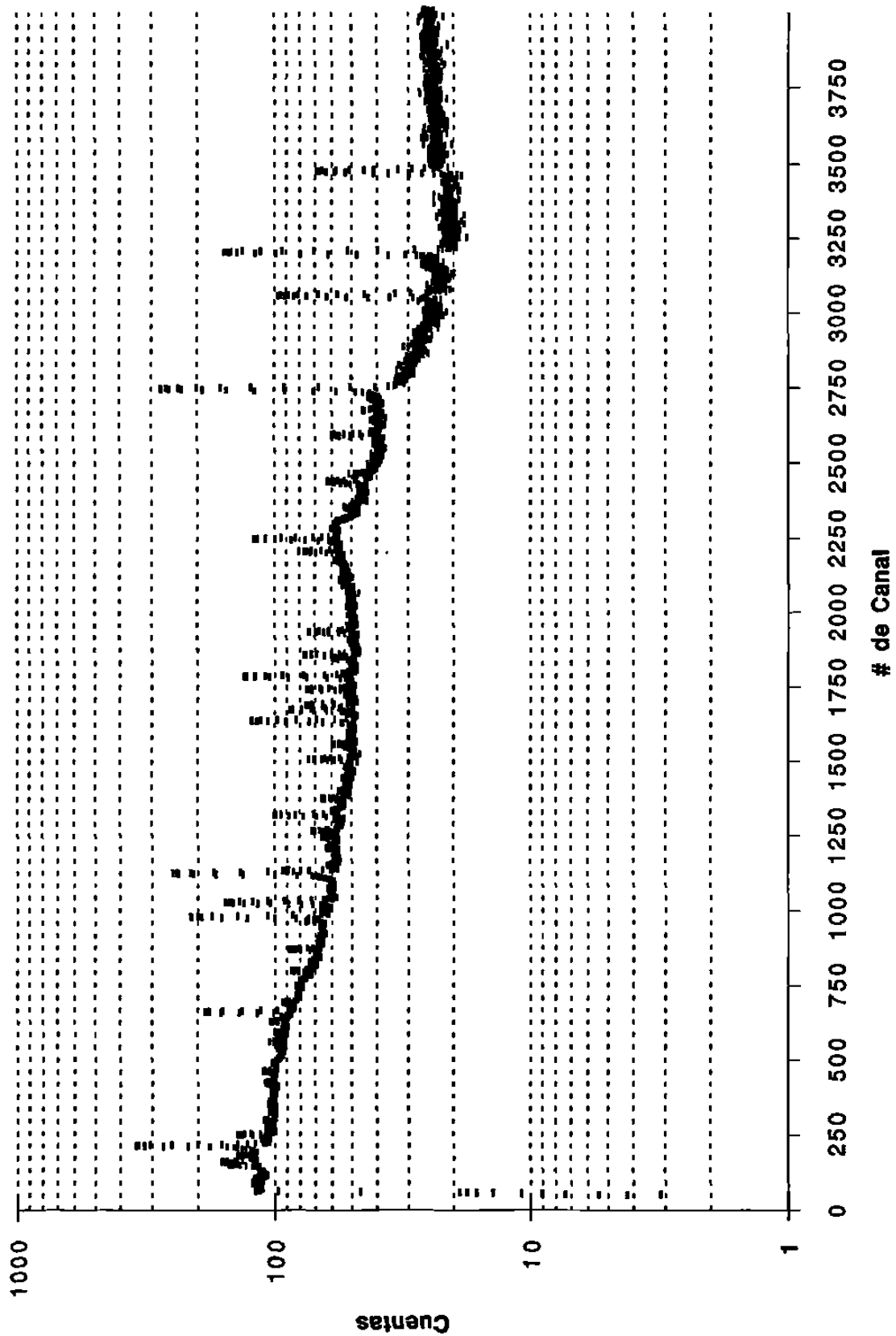
GEO0041.Empty-Vial-Bis



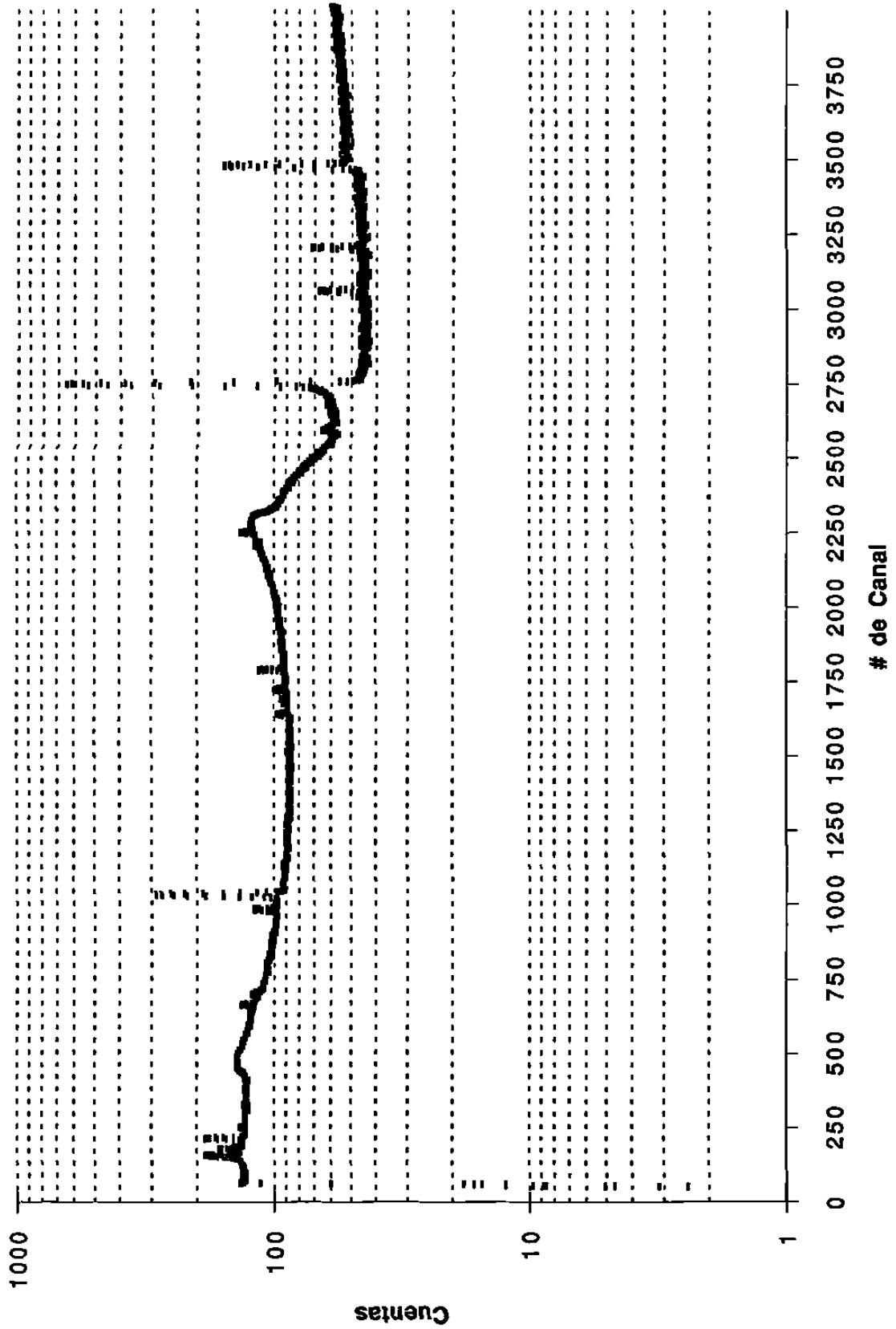
GEO0042.NBS-1632a-Bis



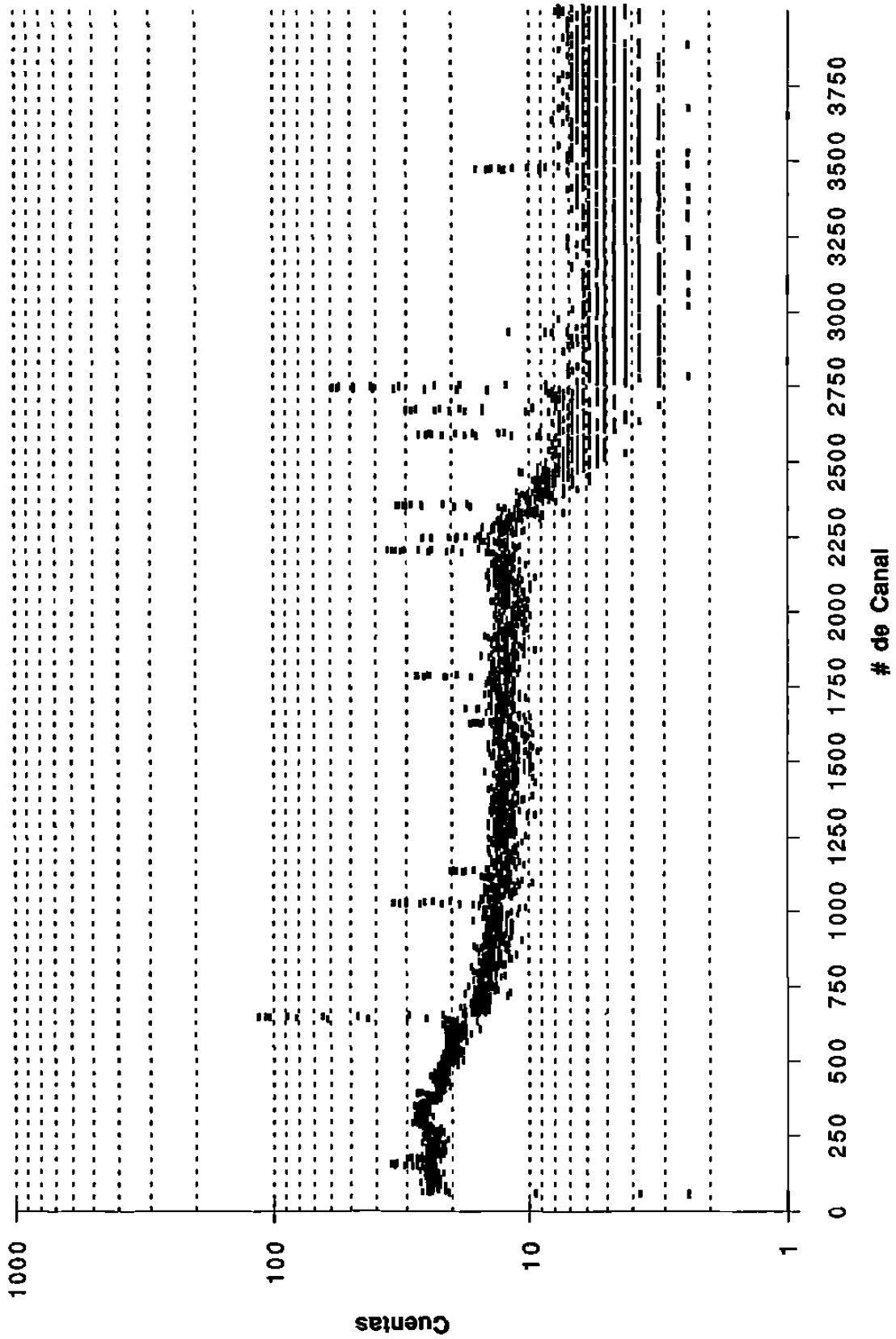
GEO0043.NBS-1633a-Bis



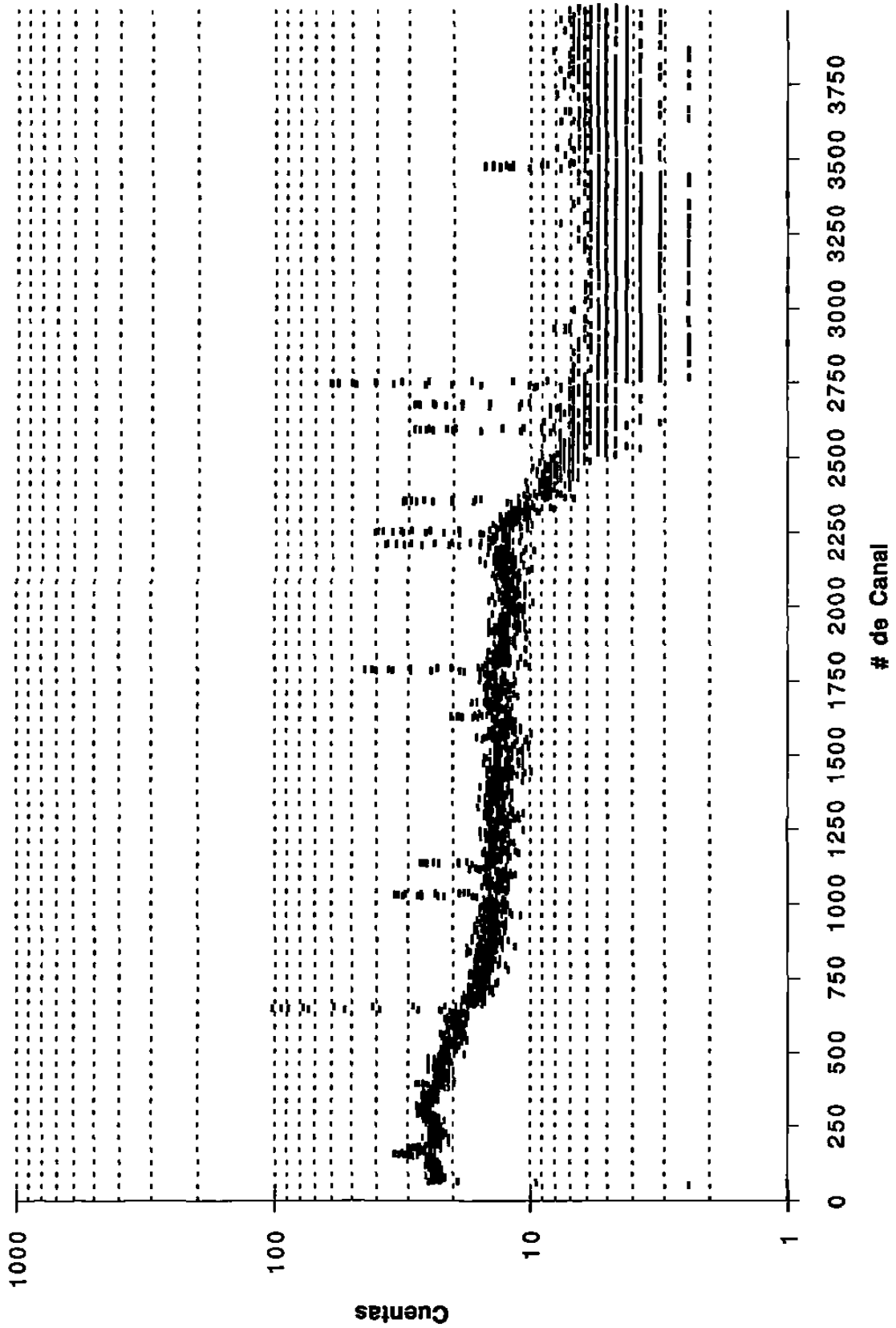
GEO0044.NBS-BCR-1



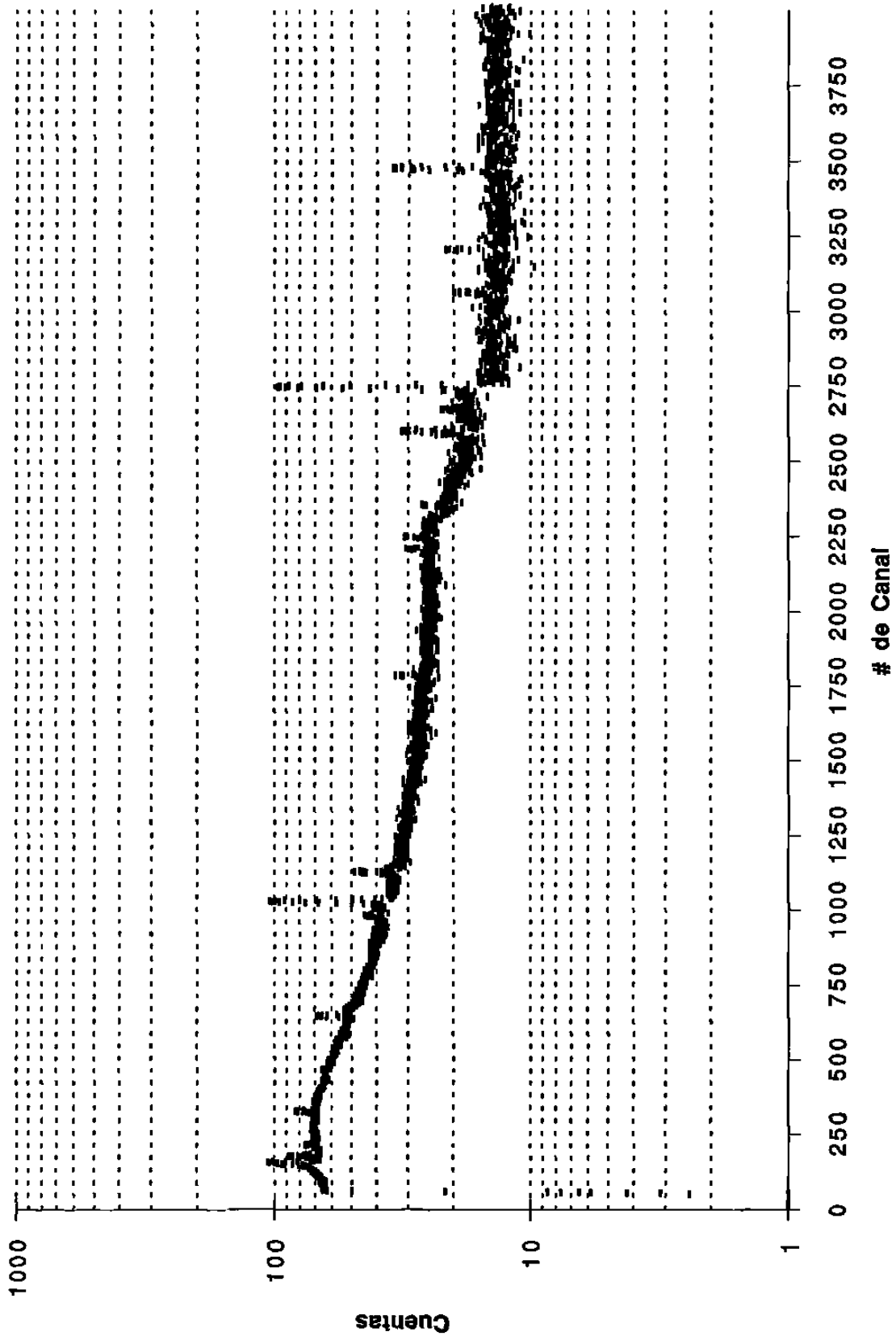
GEO0045.NBS-DTS-1



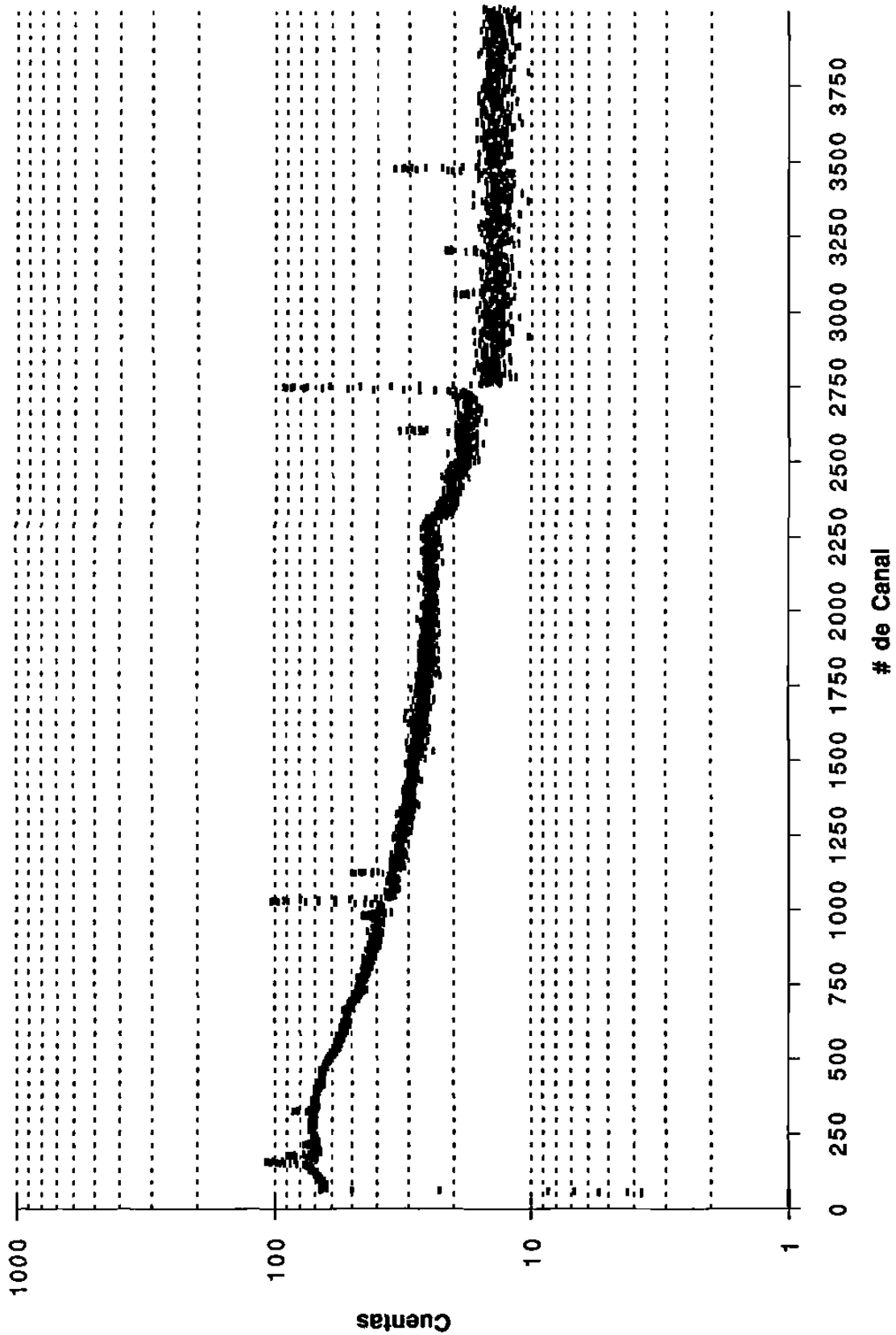
GEO0046.NBS-PCC-1



GEO0047.QB-1-Bis



GEO0048.QB-2-Bis



B. Conclusiones

La principal conclusión que resulta del presente trabajo de investigación es que definitivamente las muestras **sí contienen** algunos de los elementos de tierras raras a nivel de trazas. Lo anterior satisface el objetivo de ésta tesis, establecido en la sección D del Capítulo I.

Una conclusión no menos importante es el hecho de que los espectros obtenidos de las muestras irradiadas permiten observar, en las muestras analizadas, la existencia de otros elementos diferentes a las tierras raras. Algunos de estos elementos pueden ser determinados en forma cuantitativa y otros solo en forma cualitativa.

Como puede verse, de las Tablas de Resultados #1, #2, #3 y #4 de la sección anterior, correspondientes a la irradiación corta (500 seg) únicamente puede verificarse la presencia del Dysprosio.

De las Tablas de Resultados #5, #6, #7, #8, #9 y #10, que recopilan información obtenida de la irradiación larga (4 horas), se puede concluir que ambas muestras contienen los elementos Gadolinio y Lantano.

Por último, de las Tablas de Resultados #11 y #12, que provienen también de información de la segunda irradiación, queda claro que las dos muestras contienen los elementos Terbio, Tulio, Cerio y Europio. Estas dos tablas también proporcionan información del contenido de otros elementos en las muestras.

En todos los casos, las muestras se compararon con varios estándares con el fin de obtener un consenso de los resultados,

estadísticamente hablando. En el siguiente cuadro se resumen los valores promedio de los resultados obtenidos de las dos irradiaciones efectuadas.

CUADRO DE VALORES PROMEDIADOS		
ELEMENTO	CONCENSO (ppm)	ERROR (ppm)
Dysprosio	0.336183	0.045128
Gadolinio	0.245308	0.078265
Lantano	1.405321	0.267583
Terbio	0.151775	0.005546
Tulio	0.144688	0.012631
Cerio	2.612351	0.501254
Europio	0.071535	0.013514

Con el afán de resumir los hechos observados diremos que:

- 1) Las muestras analizadas contienen al menos los elementos Dysprosio, Gadolinio, Lantano, Terbio, Tulio, Cerio y Europio.
- 2) Resultó de mucha conveniencia haber utilizado en el análisis el método de AIAN, ya que su alta sensibilidad condujo a resultados exitosos.
- 3) Se pudo constatar otra ventaja del método de AIAN, y esta es que puede proporcionar un análisis multi-elemental en una misma irradiación.

-
-
- 4) Era de esperar que el elemento Cerio fuera el de mayor concentración, ya que es el elemento de las tierras raras de mayor abundancia en la naturaleza.

C. Recomendaciones

Existen algunos aspectos que sugieren la continuación del presente trabajo de investigación, como son:

- 1) Sería conveniente efectuar irradiaciones del orden de algunos segundos, lo cual permitiría determinar elementos con vidas medias mucho más cortas que los encontrados. Lo anterior no se realizó en el presente trabajo debido a que el reactor nuclear que se usó no contaba aún con el equipo necesario (sistema de transferencia neumático "rabbit").
- 2) También, resultaría de mucha utilidad efectuar más irradiaciones a diferentes tiempos de exposición y diferentes tamaños de muestras.
- 3) Asimismo, sería conveniente realizar más mediciones de los espectros de las muestras y estándares.
- 4) De igual forma, analizar más muestras permitiría efectuar un mejor ajuste estadístico a los resultados.
- 5) Sería de mucha utilidad conocer lo mejor posible el valor del flujo neutrónico en las posiciones de irradiación dentro del reactor con el fin de poder calcular las posibles interferencias que se puedan presentar.

-
-
- 6) Las mediciones de los espectros conviene realizarlas siempre en el sistema de detección de más alta resolución y eficiencia.
 - 7) Tratar de inducir suficiente actividad en las muestras para que en el cálculo del área del fotopico de interés no resulte con un error muy grande, ya que éste se incrementa al hacer la propagación del error y hace que se obtengan resultados con mayor incertidumbre.

BIBLIOGRAFIA

1. Lamarsh, John R. Nuclear Reactor Theory. New York: Addison-Wesley, 1972.
2. Tsoulfanidis, Nicholas. Measurement and Detection of Radiation. Missouri: Hemisphere Publishing Co., 1983.
3. Kaplan, Irving. Física Nuclear. Madrid: Aguilar, 1961.
4. Lide, David R. Handbook of Chemistry and Physics. Boston: CRC Press, 1990.
5. Glasstone, Samuel, Alexander Sesonske. Ingeniería de Reactores Nucleares. México: Reverté, 1975.
6. Tölgyessy, J., M. Kyr. Radioanalytical Chemistry II. New York: John Wiley and Sons, 1989.
7. Parry, Susan J. Activation Spectrometry in Chemical Analysis. New York: John Wiley and Sons, 1991.
8. Alfassi, Zeev B. Activation Analysis. vol. I, Boca Raton, Florida: CRC Press, 1990.
9. Debertin, Klaus, Richard G. Helmer. Gamma-and X-Ray Spectrometry with Semiconductor Detectors. New York: Elsevier Science Publishers B. V., 1988.
10. Willard, Hobart H., Lynne L. Merritt, Jr., John A. Dean. Instrumental Methods of Analysis. 4th ed. Princeton, N. J.: D. Van Nostrand Co., 1969.
11. U. S. Department of Health, Education, and Welfare; Bureau of Radiological Health. Radiological Health Handbook. Rockville, Maryland: 1970.

-
12. Knoll, Glenn F., Radiation Detection and Measurement. New York: John Wiley and Sons, 1979.
 13. Cline, J. E., A Technique of Gamma-Ray Detector Absolute Efficiency Calibration for Extended Sources. Rockville, Md.: Science Applications, 1979.
 14. Walpole, Ronald E., Raymond H. Myers, Probabilidad y Estadística. México: McGraw-Hill, 1992.
 15. Adams, F., R. Dams, "Compilation of Gamma-Transition Energies." Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 3, (1969): 99-126.
 16. Rowe, J. J., E. Steinnes. "Instrumental Activation Analysis of Coal and Fly Ash with Thermal and Epithermal Neutrons." Journal of Radioanalytical Chemistry, Vol. 37, (1977): 849-856.
 17. Lyon, William S. Jr. Guide to Activation Analysis. Princeton, N. J.: D. Van Nostrand Co., 1964.
 18. Kruger, P. Principles of Activation Analysis. New York: John Wiley and Sons, 1971.
 19. Hoste, J., et al. Instrumental and Radiochemical Activation Analysis. London: Butterworths, 1971.
 20. Lukens, H. R. "Control of Errors in Activation Analysis." Advances in Activation Analysis, Vol. 2, (1972): 127-154.
 21. Torrens, Hugo, y otros. Antología de la Fluorita. México: Organización de los Estados Americanos, 1988.
 22. GE Nuclear Energy, "Nuclides and Isotopes." Chart of the Nuclides. 14th ed. San José, Cal.: 1989.