

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº	1980

07.80.07

ASOCIACION ARGENTINA
DE TECNOLOGIA NUCLEAR



ACTAS
de la
VII REUNION CIENTIFICA

6 al 10 de noviembre de 1978

SAN RAFAEL
Provincia de Mendoza

DOSIMETRIA QUIMICA DE NEUTRONES TERMICOS

J. PAHISSA CAMPA, M.H. de PAHISSA CAMPA, A. GOLDSCHMIDT
Y R. GABARAIN

C.N.E.A.

La dosimetría de campos de irradiación empleando dosímetros químicos es el método más exacto después de la calorimetría.

Dichos dosímetros se basan en reacciones radioinducidas, tales como óxido-reducciones, cambios de pH, formación de gases, etc.

Sin embargo, cuando se desea utilizar estos dosímetros para neutrones térmicos, resulta imposible dado que la energía de los mismos (0.025eV), es insuficiente para producir las reacciones citadas.

En el siguiente trabajo se propone y estudia el efecto de agregados de Boro a un dosímetro químico convencional. La presencia de Boro permite la detección de neutrones térmicos mediante la radiación alfa proveniente de la reacción $B^{10} (n, \alpha) Li^7$ ($\sigma: 4017$ barrs.) Las partículas alfa producen ionizaciones y formación de radicales libres en el seno del dosímetro, los que provocarán los cambios químicos mencionados.

El dosímetro utilizado es el de Fricke y consiste en una solución ferrosa 10^{-3} M en solución de ácido sulfúrico 0,4 M con el agregado de ClNa para evitar la acción de compuestos orgánicos presentes, Este dosímetro por su reproducibilidad es utilizado generalmente como patrón secundario.

El mecanismo de funcionamiento se basa en la oxidación del ión ferroso a férrico y la posterior determinación de este último mediante lectura espectrofotométrica a 305nm. Tiene un G para radiación gamma y X de 15,6 en tanto que para neutrones rápidos el G es de 9. La respuesta es lineal entre 4.000 y 40.000 rad.

En primer lugar se determinó la no influencia de agregados de Boro en el comportamiento del dosímetro de Fricke cuando el mismo se expone a la radiación gamma. Para ello se irradiaron soluciones de Fricke con agregados de ácido bórico en concentraciones que variaron entre 0.1 y 5000 ppm de Boro durante tiempos que oscilaron entre 2 y 3 minutos. De los resultados obtenidos (Tabla 1), se infiere que el agregado de Boro no produce interferencias dado que la máxima variación porcentual es del 3,9%, promediada a través de todas las concentraciones y los tiempos.

Como fuente gamma se utilizó un irradiador de laboratorio provisto de una fuente de Co^{60} que suministra dosis de hasta 2000.000 rads/hs.

Seguidamente se determinó el grado de variación de la respuesta del dosímetro. en función de distintos agregados de Boro como ácido bórico estando expuesto el sistema a un flujo de neutrones térmicos.

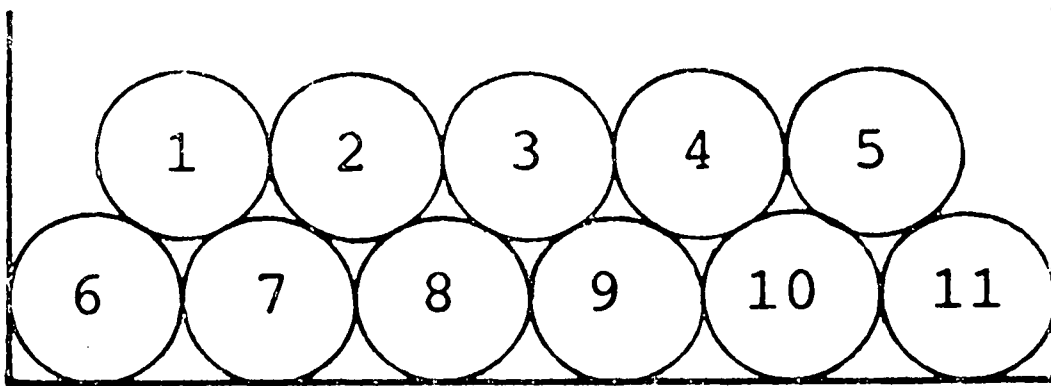
Tabla 1.- Influencia del agregado de Boro en el dosímetro de Fricke. Fuente de Irradiación gamma: Co^{60} .
Variación porcentual promedio: 3.9%.

T(min) Conc(ppm)	2	4	6	8
0	0.25	0.48	0.72	0.92
0,1	0.25	0.47	0.70	0.90
100	0.25	0.46	0.74	0.91
1500	0.25	0.47	0.72	0.92
5000	0.26	0.48	0.71	0.91
% MAX	3.8	4.2	5.4	2.2

Las concentraciones de Boro empleadas oscilaron entre 5000 y 3000ppm. Dada la acidez sulfúrica del medio, los agregados de ácidos bórico no modificaron el pH de la solución dosimétrica: no obstante se verificó la constancia de las propiedades del dosímetro, para variaciones de la concentración de ácido sulfúrico entre 0.3 u 0.5 M. Como fuente de neutrones se utilizó la columna térmica del reactor de experimentación RA-1 de la C.N.E.A.

La solución dosimétrica se colocó en ampollas de vidrio de 5 cc con bajo contenido de Boro. Dada la geometría de la columna térmica del RA-1 las ampollas se dispusieron en una caja de aluminio horizontalmente, con su eje perpendicular al núcleo del reactor.

En cada tanda se irradiaron once ampollas según la disposición que se muestra en la Figura 1.



DISTRIBUCION DE LAS AMPOLLAS EN LA CAJA DE IRRADIACION

FIGURA 1.

Las ampollas fueron llenadas con iguales volúmenes de solución dosimétrica y cerradas con un equipo automático diseñado para este fin de manera tal que la sección de líquido expuesta al flujo de radiación fuese constante.

Como el flujo de radiación está compuesto por radiación gamma, neutrones rápidos y neutrones térmicos en primer lugar se determinó la componente de radiación gamma y neutrones rápidos, irradiando el dosímetro de radiación gamma y neutrones rápidos, irradiando el dosímetro sin agregado de Boro.

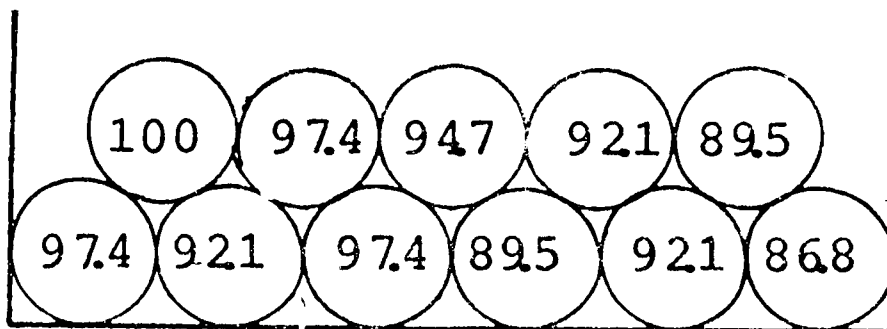
Se irradiaron treinta tandas de once ampollas cada una, promediándose los valores de cada una de las posiciones, cuyos resultados se muestran en la Tabla 2.

TABLA 2.

POSICION	ABSORBANCIA PROMEDIO	DESVIACION STANDARD	ERROR RELATIVO (%)
1	0.38	0.04	10.5
2	0.37	0.05	13.5
3	0.36	0.05	13.9
4	0.35	0.04	11.4
5	0.34	0.03	8.8
6	0.37	0.04	10.8
7	0.35	0.04	11.4
8	0.37	0.03	8.1
9	0.34	0.03	8.8
10	0.35	0.04	11.4
11	0.33	0.03	9.1

DISTRIBUCION DEL FLUJO GAMMA Y NEUTRONES RAPIDOS

Como puede observarse aparece claramente una discreta inhomogeneidad en la distribución del campo de irradiación. En la Figura 2 se indican las relaciones porcentuales normalizadas de las distintas posiciones de la caja con respecto a la posición número uno de la misma, para el flujo de neutrones rápidos-radiación gamma.



RELACION PORCENTUAL ENTRE LAS DISTINTAS POSICIONES DE LA CAJA DE IRRADIACION

FIGURA 2.

Dado que el promedio general, considerando las once posiciones de la caja, tiene una dispersión de sólo el 10.7%, se decidió trabajar con el valor promedio de la misma.

En la segunda parte de la experiencia se adicionaron cantidades de ácido bórico de manera tal de obtener concentraciones de 500, 1500, 2000 y 3000 ppm de Boro, las que se irradiaron con tiempos que oscilaron entre 30 y 180 minutos en la misma geometría anterior. Para cada concentración de Boro se efectuaron entre 10 y 15 tandas de irradiación, dependiendo de las diferencias de absorbancia observadas. Utilizando el mismo criterio anterior se promediaron los valores de todas las posiciones de la caja de irradiación para cada concentración y cada tiempo de irradiación. Los resultados se consignan en la Tabla 3.

Tabla 3. - Valores, absorbancia en función de la concentración de Boro y el tiempo de irradiación para el sistema Fricke Ácido Bórico.

T(min) Conc(ppm)	30	60	90	120	150	180	FC(*)
0	0.16	0.28	0.44	0.60	0.79	0.96	0.998
500	0.16	0.32	0.50	0.71	0.93	1.11	0.999
1500	0.22	0.40	0.63	0.84	1.03	1.30	0.999
2000	0.24	0.43	0.72	0.88	1.19	1.50	0.996
3000	0.26	0.49	0.76	1.04	1.27	1.57	0.999
FC(*)	0.973	0.997	0.980	0.994	0.980	0.978	

Asimismo se calcularon las diferencias entre los valores promedio de las absorbancias para el sistema Fricke-Boro y los valores promedio de Fricke. Estas diferencias son debidas a la acción de los neutrones térmicos sobre el Boro. Los valores se consigan en la Tabla 4.

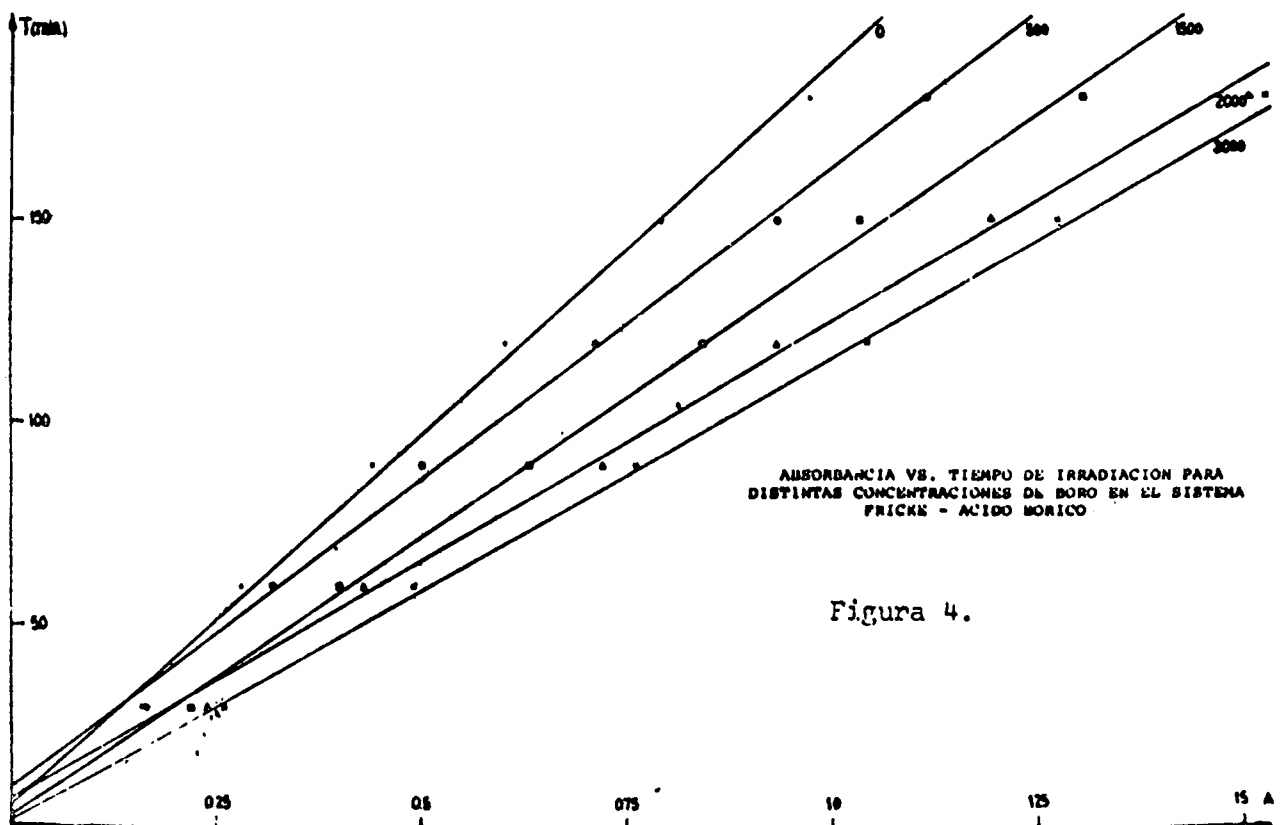
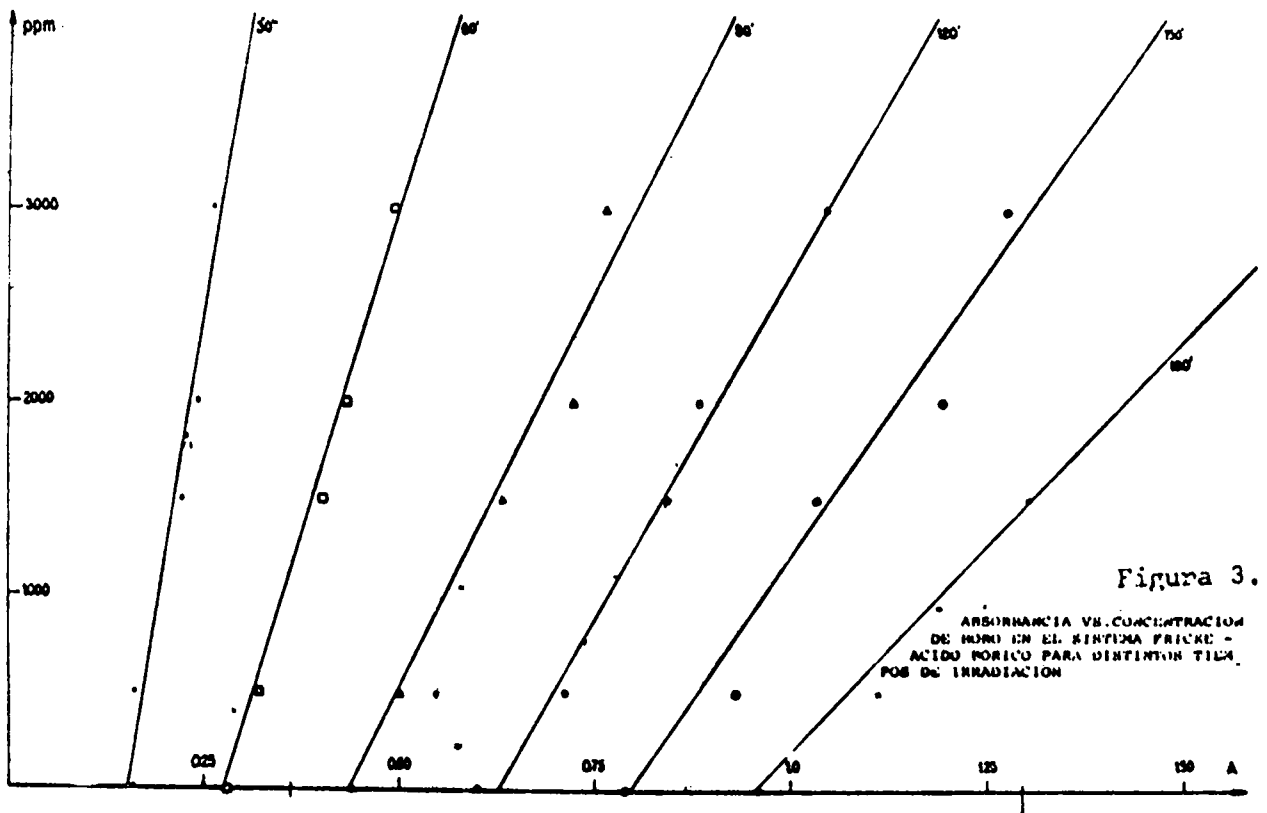
Tabla 4.- Aumento de la absorbancia debido a la reacción $B^{10} (n, \alpha) Li^7$ para distintas concentraciones de Boro. -FC(*)= factor de correlación.

Conc (ppm) \ T (min)	30	60	90	120	150	180	FC(*)
500	0.01	0.04	0.07	0.09	0.12	0.14	0.998
1500	0.06	0.11	0.17	0.25	0.28	0.36	0.996
2000	0.08	0.14	0.27	0.29	0.44	0.56	0.985
3000	0.10	0.20	0.30	0.45	0.52	0.63	0.997
FC(*)	0.974	0.999	0.959	0.996	0.975	0.963	

Los resultados de la Tabla 3 se representaron en la Figura 3 (absorbancia en función de la concentración para distintos tiempos de irradiación) y en la Figura 4 (absorbancia en función del tiempo de irradiación para distintas concentraciones de Boro).

En la Figura 5 se representó el aumento de absorbancia en función de la concentración para distintos tiempos de irradiación, en tanto que en la Figura 6 se representaron los aumentos de absorbancia en función del tiempo de irradiación para distintas concentraciones de Boro.

Analizados los resultados obtenidos, se puede inferir a través de los factores de correlación, que el dosímetro utilizado se comporta linealmente tanto con la variación de concentración como con la del tiempo de irradiación (dosis).



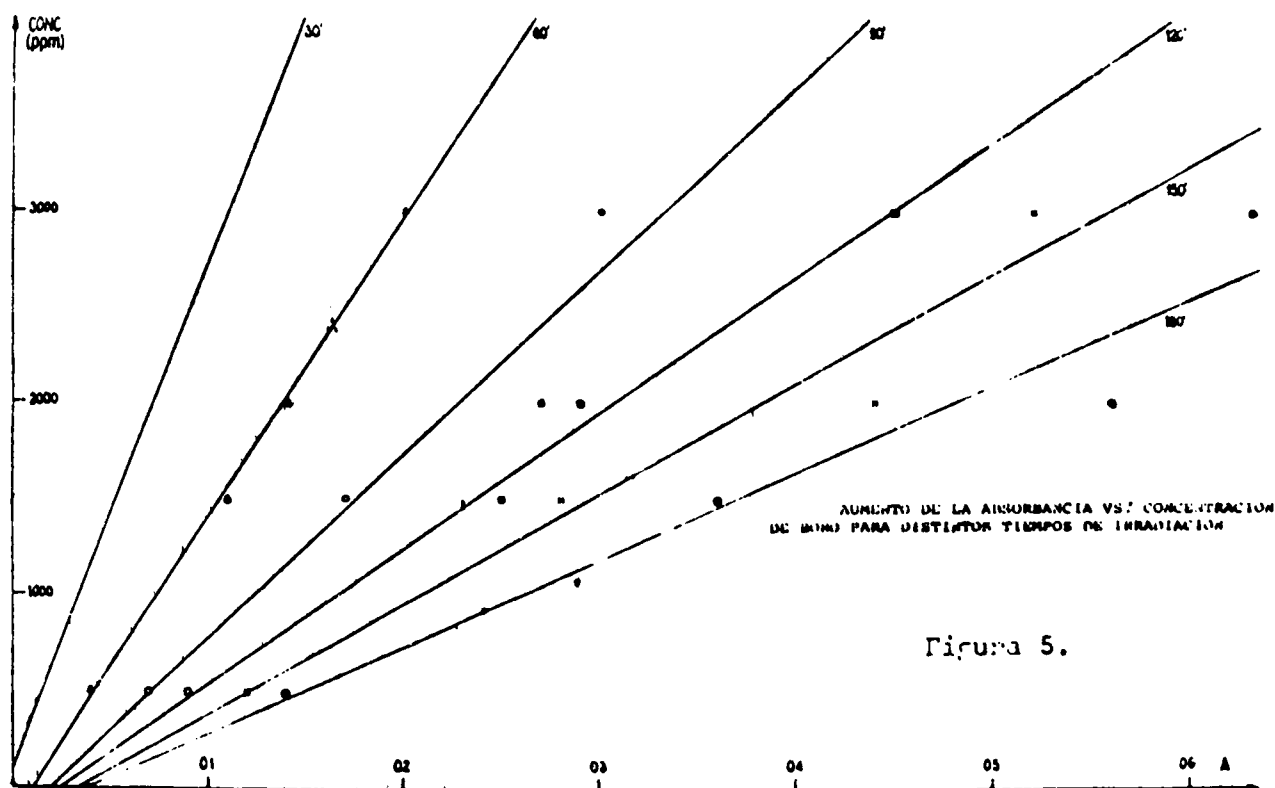


Figura 5.

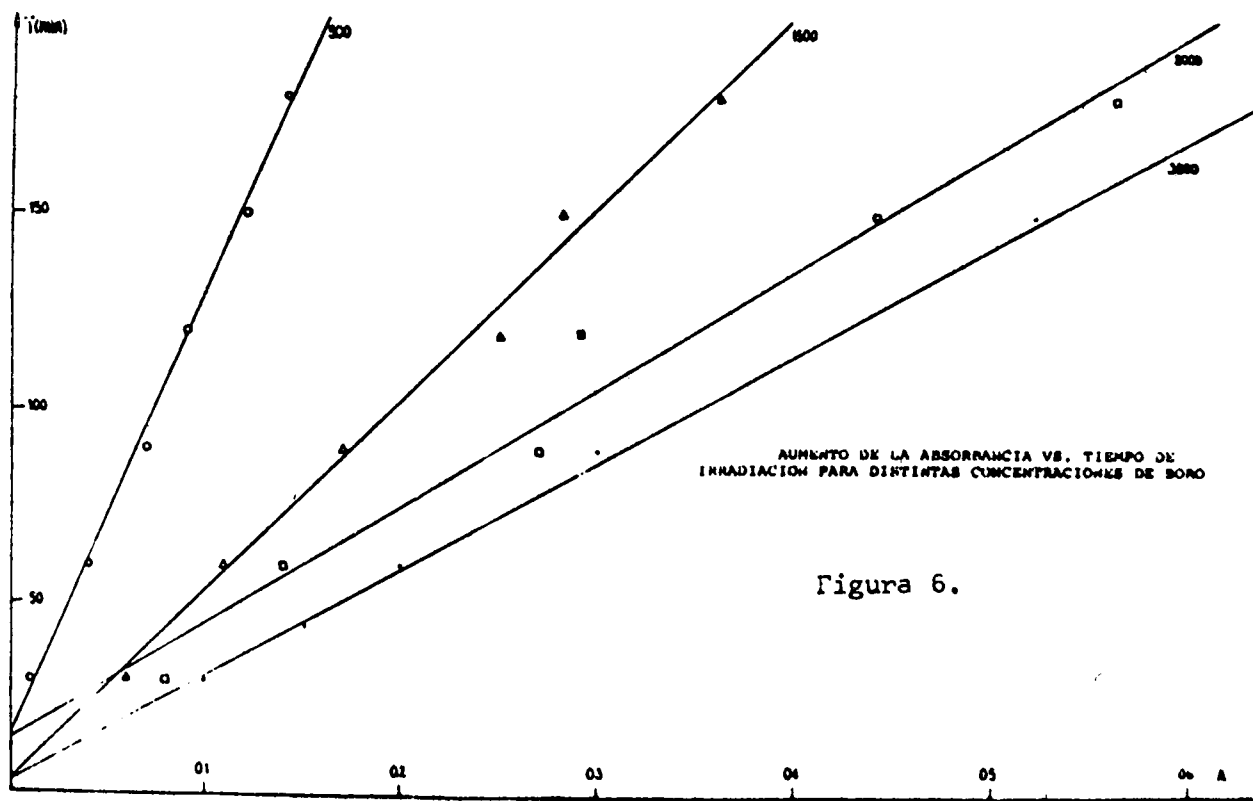


Figura 6.

Los aumentos de absorbancia también mostraron ser muy lineales con las variaciones antes mencionadas.

De igual forma se verificó la linealidad de todo el sistema en el rango de concentraciones y tiempos utilizados. En la Tabla 5 se indica los factores de correlación para las pendientes de los gráficos 1, 2, 3 y 4.

TABLA 5.

T(min)	PENDIENTES	
	FIGURA 3	FIGURA 5
30	3.75×10^{-5}	3.62×10^{-5}
60	7.05×10^{-5}	6.38×10^{-5}
90	11.32×10^{-5}	9.62×10^{-5}
120	13.98×10^{-5}	14.15×10^{-5}
150	15.89×10^{-5}	16.62×10^{-5}
180	21.03×10^{-5}	20.38×10^{-5}
FC	0.993	0.998

Conc(ppm)	PENDIENTES	
	FIGURA 4	FIGURA 6
0	5.42×10^{-3}	
500	6.47×10^{-3}	8.67×10^{-4}
1500	7.14×10^{-3}	19.90×10^{-4}
2000	9.18×10^{-3}	31.62×10^{-4}
3000	8.73×10^{-3}	35.81×10^{-4}
FC	0.978	0.964

Por último se calibró el dosímetro teniendo en cuenta dos factores:

A).- El flujo promedio de neutrones térmicos en la zona media de las ampollas.

B).- La relación flujo de neutrones térmicos-dosis.

Para un flujo promedio de 4×10^3 neutrones/cm².seg. y una relación de 4.68×10^{10} rad cm²/neutrones (factor obtenido de Weapon Radiation Shielding Handbook) la dosis de neutrones térmicos en la zona indicada de las ampollas es de 6140 rad/hora. Con este valor se construyó la Figura 7 de aumento de absorbancia en función de la dosis de neutrones térmicos para las distintas concentraciones de Boro utilizadas.

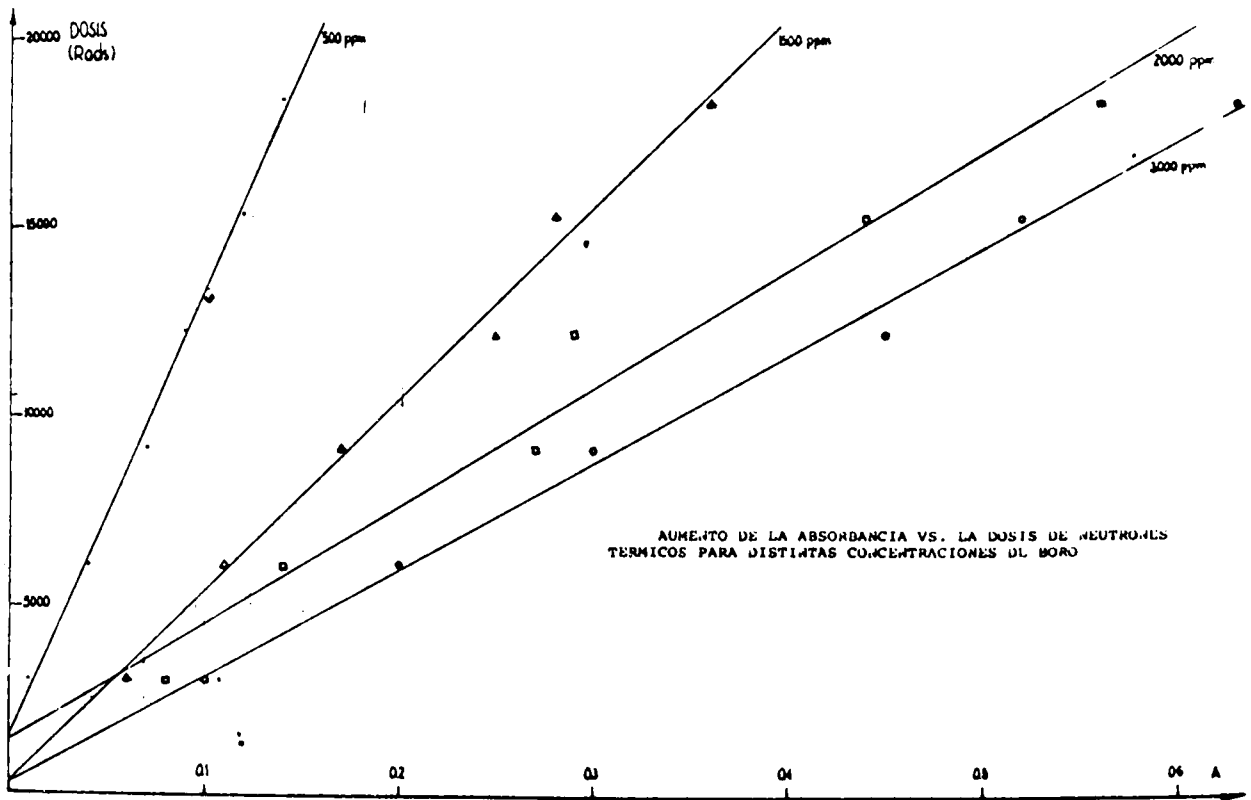


Figura 7.

En la práctica para determinar dosis de irradiación de campos mixtos de neutrones térmicos rápidos y gammas, se utilizan dos ampollas por punto a medir una con solución de Fricke y la otra con solución de Fricke conteniendo Boro. La primera detectará neutrones rápidos y gamma, mientras que la segunda detectará neutrones rápidos, gamma y neutrones térmicos. Por diferencia entre ambos valores se tendrá la dosis correspondiente a neutrones térmicos.

De todo lo expuesto puede concluirse que el sistema dosimétrico propuesto cumple satisfactoriamente con el objetivo del presente trabajo, dado que el mismo permite determinaciones de dosis de neutrones térmicos con errores relativamente bajos (del orden del 10%).

Este dosímetro químico se utiliza actualmente para determinar campos mixtos de irradiación en la Central Nuclear de Atucha, en zonas inaccesibles durante la operación.