

02.57.12

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
580	AÑO 1957

REPUBLICA ARGENTINA

PUBLICACIONES  
DE LA  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
SERIE QUIMICA  
VOL. I — N° 11

UN NUEVO ISOTOPO DEL HIERRO ( $^{61}\text{Fe}$ )

POR

E. RICCI, J. PAHISSA CAMPÁ y N. NUSSIS



BUENOS AIRES

1957

REPUBLICA ARGENTINA

---

PUBLICACIONES  
DE LA  
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA  
SERIE QUIMICA  
VOL. I — N° 11

UN NUEVO ISOTOPO DEL HIERRO ( $^{61}\text{Fe}$ )

POR

E. RICCI, J. PAHISA CAMPÁ Y N. NUSSIS



BUENOS AIRES

1957

108

# UN NUEVO ISOTOPO DEL HIERRO ( $^{61}\text{Fe}$ ) \*

Por E. RICCI, J. PAHISA CAMPÁ Y N. NUSSIS

Div. Radioquímica, Dpto. de Química. Comisión Nacional de Energía Atómica.

## SUMMARY

A half-life of  $6.0 \pm 0.5$  minutes was found in the iron fraction obtained by  $(n, \alpha)$ ,  $(n, \alpha p)$ , and  $(d, \alpha p)$  reactions on Ni, Cu and Ni respectively.

Mass number 61 was assigned to the new iron isotope because it decays to 99 minutes  $^{61}\text{Co}$ , already known. This latter isotope was separated from its mother substance at intervals.

$^{61}\text{Fe}$  emits  $\beta^-$  and  $\gamma$  rays. The maximum energy of the negatrons emitted was determined by the absorption method to be 2.8 MeV. The total disintegration energy is about 3.9 MeV, which value was obtained from the absorption curve that was taken by a calibrated tube. A gamma ray of  $0.29 \pm 0.03$  MeV was also identified and confirmed to be emitted by the new nuclide.

Irradiando níquel o cobre con neutrones rápidos de hasta más de 20 MeV, y níquel con deuterones de 28 MeV, pudo identificarse en la fracción hierro separada químicamente del blanco irradiado, un nuevo radionucleído de 6 minutos de período de semidesintegración.

## REACCIÓN $(n, \alpha)$

Mediante el proceso  $(n, \alpha)$  sobre níquel pueden obtenerse isótopos radiactivos de hierro, cuyo número de masa es tres unidades menor que el de los correspondientes isótopos de níquel; éstos son  $^{58}\text{Ni}$  (67,76 %),  $^{62}\text{Ni}$  (3,66 %) y  $^{64}\text{Ni}$  (1,16 %).

Los neutrones son producidos por la reacción  $(d, n)$  sobre berilio, siendo suministrados los deuterones por el sincrociclotrón de 28 MeV de la Comisión Nacional de Energía Atómica. La corriente de blanco utilizada fué de aproximadamente 20  $\mu\text{A}$ .

El blanco fué óxido de níquel (4 a 5 gramos), preparado por ataque nítrico de níquel p. a. y calcinación del nitrato obtenido. Los tiempos de irradiación oscilaron alrededor de los 20 minutos.

\* Trabajo presentado para su publicación el 5-8-57.

*Separación química.* — Los neutrones rápidos producen sobre el blanco, distintas reacciones nucleares. Para determinar, pues, las características de este nuevo hierro, fué necesario separarlo de los isótopos activos de níquel, cobalto y manganeso que se forman en la irradiación.

El óxido de níquel irradiado se disolvió en ácido clorhídrico concentrado, que contenía ácido nítrico en proporción 1 : 20. A la solución clorhídrica se agregaron portadores  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  (aproximadamente 20 mg de cada uno) y se diluyó hasta 6N. Inmediatamente se extrajo el hierro con éter etílico (1) saturado con ácido clorhídrico, y de la fase etérea se extrajo nuevamente el hierro con agua. En este medio se precipitó hidróxido férrico con amoníaco, previo agregado de cloruro de amonio y de  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$  y  $\text{Mn}^{2+}$  como portadores de retención. El precipitado de hidróxido férrico se redisolvió en ácido clorhídrico 1 : 1 y se reprecipitó en las condiciones anteriores.

Con este método se logró separar y purificar la fracción hierro dentro de los 10 minutos siguientes al fin de irradiación.

*Mediciones.* — Los preparados fueron medidos con un tubo G. M. tipo campana con ventana de mica de  $3,2 \text{ mg/cm}^2$  de espesor.

Los isótopos activos de hierro que pueden obtenerse por reacción ( $n, \alpha$ ) son  $^{55}\text{Fe}$  (2,9 años) y  $^{59}\text{Fe}$  (45 días) conocidos (2), además de  $^{61}\text{Fe}$ . El  $^{55}\text{Fe}$  no interfiere en las mediciones. En cambio, un 0,3 % de la actividad total de hierro al fin de irradiación, se debe a  $^{59}\text{Fe}$ .

En la figura 1 se ha representado una de las curvas de desintegración de la fracción hierro. En general se restó directamente la actividad residual de  $^{59}\text{Fe}$ , con lo que se obtuvieron gráficos semejantes al que muestra la figura 2. En esta última se observa un período de 6,0 minutos correspondiente a  $^{61}\text{Fe}$ , seguido de otro de 93 minutos que corresponde a  $^{61}\text{Co}$ , hija del primero por desintegración  $\beta^-$ , como se demuestra más adelante.

#### REACCIONES ( $d, \alpha p$ ) y ( $n, \alpha p$ )

El nuevo isótopo de hierro fué obtenido también por los procesos ( $d, \alpha p$ ) y ( $n, \alpha p$ ) sobre níquel y cobre respectivamente. Estas reacciones condujeron a resultados análogos a los expuestos para el proceso ( $n, \alpha$ ) como puede observarse en las figuras 3 y 4. También aquí se restó previamente la actividad residual de  $^{59}\text{Fe}$ .

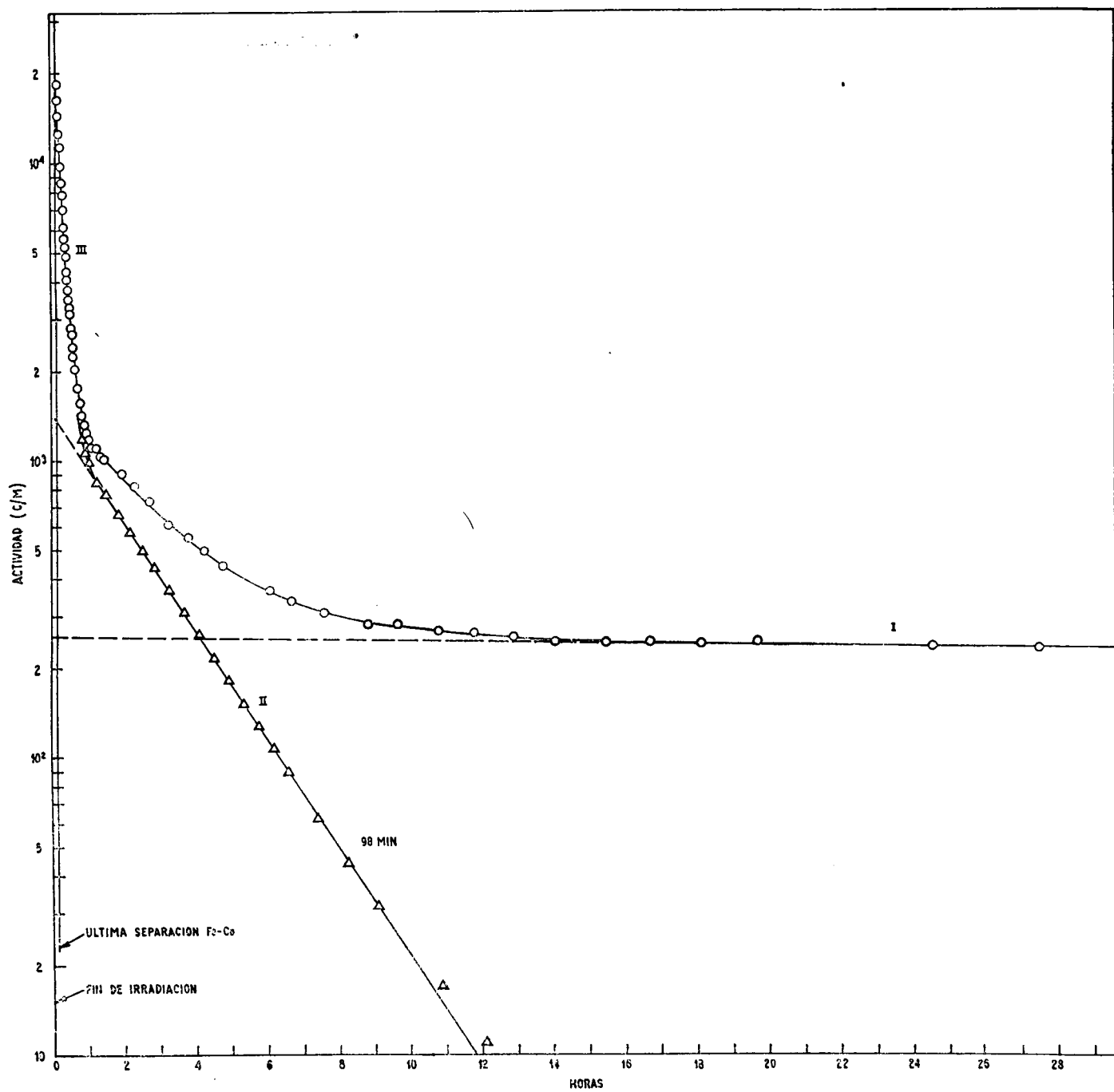


Fig. 1. — I) Actividad residual de  $^{59}\text{Fe}$ . II) Actividad de  $^{60}\text{Co}$  obtenida por diferencia. III) Período corto de  $^{59}\text{Fe}$

En el caso de la reacción ( $d, \alpha p$ ) se irradiaron de 5 a 10 miligramos de níquel metálico p. a., con los deuterones de 28 MeV del sincrociclotrón, durante 5 minutos. Este proceso da lugar a una proporción mayor de actividades extrañas que la reacción ( $n, \alpha$ ), por lo que hubo que introducir modificaciones en la separación química citada anteriormente. En este caso los portadores de retención fueron  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Co}^{2+}$ . Una vez disuelto el níquel irradiado, se extrajo el hierro con éter y se lo precipitó como hidróxido férrico. Este precipitado se redisolvió en ácido clorhídrico, se extrajo el hierro nuevamente con éter y se precipitó como hidróxido.

El proceso ( $n, \alpha p$ ) se produjo irradiando con neutrones rápidos de hasta más de 20 MeV, alrededor de 5 gramos de óxido de cobre p. a. durante 20 minutos. El óxido de cobre fué analizado espectrográficamente en el Laboratorio de Espectrografía de la C.N.E.A.; este análisis no detectó níquel, con una sensibilidad de 0,01 %. Las operaciones químicas fueron semejantes a las utilizadas para el proceso ( $n, \alpha$ ), realizándose cuatro precipitaciones sucesivas de hidróxido férrico después de la extracción etérea, en lugar de las dos que se requerían en el caso de la reacción ( $n, \alpha$ ). Los portadores de retención usados en las distintas etapas fueron  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$  y  $\text{Co}^{2+}$ .

#### NÚMERO DE MASA

Para comprobar que se trata de una madre de aproximadamente 6 minutos de período, que desintegra en una hija de 99 minutos, se procedió a separar cobalto de hierro, a intervalos de 6 minutos. La fracción hierro madre fué obtenida por reacción ( $n, \alpha$ ) y purificada según el método descripto anteriormente para este proceso. El precipitado de hidróxido férrico fué redisoluelto en ácido clorhídrico 1:1. Se agregaron 20 mg de  $\text{Co}^{2+}$  como portador de retención, se precipitó hidróxido férrico con amoníaco, en presencia de cloruro de amonio y se filtró. En el filtrado se precipitó cobalto como sulfuro, previo agregado de acetato de sodio. De manera análoga se procedió en las sucesivas separaciones. En la figura 5 se consignan los resultados de una de estas experiencias.

El promedio de once curvas de desintegración de la sustancia hija del nuevo isótopo, obtenidas en las separaciones a intervalos, da para ésta un período de semidesintegración de  $99 \pm 2$  minutos, coincidente con los datos que obtuvieron para  $^{61}\text{Co}$ , Smith et al. (3) y Nussbaum et al. (4).

Por otra parte, en las curvas de desintegración de la fracción hierro, la relación entre las actividades del nuevo hierro y de cobalto, extrapoladas al instante de la última separación entre ambos elementos, concuerda con el valor teórico correspondiente a una madre de 6 minutos de período, que desintegra en una hija de 99 minutos.

Todo lo expuesto anteriormente permite asignar al nuevo nucleído el número de masa 61.

Teniendo en cuenta que Parmley et al. (5) irradiaron  $^{64}\text{Ni}$  con neutrones rápidos, por reacción  $(n, \alpha)$  se debía formar necesariamente  $^{61}\text{Fe}$  durante la irradiación. Existe, pues, la posibilidad de que el período de 4 a 5 minutos que dichos autores atribuyen a  $^{64}\text{Co}$ , corresponda en realidad a  $^{61}\text{Fe}$ .

#### CARACTERÍSTICAS DEL $^{61}\text{Fe}$

*Energía máxima beta y valor  $Q\beta^-$ .* — Para determinar el alcance en aluminio de las partículas  $\beta^-$  de  $^{61}\text{Fe}$ , se hizo la curva de absorción de las mismas, que muestra la figura 6 y se aplicó a dicha curva el método de Feather, empleando  $^{32}\text{P}$  como patrón. Como puede observarse, el alcance es de 1.360 mg/cm<sup>2</sup>, que corresponde a una energía máxima beta de 2,8 MeV. Para la curva de absorción se produjo el  $^{61}\text{Fe}$  por la reacción  $(n, \alpha)$ ; como éste desintegra con un período de 6 minutos, fué necesario obtenerlo varias veces.

Las mediciones se efectuaron con un tubo G. M. tipo campana con ventana de mica de 1,9 mg/cm<sup>2</sup> de espesor.

De la curva de absorción se desprende la existencia de radiación gamma, cuya energía total resulta ser de aproximadamente 1,1 MeV en promedio por partícula beta emitida, teniendo en cuenta la sensibilidad para rayos gamma de diferente energía, del tubo G. M. empleado.

En base a los resultados anteriores, se deduce para el  $^{61}\text{Fe}$  una energía total de desintegración de 3,9 MeV. Este valor de  $Q\beta^-$  concuerda con el previsto utilizando el gráfico N° 2 del trabajo de Way y Wood (6).

*Rayos gamma.* — Los impulsos originados en un espectrómetro de centelleo por las radiaciones gamma de  $^{61}\text{Fe}$ , se introdujeron en un oscilógrafo de rayos catódicos y se fotografió la imagen producida. Por comparación de dicha imagen fotográfica con la obtenida en idénticas condiciones para  $^{137}\text{Cs}$ , se pudo atribuir al  $^{61}\text{Fe}$  un rayo

gamma de  $0,29 \pm 0,03$  MeV. En ambos casos se absorbieron las radiaciones beta con espesores adecuados de aluminio. Dos de las citadas fotografías se reproducen en la figura 7.

Se prefirió el método anterior a la medición directa de la energía del pico gamma con un espectrómetro de centelleo, debido a la corta vida del nuevo isótopo. No obstante, utilizando este último aparato se obtuvieron resultados concordantes. Además se midió la curva de desintegración de la fracción hierro con espectrómetro de centelleo, fijando el discriminador diferencial en la energía citada (fig. 8); el período obtenido en estas condiciones confirma que el rayo gamma identificado pertenece a  $^{61}\text{Fe}$ .

Por otra parte se comprobó que el nuevo nucleído emite radiaciones gamma de mayor energía que las de  $^{61}\text{Co}$ , midiéndolo en un contador de centelleo con discriminador integral simple. La medida se realizó absorbiendo las radiaciones beta con una chapa de aluminio y anulando las gamma de  $^{61}\text{Co}$ , mediante el discriminador. La figura 9 muestra una de las curvas de desintegración obtenidas en estas condiciones.

En todas las experiencias sobre radiaciones gamma se produjo  $^{61}\text{Fe}$  mediante la reacción ( $n, \alpha$ ).

*Período.* — Para determinar con mayor exactitud el período de semidesintegración del  $^{61}\text{Fe}$ , se realizaron varios ensayos similares al ilustrado en la figura 9. Los resultados obtenidos permiten asignar al nuevo isótopo un período de  $6,0 \pm 0,5$  minutos.

Agradecemos al profesor W. Seelmann-Eggebert por sus apreciados consejos durante la realización de este trabajo, al señor G. B. Baró por sus interesantes sugerencias y al ingeniero E. Galloni, doctor S. Mayo y colaboradores por las irradiaciones en el sincrociclotrón.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) F. J. WELCHER, Organic Analytical Reagents (D. Van Nostrand Company, Inc., New York, 1948) second printing, Vol. 1, p. 360.
- (2) J. M. HOLLANDER, I. PERLMAN, and G. T. SEABORG, Rev. Mod. Phys. **25**, 494 (1953).
- (3) L. A. SMITH, R. N. H. HASLAM, and J. G. V. TAYLOR, Phys. Rev. **84**, 842 (1951).
- (4) R. H. NUSSBAUM, A. H. WAPSTRA, W. A. BRUIL, M. J. STERK, G. J. NIJGH, and N. GROBBEN, Phys. Rev. **101**, 905-6 (1956).
- (5) TH. J. PARMLEY, B. J. MOYER, and R. C. LILLY, Phys. Rev. **75**, 619 (1949).
- (6) K. WAY and M. WOOD, Phys. Rev. **94**, 119 (1954).

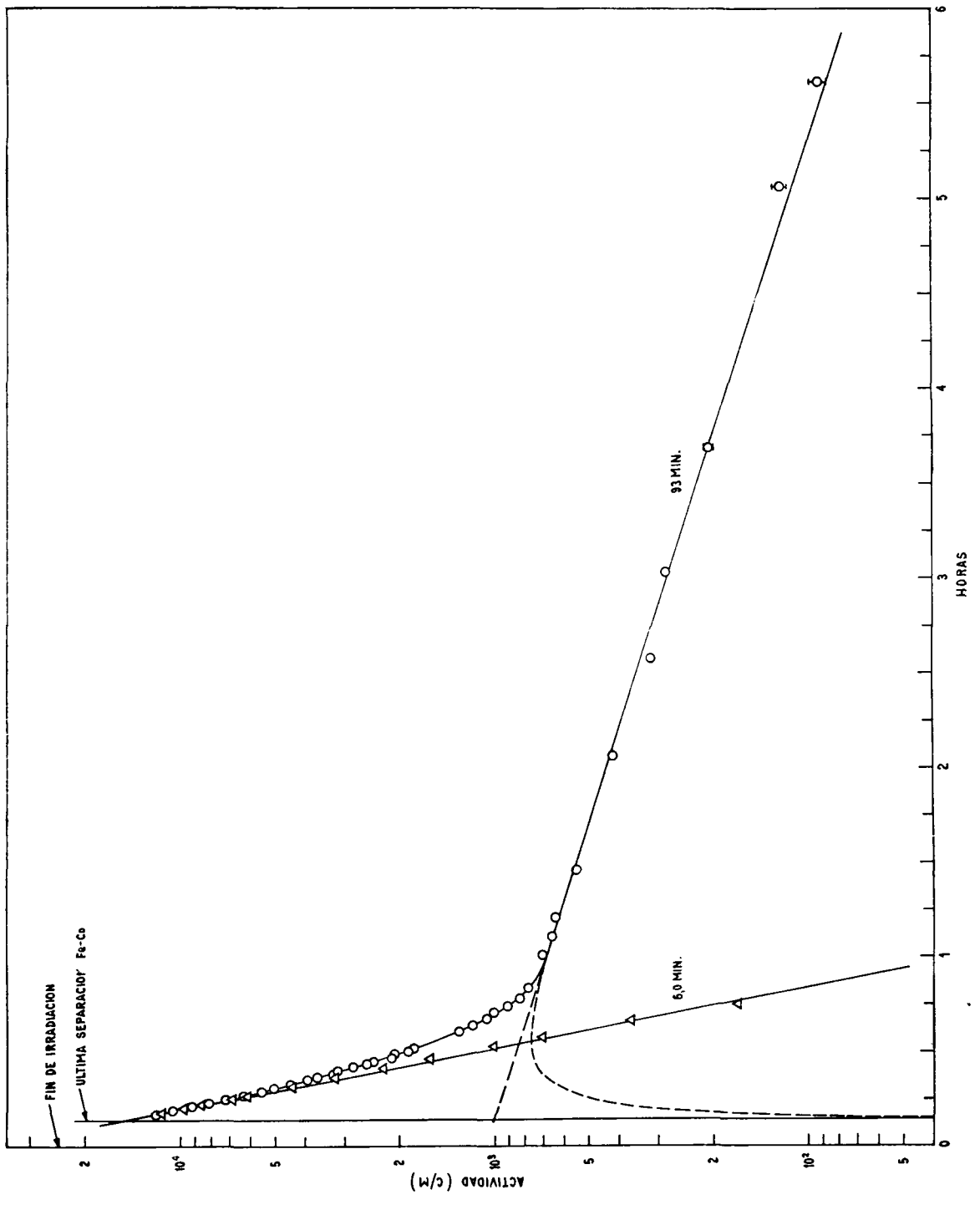


Fig. 2. --- Resultado de la reacción (n,  $\alpha$ )

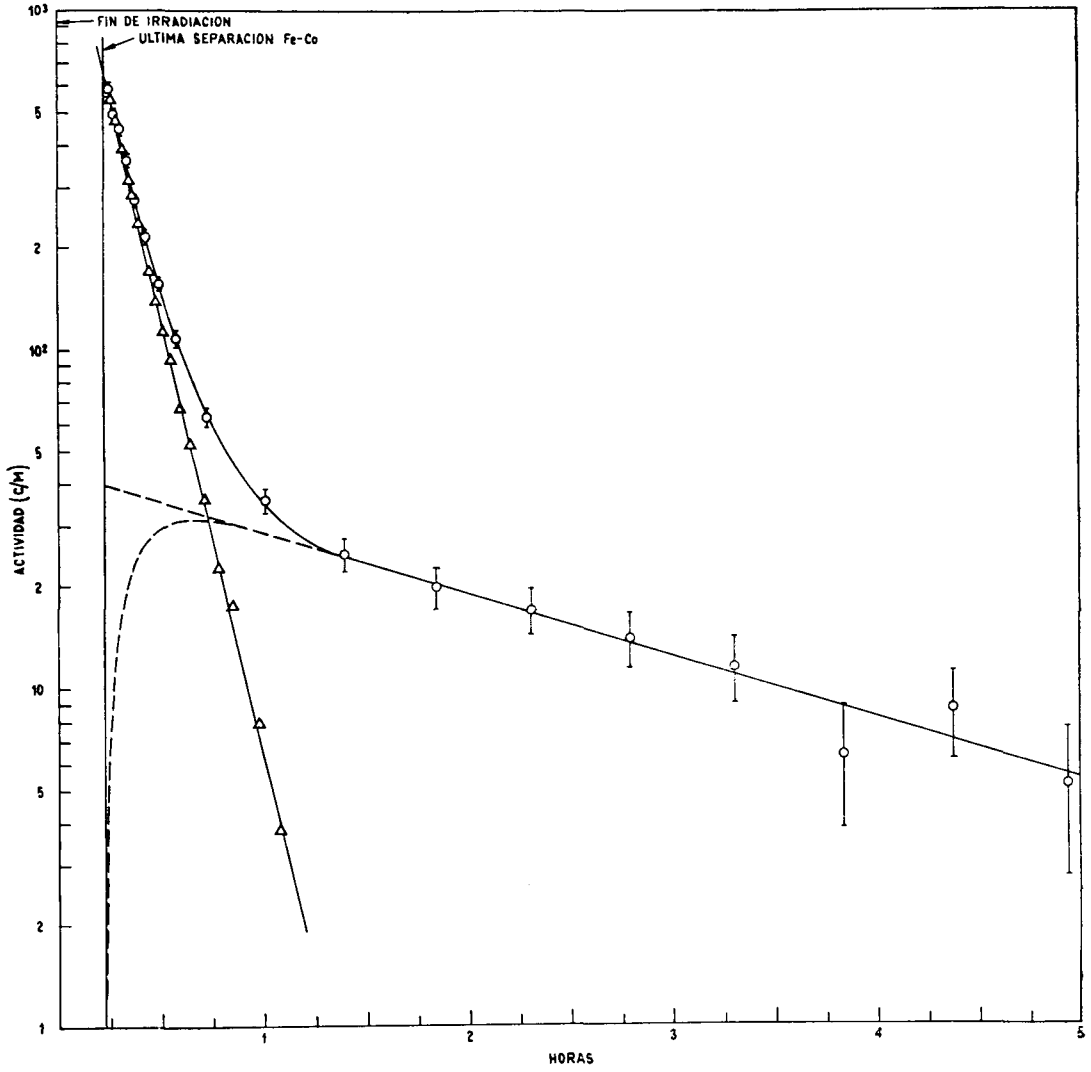


Fig. 3. — Resultado de la reacción (d,  $\alpha$  p)

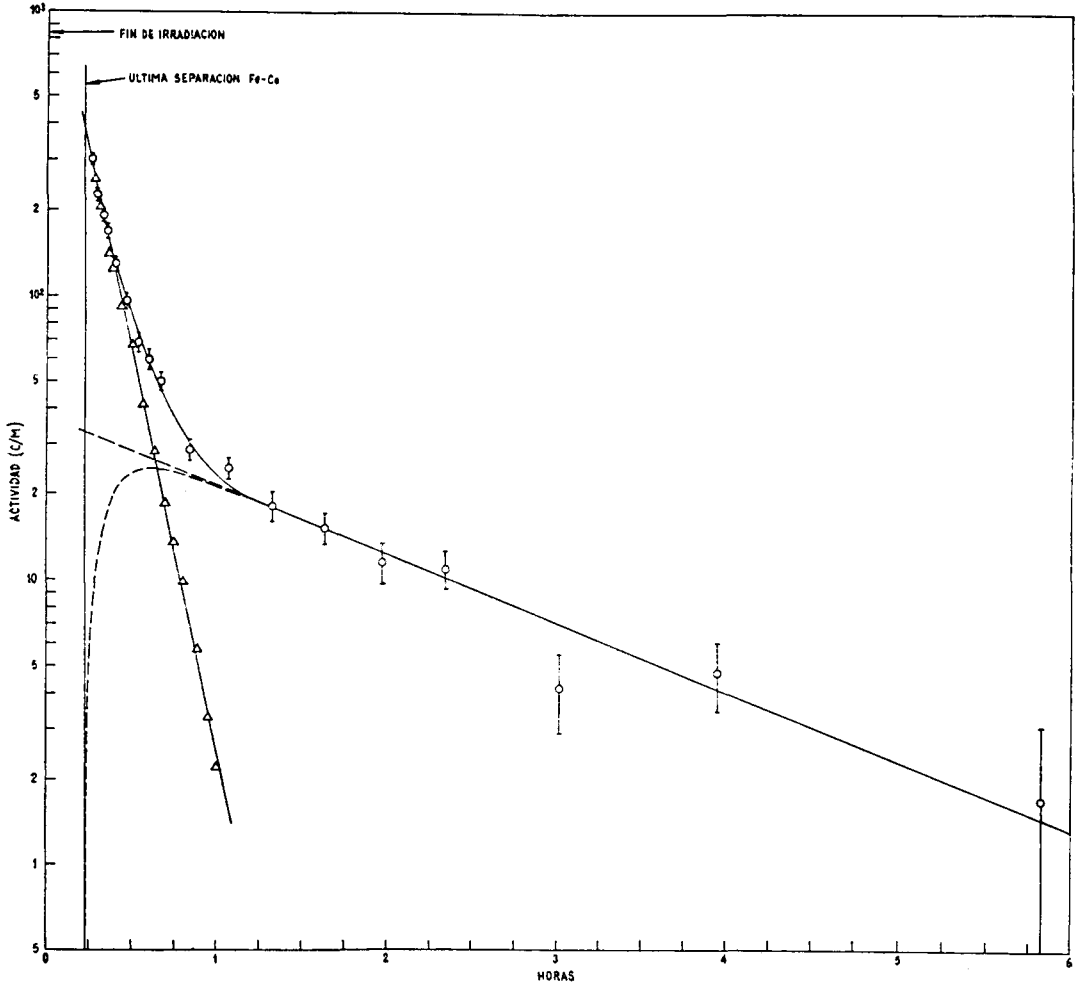
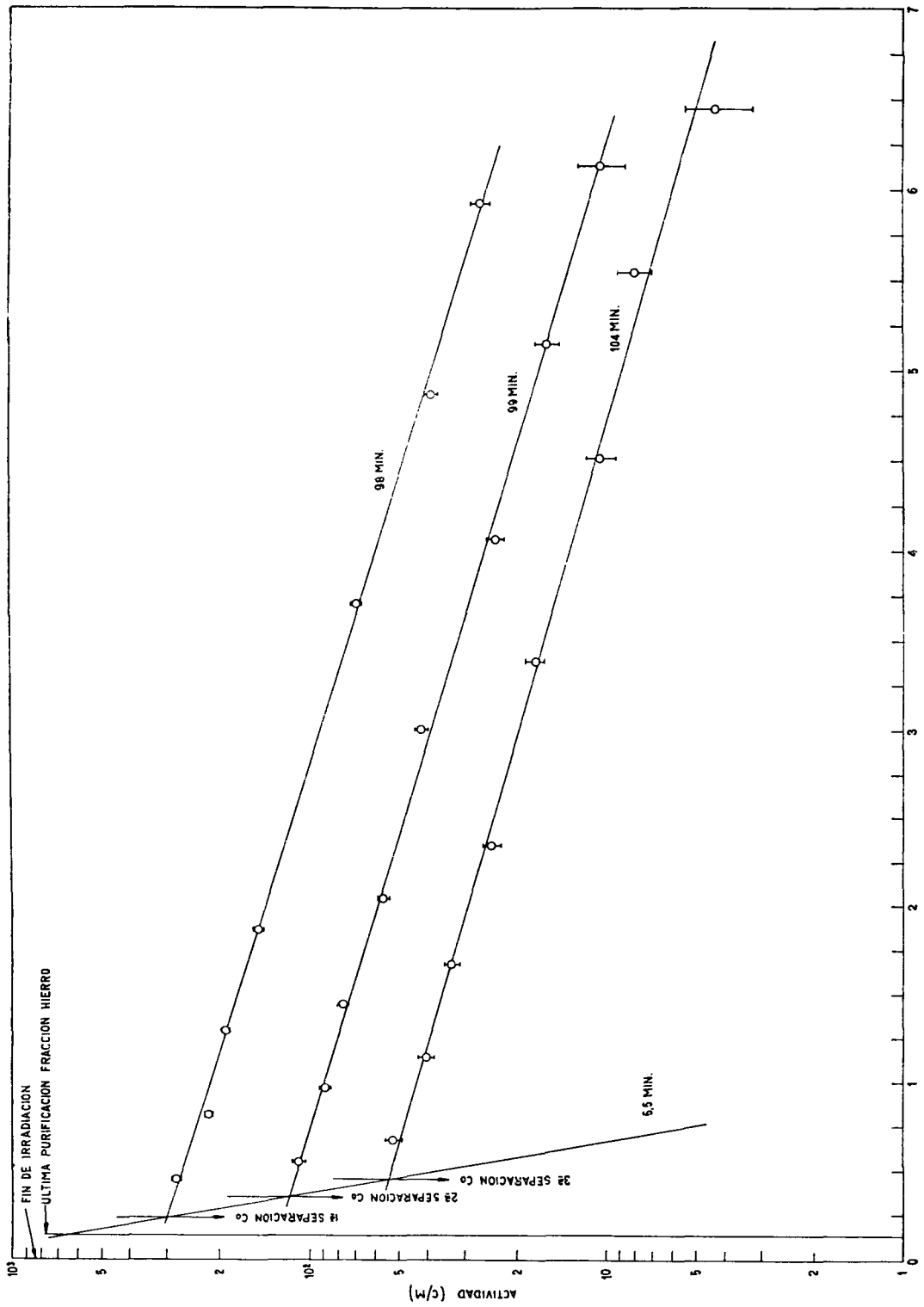


Fig. 4. -- Resultado de la reacción (n,  $\alpha$  p)



HORAS

Figura 5

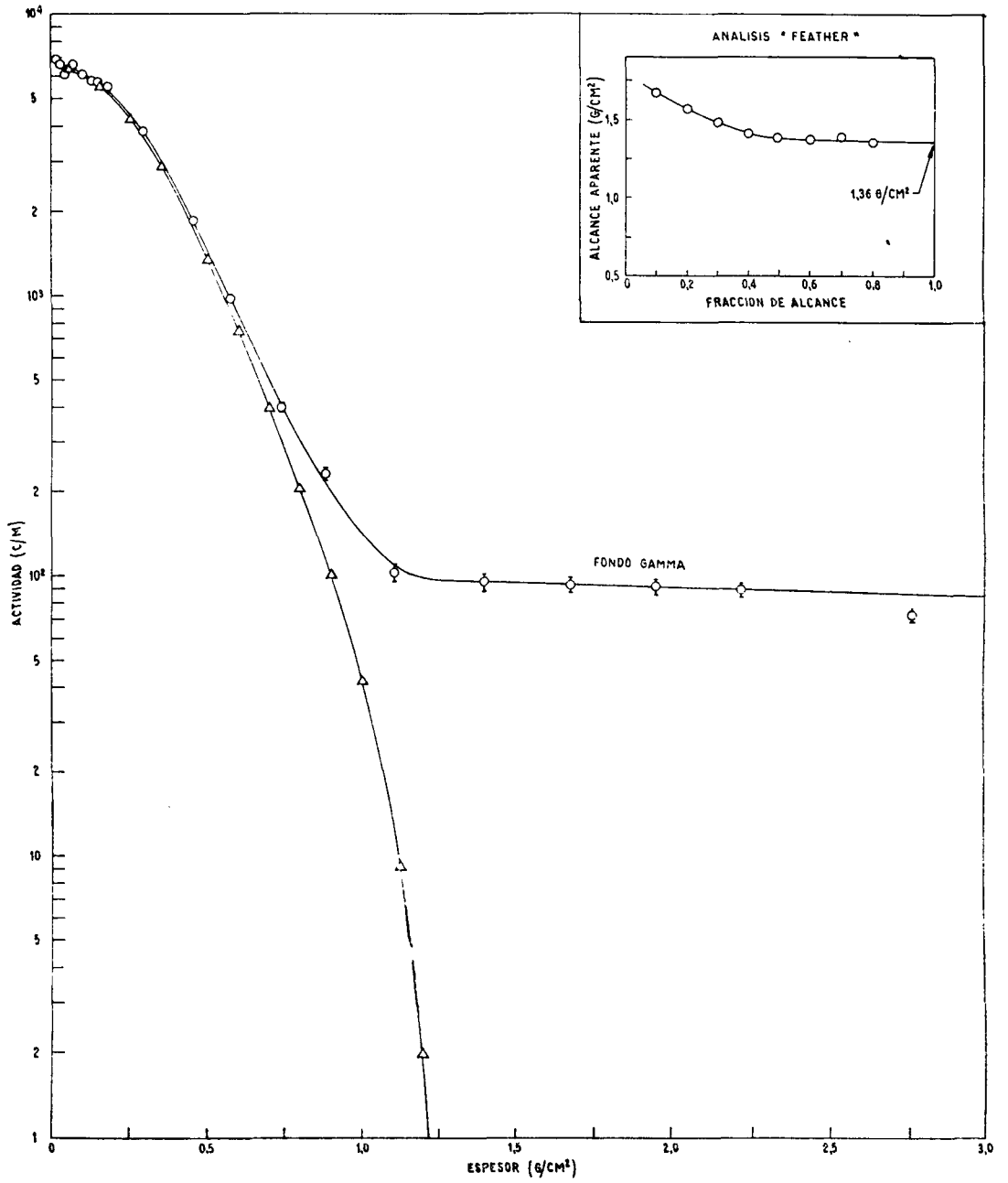


Figura 6

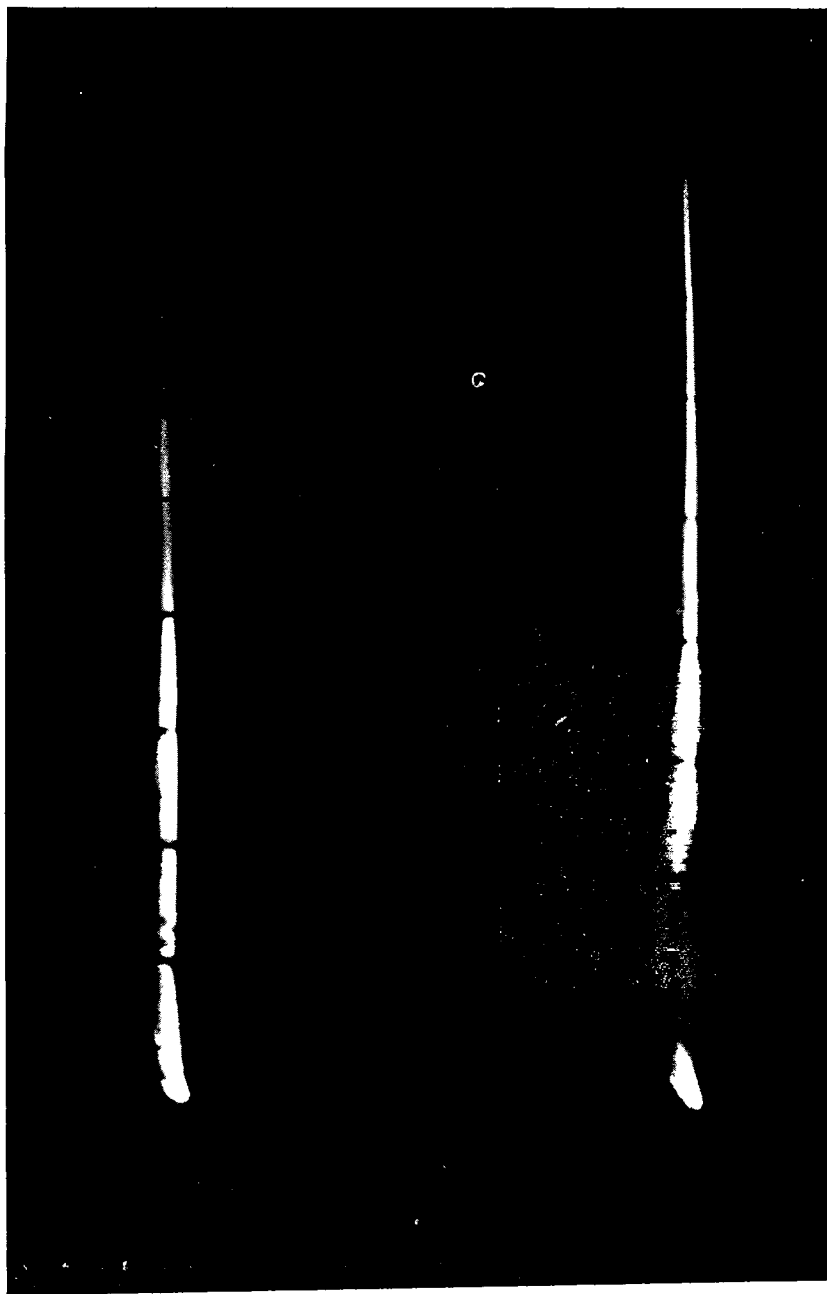


Fig. 7. — Arriba : imagen de  $^{59}\text{Fe}$  Abajo : Imagen de  $^{137}\text{Cs}$

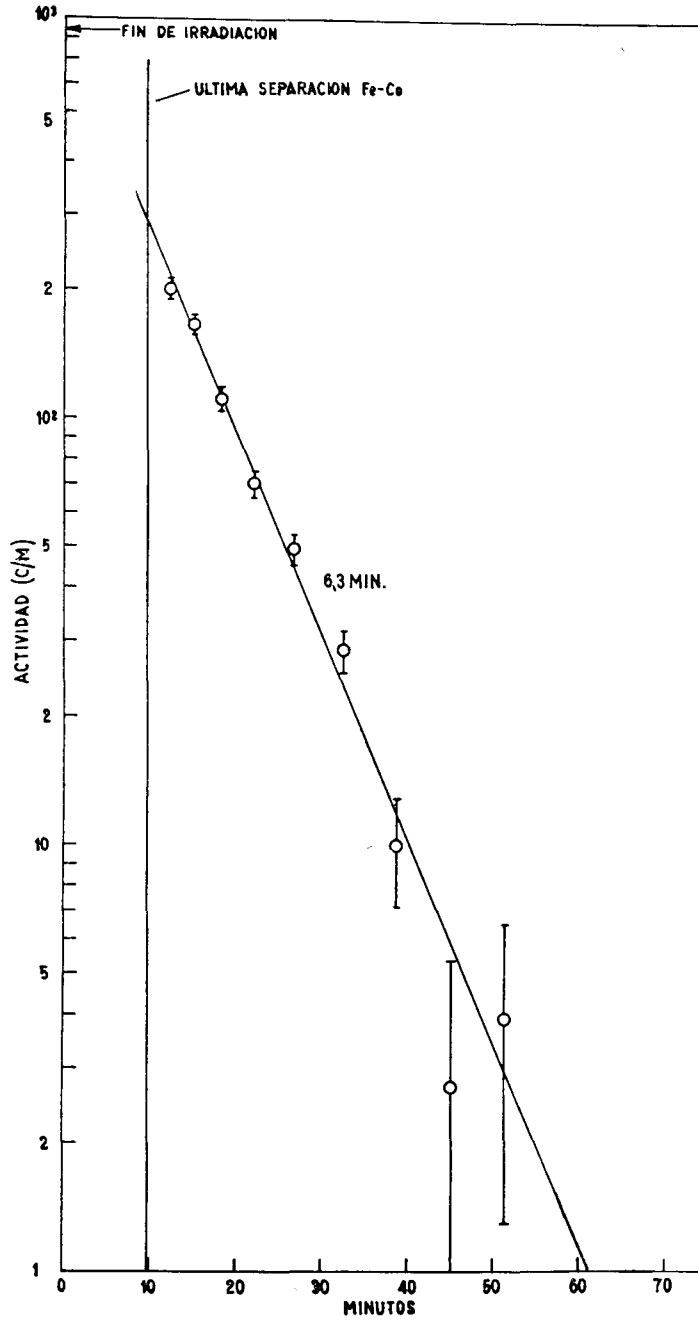


Figura 8

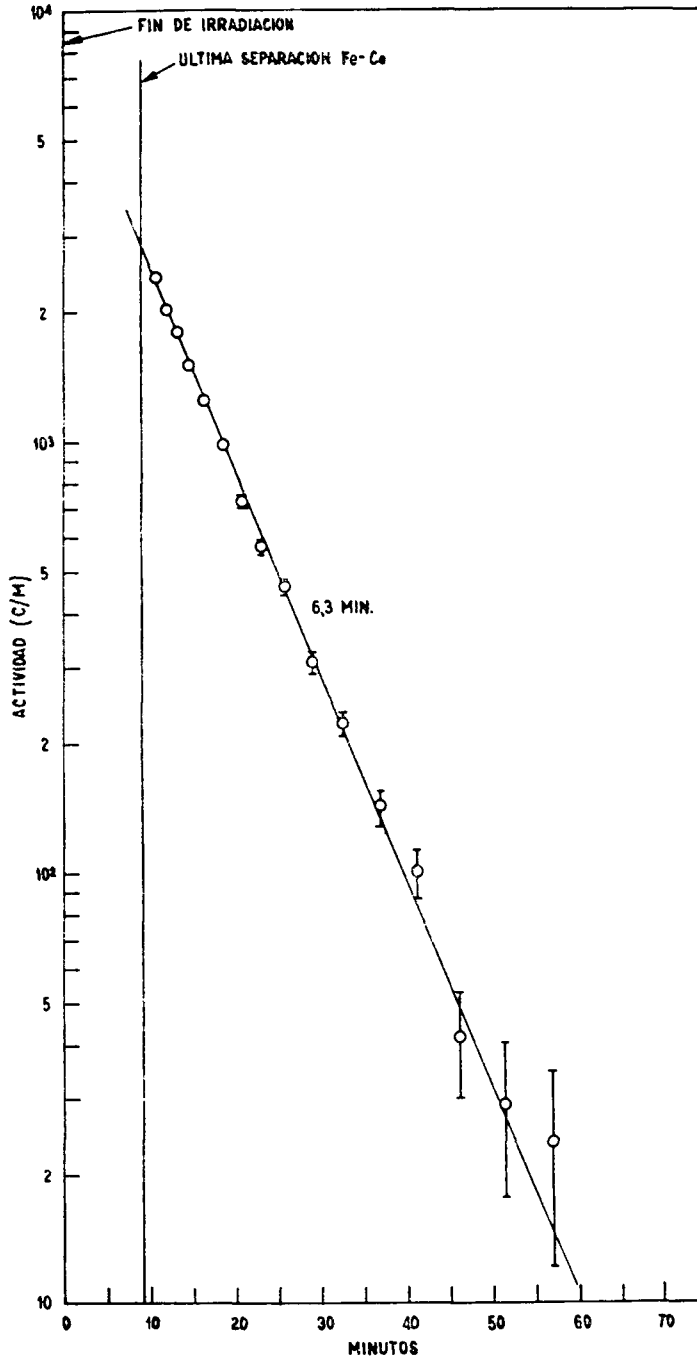


Figura 9