

CNEA - 175

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA



DOS NUEVOS RADIOISOTOPOS DE RENIO Y TUNGSTENO

por

G. B. Baró, J. Flegenheimer y M. Viirsoo



BUENOS AIRES

1966

DOS NUEVOS RADIOISOTOPOS DE RENIO Y TUNGSTENO

G. B. Baró, J. Flegenheimer y M. Viirsoo
Comisión Nacional de Energía Atómica

SUMMARY

The new nuclides ^{189}W and $^{190\text{m}}\text{Re}$ have been produced and their decay characteristics investigated, while the existence of the recently discovered ^{189}Re has been confirmed (1).

^{189}W was produced by (n, alpha) reaction on natural osmium enriched ^{192}Os . Its half-life is 11 min. \pm 1 min. and it decays by beta rays, with a maximum beta ray energy of about 1,4 MeV.

$^{190\text{m}}\text{Re}$ was produced by (n,p) reaction on natural osmium and on osmium enriched in ^{190}Os , and by (d, alpha) reaction on enriched ^{192}Os . Its half-life is 2,8 h \pm 0,2 h and its maximum beta energy about 1,5 MeV. Gamma lines of 60, 120, 190, 230, 380, 560 and 820 KeV were observed. By Szilard-Chalmers process it was investigated whether $^{190\text{m}}\text{Re}$ decays to its 3 minutes isomer. These tests have been unsuccessful up to the present.

^{189}Re , produced by (d, alpha n) reaction on ^{192}Os , by (n, p) reaction on ^{189}Os and by (n, np) reaction on ^{190}Os , shows a half-life of 23 h \pm 1 h. Its maximum beta ray energy is about 0,8 MeV. Gamma lines of 65, 140, 170 and 225 KeV have been observed.

RESUMEN

Se han obtenido dos nucleidos nuevos, ^{189}W y $^{190\text{m}}\text{Re}$, cuyas propiedades nucleares han sido estudiadas, al mismo tiempo que se ha podido confirmar la existencia del ^{189}Re , recientemente descubierto (1).

Por reacción (n, alfa) sobre osmio natural y osmio enriquecido en ^{192}Os fue posible producir ^{189}W con un período de 11 min. \pm 1 min. Este nucleido se desintegra emitiendo partículas beta, cuya energía máxima es de 1,4 MeV. Su espectro parece ser complejo.

Por medio de la reacción (n, p) sobre osmio natural y osmio enriquecido en ^{190}Os , y por reacción (d, alfa) sobre ^{192}Os , se obtuvo $^{190\text{m}}\text{Re}$. Su período es de 2,8 h \pm 0,2 h y la energía máxima de las partículas beta emitidas es de aproximadamente 1,5 MeV. Se han encontrado también rayos gamma de 60, 120, 190, 230, 380, 560 y 820 KeV. Se trató de comprobar si el $^{190\text{m}}\text{Re}$ decae a su isómero de 3 minutos, utilizando el efecto Szilard-Chalmers, sin poder establecer relación genética hasta el presente.

^{189}Re , cuyo período es de 23 h \pm 1 h, se forma por reacción (d, alfa n) sobre ^{192}Os , por (n, p) sobre ^{189}Os y por (n, pn) sobre ^{190}Os . Su energía máxima es de 0,8 MeV. Se han observado rayos gamma de 65, 140, 170, 225 KeV.

INTRODUCCION

El nucleído más pesado de tungsteno que se conoce es el ^{188}W . Se debería poder obtener ^{189}W por reacción (n, alfa) sobre ^{192}Os , que forma 41% del osmio natural. Tal proceso ha resultado posible con los neutrones rápidos producidos en el sincrociclotrón de CNEA, tanto para obtener un nucleído radiactivo de osmio a partir de platino (2), como para producir hafnio radiactivo a partir de tungsteno (3).

El ^{189}Re ha sido descubierto recientemente (1) utilizando las reacciones ^{186}W (alfa, p), ^{189}Os (n, p) y ^{190}Os (n, pn). Se le asignó un período de 23 horas y rayos gamma de 70, 150, 219, y 245 KeV. Anteriormente se le había asignado períodos de 150 días (4) y 250 a 300 días (5). Esto no pudo ser confirmado por Smith (6) en un cuidadoso trabajo, realizado irradiando renio natural con un alto flujo de neutrones para producir doble captura. Smith concluyó que el período del ^{189}Re debía ser menor que 5 días o mayor que 100 años.

Un isótopo de renio de 2,8 minutos, fue encontrado por Aten (7), produciéndolo por reacciones (n, p) y (d, alfa) sobre osmio. Su energía beta máxima fue determinada como $1,7 \text{ MeV} \pm 0,3 \text{ MeV}$; se encontraron rayos gamma de 191, 392, 569 y 830 KeV y se le atribuyó el número de masa 190. En el mismo laboratorio también se han estudiado detalladamente las características nucleares de los isómeros de ^{190}Os y de ^{190}Ir (8).

Bombardeando osmio natural con neutrones rápidos también se encontró un nucleído de renio con un período de 9,75 minutos y energía máxima 1,8 MeV (9). Como números de masa probables para este nucleído se han mencionado 189, 190 y 192. La reacción (d, alfa) sobre osmio no lo produce (7), y en las tablas nucleares del National Bureau of Standards (10) se le asigna el número de masa 191, teniendo en cuenta su energía de desintegración.

Varios autores han informado acerca de la existencia de un nucleído de renio con un período de 1 hora aproximadamente que se forma con bajo rendimiento. Chu (11) lo obtuvo irradiando osmio con deuterones de 19 MeV, lo cual no pudo ser confirmado por Aten (7), quien en cambio lo obtuvo por bombardeo de osmio con neutrones rápidos (9). Otros autores (12) observaron un período parecido en la fracción renio, al irradiar renio y tungsteno con protones de alta energía, deduciendo que el número de masa más probable para este nucleído es 184 o 186.

Es de hacer notar que el renio está ubicado en una de las islas de isomería y que se conocen isómeros de todos los isótopos de renio de número de masa par, desde 180 hasta 188, con posible excepción del 186. En cuanto a los isótopos de número de masa impar, no se les conoce ningún isómero con seguridad.

La posibilidad de usar el proceso Szilard-Chalmers para estudiar la existencia de isómeros de renio fue demostrada por Herr para $^{188\text{m}}\text{Re} \xrightarrow{\gamma} ^{188}\text{Re}$ (13). No hay intercambio rápido entre Re^{IV} y Re^{VII} ; por desintegración gamma la mayor parte del $^{188\text{m}}\text{Re}$ al estado de valencia tetravalente pasa al estado heptavalente. El proceso ha sido utilizado para investigar los estados de valencia del renio producido por captura neutrónica (14).

PARTE EXPERIMENTAL

1.- IRRADIACIONES Y MEDICIONES.

Las irradiaciones se efectuaron en el sincrociclotrón de CNEA, aprovechando los neutrones rápidos producidos por acción de los deuterones de 28 MeV sobre un blanco de berilio. Una fracción de los neutrones obtenidos tiene energía superior a 20 MeV, pero su espectro total de energía sólo se conoce en forma aproximada (15). Para evitar en lo posible reacciones con neutrones térmicos, las muestras se irradiaron dentro de una envoltura de cadmio de 0,3 mm de espesor.

Las irradiaciones con deuterones se realizaron con el haz interno de dicho sincrociclotrón. La corriente iónica de deuterones sobre el blanco fue del orden 10 microamperios en todos los casos.

La medición de las partículas beta se efectuó con un tubo Geiger-Müller Tracerlab T G C-2 con ventana de mica de 2 mg/cm² y un escalímetro decimal tipo CNEA. Dicho equipo de medición fué calibrado con ²⁴Na para determinar la eficiencia beta/gamma de detección, y con ³²P para obtener una curva de absorción patrón.

En los casos en que tomar una curva de absorción total resultó impracticable, debido a la baja actividad de la muestra, se usó el método que relaciona semiespesores (espesor de aluminio que reduce la actividad a la mitad) con la energía de los nucleídos. Previamente se calibró el método por medio de patrones de energía conocida.

Para mediciones de larga duración se utilizó un equipo compuesto de integrador con gran constancia del cero, amplificador logarítmico e inscriptor mecánico. De los gráficos obtenidos se calculó la actividad en función del tiempo.

Las mediciones de la radiación gamma se efectuaron con un cristal de centelleo de INa (Tl) marca Harshaw, de 2 x 2 pulgadas y un espectrómetro monocanal. Ocasionalmente se usó un cristal de centelleo de 3 x 3 pulgadas y un espectrómetro multicanal Nuclear Data 512, con inscriptor automático.

Para las calibraciones de los equipos en energías gamma se usaron patrones emisores gamma.

2.- COMPUESTOS USADOS EN LAS IRRADIACIONES.

El osmio metálico natural utilizado como blanco para las irradiaciones fue de procedencia alemana; después de un análisis espectroscópico se consideró innecesario purificarlo.

Los isótopos enriquecidos de osmio, procedentes de Oak Ridge, tenían la siguiente composición:

Os	Os - 189 (%)	Os - 190 (%)	Os - 192 (%)
184	0.05	0.05	0.01
186	0.05	0.05	0.01
187	0.05	0.05	0.01
188	1.7	0.54	0.19
189	87.3	1.41	0.37
190	8.5	95.46	0.77
192	2.5	2.6	98.68

Según las especificaciones de Oak Ridge, cualquier otra impureza se considera despreciable.

El dióxido de osmio se obtuvo disolviendo el tetróxido (Merck) en solución de hidróxido de sodio y reduciendo el osmio por agregado de clorhidrato de hidrazina sólido en caliente (16). La precipitación se completo llevando la solución a pH 6,5, diluyendo y calentando cierto tiempo, En caso de partir de osmio metálico, se aplicó previamente el método de van der Wiel (17).

El dióxido de iridio se obtuvo a partir de cloro-iridato de potasio (Hereaus), El renio metálico, también de origen alemán, no sufrió purificación química alguna.

3.- SEPARACIONES QUIMICAS

3-a) Tungsteno producido por la reacción Os (*n*, *alfa*).

En este caso se irradió óxido de osmio, o ácido ósmico. Después de la irradiación se agregaron portadores de renio y tungsteno y se eliminó el osmio, acidificando energicamente la solución con ácido nítrico y sulfúrico en caliente. Este procedimiento se repitió varias veces, agregando cada vez osmio como portador. El tungsteno queda como ácido túngstico, el cual fué filtrado por un filtro de fibra de vidrio. El precipitado una vez bien lavado con ácidos, se disolvió en amoníaco, agregando nuevamente portadores y precipitando hierro y renio varias veces. El precipitado final de ácido túngstico se obtuvo acidificando nuevamente con ácido nítrico.

El tiempo necesario para obtener un preparado radioquímicamente puro de tungsteno, según el procedimiento descrito es de 10 a 15 minutos.

3-b) Renio a partir de iridio.

Se irradió dióxido de iridio con neutrones, en forma de polvo muy fino. El polvo fue tratado con hidróxido de amonio y agua oxigenada de 100 volúmenes. Con este procedimiento el agua oxigenada se descompone y parte del renio producido por la reacción nuclear pasa a la fase acuosa, mientras que el óxido de iridio no se disuelve. Se filtró por papel coloidal, agregando portadores de renio y osmio. Se acidificó con ácido nítrico, y se calentó varias veces a fin de eliminar el osmio, agregando cada vez algunos miligramos de osmio como portador.

Se agregó cloruro férrico y se alcalinizó hasta precipitación del hidróxido de hierro y se repitió nuevamente esta operación a fin de limpiar la solución.

A continuación se precipitó el renio agregando filtrado un exceso de cloruro de tetrafenil-arsonio en solución al 2%. Para purificar el renio, se colocó el precipitado obtenido, junto con el papel coloidal, en un balón de destilación, que contenía ácido nítrico y sulfúrico (18) y portador de iridio, y se destiló en corriente de nitrógeno hasta aparición de humos blancos. El renio destilado fue recibido en una solución de hidróxido de sodio 3M. De esta solución el renio fue precipitado nuevamente con cloruro de tetrafenil-arsonio. Ocasionalmente se repitió la operación a fin de asegurar una purificación total del renio.

El tiempo necesario para separar el renio fue de unos 10 minutos; cuando se efectuó la destilación doble de 1 hora aproximadamente.

3-c) Renio a partir de dióxido de osmio.

El dióxido de osmio irradiado fue tratado en forma semejante a la indicada anteriormente para el dióxido de iridio. La extracción de renio es eficiente; se asemeja al proceso que permite extraer tecnecio a partir de dióxido de rutenio irradiado (19). Cuando se usaron isótopos enriquecidos de osmio, el método tiene la ventaja de que no se pierde material. Además de agregar portadores de osmio y renio también se agregó tungsteno como tungstato de sodio, que fue eliminado junto con el hierro, agregando cloruro de calcio. Para la purificación del renio se procedió tal como se describe más arriba (3-b).

3-d) Renio a partir de osmio metálico.

El osmio metálico se disolvió según el método descrito por van der Wiel (17). Luego se eliminó el osmio calentando con ácido nítrico repetidas veces, y se procedió a la separación química de renio como en el caso anterior.

Cuando se usó osmio enriquecido, la primera destilación se efectuó recogiendo el destilado de osmio.

3-e) Método Szilard-Chalmers para renio.

La fracción pura de renio, obtenida por destilación en hidróxido de sodio 3M, se redujo al estado tetravalente agregando en caliente clorhidrato de hidrazina (16). El renio precipita como dióxido de color negro, el cual fue separado de la solución por centrifugación. Este dióxido de renio fue disuelto en ácido clorhídrico en caliente y se filtró la solución para eliminar todo residuo que pudiera quedar. Luego se agregó portador de Re VII, y se lo eliminó por precipitación. Se dejó la solución en reposo, agregando más Re VII como portador y al cabo de cierto tiempo medido, se volvió a separar Re VII de Re IV, midiendo la actividad de la fracción Re VII. En otros casos se midió Re IV habiéndolo separado del Re VII, por extracción con éter, previo agregado de sulfocianuro de potasio, para complejar el renio que estuviera al estado reducido (20).

RESULTADOS EXPERIMENTALES

4.- CURVAS DE DESINTEGRACION BETA.

4-a) Tungsteno obtenido por irradiación de osmio con neutrones rápidos.

En la fracción tungsteno obtenida por irradiaciones cortas seguida de separación química relativamente rápida se observa un período de 11 minutos, que sería el ^{189}W y un período más largo que decae con 24 horas perteneciente al ^{187}W (figura 1). No se distingue en esta curva actividad debida al ^{189}Re de 23 horas.

Al separar la fracción renio luego de haber desintegrado la fracción tungsteno y midiendo su período unos 40 minutos, se observa una pequeña actividad que decae con un período de 20 horas aproximadamente. Esto confirmaría los resultados de Crasemann et al. (1) para el ^{189}Re de 23 horas. En este caso la actividad se formaría por desintegración de ^{189}W en ^{189}Re .

4-b) Renio producido por irradiación de iridio con neutrones rápidos.

En irradiaciones cortas y separación química muy rápida, sin destilación de renio, se observó el período de 3 minutos del ^{190}Re , confirmando así su número de masa. Sin embargo, la presencia de otros períodos, entre ellos uno de 10 minutos, indicó que la purificación química no había sido suficiente y parte del osmio quedaba en la fracción renio.

Con una purificación química más cuidadosa, pero más larga, se observan dos períodos: 2,6 horas y 17 horas. Este último corresponde al ^{188}Re (figura 2). Aparece además una *cola* larga (1% aproximadamente) que decae con un período de más de 10 días, y cuya energía beta máxima corresponde al ^{32}P . Esta actividad residual fué identificada por separación química como contaminación de ^{32}P .

Para asegurar completamente el período de aproximadamente 3 horas, se repitió esta experiencia varias veces, purificando la fracción renio por doble destilación. Una curva de desintegración típica se muestra en la figura 3 donde se observan períodos de 2,4 horas y de 19 horas, que corresponderían a $^{190\text{m}}\text{Re}$ y ^{188}Re respectivamente.

4-c) Renio producido por la irradiación de osmio natural y osmio enriquecido con neutrones rápidos.

En la figura 4 se observa la curva de desintegración del renio producido por irradiación corta de osmio natural con neutrones rápidos. El preparado fue medido con un absorbedor de aluminio 143 mg/cm². Predominan el período de 2,7 horas y el período de 17 horas del ^{188}Re .

Con una irradiación larga y doble destilación de renio se observa que la actividad relativa del competente más largo respecto a los otros varía ligeramente al medir con la hoja de absorción (143 mg/cm²) (figura 5).

Al irradiar ^{189}Os , ^{190}Os y ^{192}Os enriquecidos se midió sin separación química, a través de absorbedores de aluminio (52,7 mg/cm² en los dos primeros casos, 143 mg/cm² para ^{192}Os). En todos los casos aparece el período de 3 horas aproximadamente (figuras 6, 7 y 8).

Al irradiar ^{190}Os (figura 7) la actividad relativa del período cercano a 3 horas resulta mayor que en los otros casos. También es de notar que el período largo es mayor que 17 horas.

Por irradiación de ^{192}Os se forma una alta actividad, cuyo período es sensiblemente mayor al de 3 horas (3,6 horas) que generalmente se observa en los otros gráficos (fig. 8). Resulta difícil explicar esto, ya que la formación de ^{190}Re está menos favorecida, teniendo en cuenta que el contenido de ^{190}Os en ^{192}Os enriquecido es de 2,6% y la probabilidad que se produzca la reacción (n, pn) es menor que la de la reacción (n,p). En cambio no se observa actividad correspondiente al ^{192}Re que se debería formar en estas condiciones, lo cual lleva a creer que su período es corto, posiblemente menor que 3 minutos.

En la figura 9 se muestra una curva de desintegración que corresponde a la irradiación del ^{192}Os con neutrones rápidos, sin separación química. Se observa una alta actividad de renio con un período de 10 minutos, con lo cual se confirma la asignación del número de masa 191 a este período.

4-d) Renio producido por irradiación de ^{192}Os enriquecido con deuterones.

En la figura 10 se observa la curva de desintegración del renio obtenido por irradiación con deuterones, medida a través de 143 mg/cm^2 de aluminio. La energía de los deuterones era aproximadamente 28 MeV. La actividad obtenida para el período de aproximadamente 3 horas es bastante alta, lo cual permite obtener una curva de absorción y determinar su energía beta máxima.

5.- CURVAS DE ABSORCIÓN BETA.

5-a) Absorción beta del ^{189}W .

La energía máxima de las partículas beta se determinó por el método del semiespesor con absorbedores de aluminio, debido a las bajas actividades producidas. Se compararon los valores obtenidos con una calibración de semiespesores de distintos radionucleídos cuya energía beta se conoce (figura 11-a).

La energía beta máxima del tungsteno que decae con 11 minutos resultó ser $1,4\text{ MeV} \pm 0,3\text{ MeV}$ (figura 11-b).

5-b) Absorción beta de ^{190m}Re y ^{189}Re .

Como el renio de aproximadamente 3 horas se produce preponderantemente por la irradiación de ^{192}Os con deuterones, se utilizó esta reacción para determinar su energía beta máxima por medio de absorbedores de aluminio. En la figura 12 se muestra la curva de absorción corregida por efecto del fondo y período. Comparando esta curva con la de un preparado de ^{32}P medido en el mismo contador, y aplicando el método de Feather, la energía beta máxima del renio de 3 horas resulta $1,6\text{ MeV} \pm 0,2\text{ MeV}$.

La energía gamma emitida por desintegración beta pudo deducirse en forma aproximada por calibración con fuentes de esquema conocido; resulta alrededor de $1,5\text{ MeV gamma/desintegración}$.

La curva de absorción beta correspondiente al renio de aproximadamente 23 horas se muestra en la figura 13. Su energía beta máxima es 0,8 MeV y emite menos de 0,5 MeV gamma/desintegración beta.

6.- MEDICION DE RADIACION GAMMA.

Se realizaron las siguientes mediciones de espectros gamma:

- a) Fracción renio obtenido de osmio natural irradiado con neutrones.
- b) ^{190}Os enriquecido irradiado con neutrones, sin separación química.
- c) Renio obtenido por irradiación de renio natural con deuterones de 28 MeV.
- d) Fracción renio obtenido por irradiación de ^{192}Os con deuterones de 28 MeV.

En el caso a) el renio radiactivo se midió con un espectrómetro multicanal y cristal de centelleo de 3 x 3 pulgadas. Las figuras 14, 15 y 16 muestran algunos espectros obtenidos. Se observa que los rayos de 55, 140 y 210 KeV son los más importantes y persistentes, pero su relación cambia y la actividad disminuye entre los dos últimos picos.

En el caso b) el ^{190}Os fue también medido con un espectrómetro de centelleo multicanal. Los espectros obtenidos se muestran en las figuras 17, 18 y 19. Inmediatamente después de la irradiación predominan los picos conocidos de ^{190m}Os , cuyo período es 10 minutos. Una hora después el espectro aparece deformado, y a las 3 horas sólo se observan picos correspondientes a 50, 122, 210, 375, 560, y 820 KeV.

En el caso c) se tomó el espectro de una mezcla de ^{186}Re y ^{188}Re , obtenida por bombardeo de renio natural con deuterones (Fig. 20). Las líneas encontradas en el caso anterior no corresponden con éstas.

En el caso d), para obtener el espectro de ^{190m}Re de 3 horas, se irradió ^{192}Os enriquecido con deuterones. En estas condiciones se produce principalmente ^{190}Re por reacción (d, alfa) y ^{189}Re por reacción (d, alfa n). Las mediciones se efectuaron con espectrómetro monocanal y cristal de centelleo de 2 x 2 pulgadas. La fracción renio había sido purificada por doble destilación.

El espectro de ^{189}Re , medido a más de 1 día después del fin de irradiación (figura 21) muestra los picos de 65, 140, 170 y 225 KeV. Al restar este espectro del original, obtenido aproximadamente dos horas después del fin de irradiación, se obtuvo el espectro que se ve en la figura 22 y que corresponde al ^{190m}Re de 3 horas. Además de los picos de 60, 120, 190, 230, 380, y 560 KeV existe también un pico de 820 KeV.

CONCLUSIONES

La semejanza entre las líneas gamma encontradas, como así también entre las energías beta, del ^{190m}Re de 3 horas y las de su isómero de 3 minutos (7) sugiere la posibilidad de relación genética.

Es concebible, por ejemplo, que el isómero de 3 horas, fuera el estado excitado del ^{190}Re , cuya desintegración se produjera mediante una transición γ al estado fundamental de período corto. Tal transición debería estar acompañada de alta conversión interna y manifestarse por un cambio de valencia al estado más oxidado, tal como sucede en el caso del ^{188m}Re (13).

Se intentó verificar esto, utilizando altas actividades de renio obtenido por irradiación de osmio natural con deuterones. En ningún caso se llegó a detectar el período de 3 minutos en la fracción perrenato, separada de la fracción renio reducido. Todos los preparados tenían poca actividad de período largo, proveniente posiblemente de la oxidación del renio reducido o del renio adsorbido. El resultado negativo de estas experiencias sólo permite concluir que no se ha podido comprobar relación genética entre ambos isómeros.

El período de 11 minutos correspondiente a la fracción tungsteno no se observa cuando se irradia tungsteno con deuterones, lo cual excluye los números de masa 185 y 187. Por lo tanto el único número de masa posible para este nucleído es el 189. La actividad correspondiente al período de 11 minutos se desintegra en ^{189}Re de 23 horas, lo cual también confirma el número de masa 189 para esta cadena de nucleídos.

BIBLIOGRAFIA

1. CRISEMAN, B., EMERY, G. T. y KANE, W. R. - Bull. Am. Phys. Soc. II, 7, 353 (1962).
 2. REY, P. y BARO, G. B. - Publ. Int. CNEA Serie Química V. 1 N° 10 (1957)
 3. GATTI, O.O. y FLEGENHEIMER, J. - Publ. Int. CNEA, Serie Química V. 1 N° 14 (1958).
 4. LINDNER, M. - Phys. Rev. 84, 240 (1951).
 5. TURNER, S.E. y MORGAN, L.O. - Phys. Rev. 81, 881 (1951)-
 6. SMITH, R. R. - J. Inorg. Nucl. Chem. 3, 157, (1956)
 7. ATEN Jr., A.H.W., DE FEYFER, G. D. - Physica, 21, 543 (1955).
 8. ATEN Jr., A.H.W., DE FEYFER, G. D., STERK, M. J. y WAPSTRA, A. H. Physica 21, 740 (1955).
 9. ATEN Jr, A.H.W., y DE FEYFER, G. D.- Physica 19, 1143 (1953).
 10. NUCLEAR DATA SHEETS, Nat. Research Council, NRC 58- 10-88.
 11. CHU, T.C. - Phys. Rev. 79, 582 (1950).
 12. HALDAR, B.C. y WIIG, E.O.- Phys. Rev. 105, 1285 (1957).
 13. HERR, W. - Z. Naturforsch 7a, 819 (1952).
 14. APERS, D.J. y MADDOCK, A.G. - Trans. Far. Soc. 56, 498 (1960) .
 15. PEREZ FERREIRA, E. y ROEDERER, J.G.- Publ. Int. CNEA, (1956).
 16. SCHWEITZER, G.K. y WILHELM, D.L. - J. Inorg. Nucl. Chem. 3, 1 (1956).
 17. van der WIEL, A. - Chem. Weekbl, 48, 597 (1952).
 18. LEDDICOTTE, G.W. - The Radiochemistry of Rhenium. NAS 3028.
 19. FLEGENHEIMER, J. - Proc. Int. Conf. Peaceful Uses Atomic Energy, Geneva 7, 191.
 20. HAUN, E. DAVIDSON, N. - J. Am. Chem. Soc. 72, 2254 (1950).
-

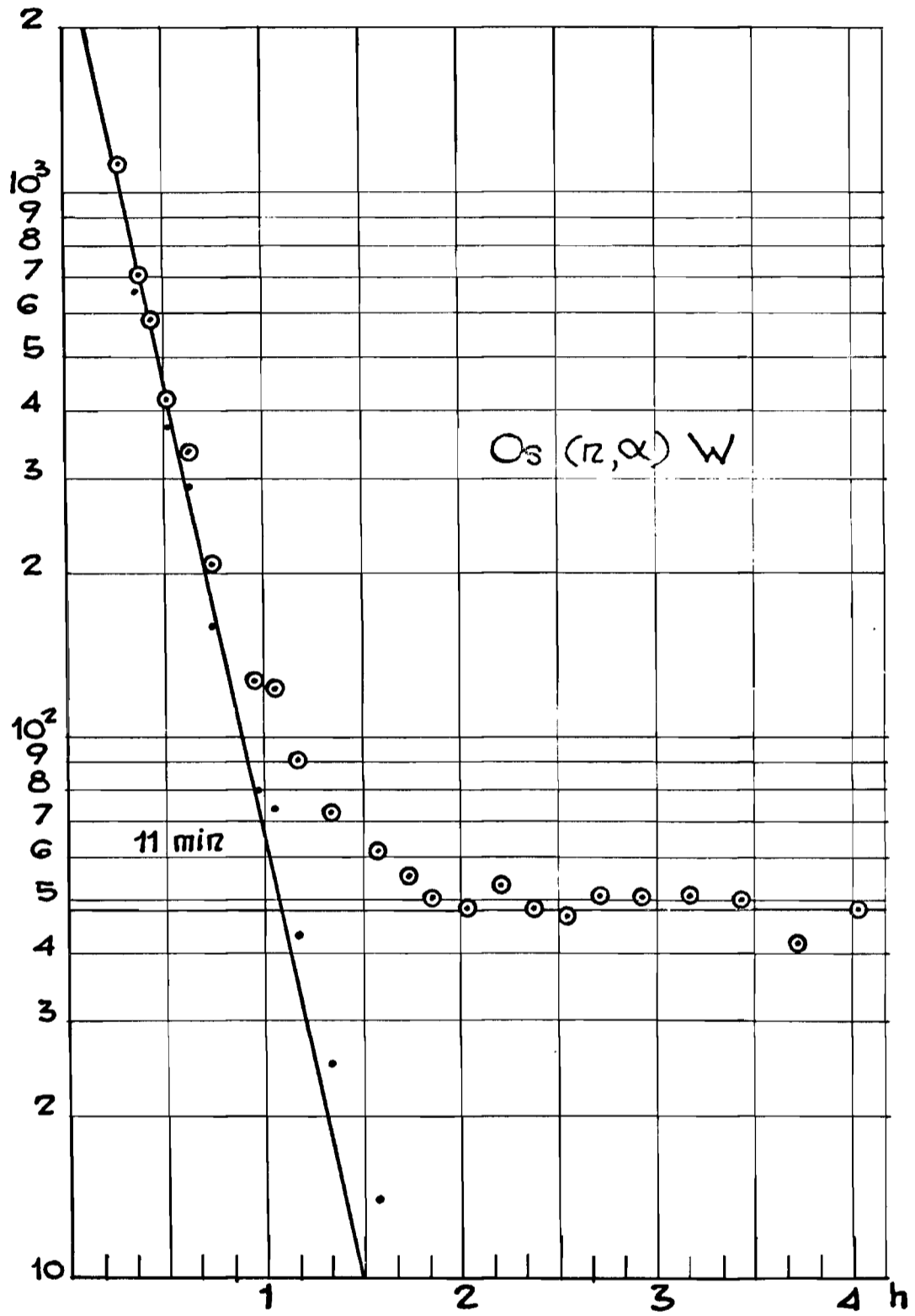


Figura 1

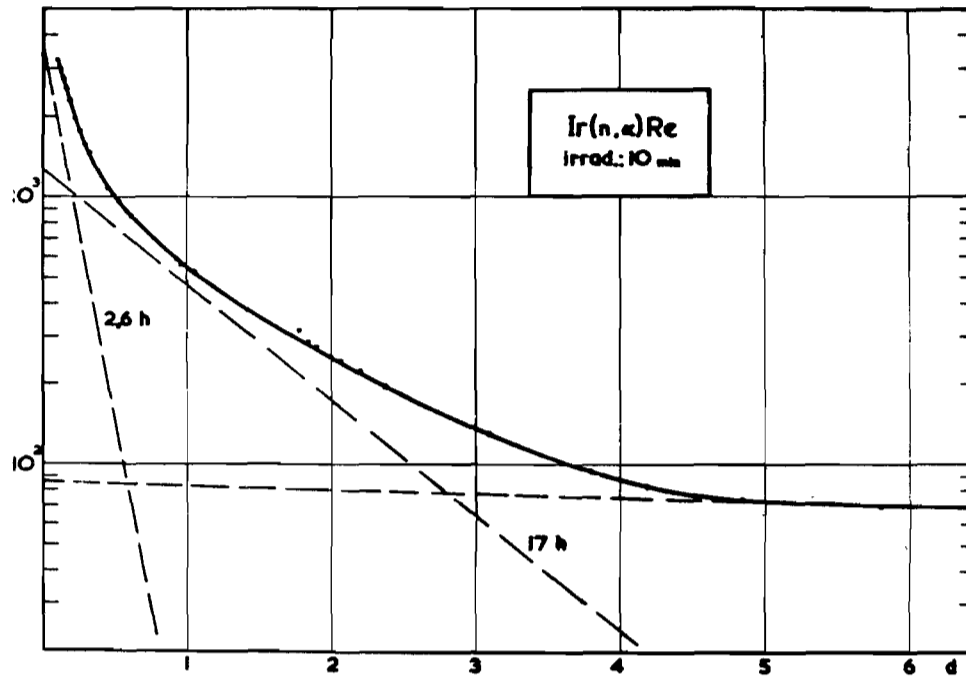


Figura 2

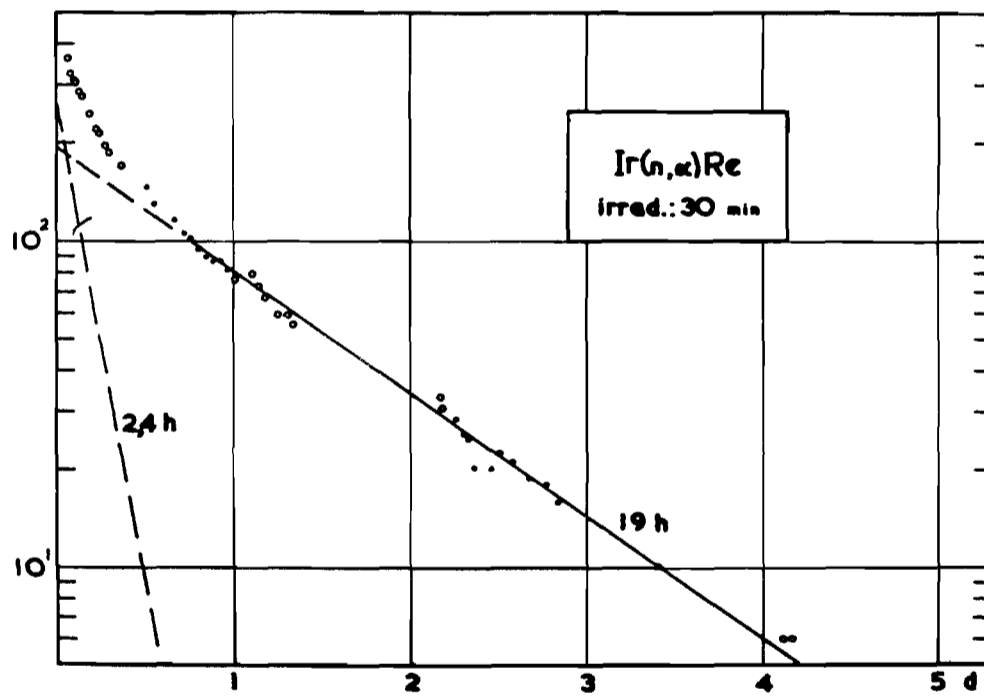


Figura 3

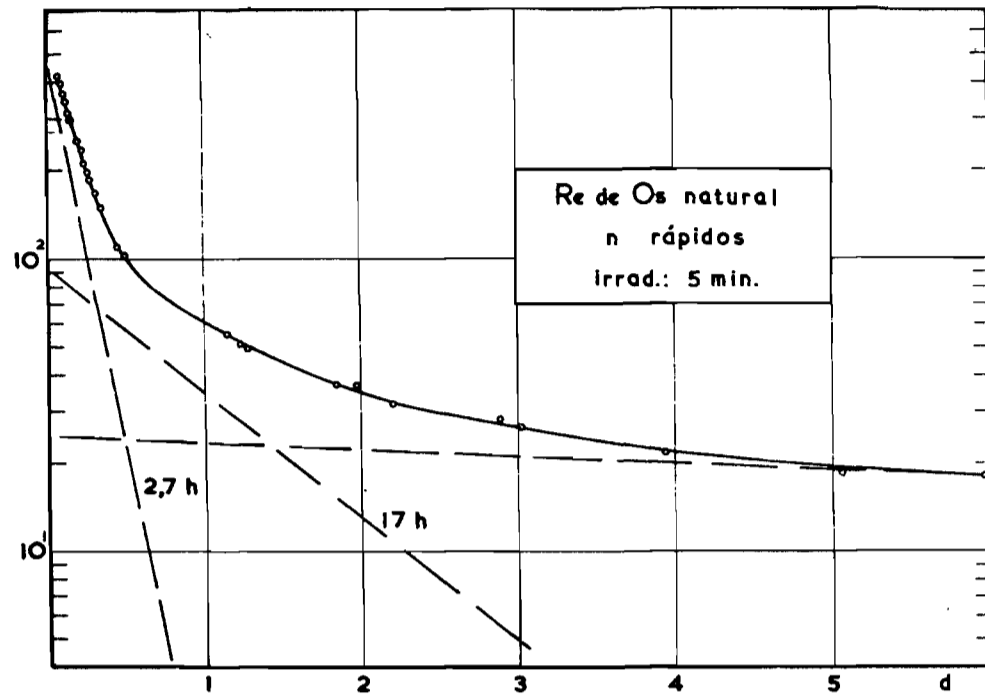


Figura 4

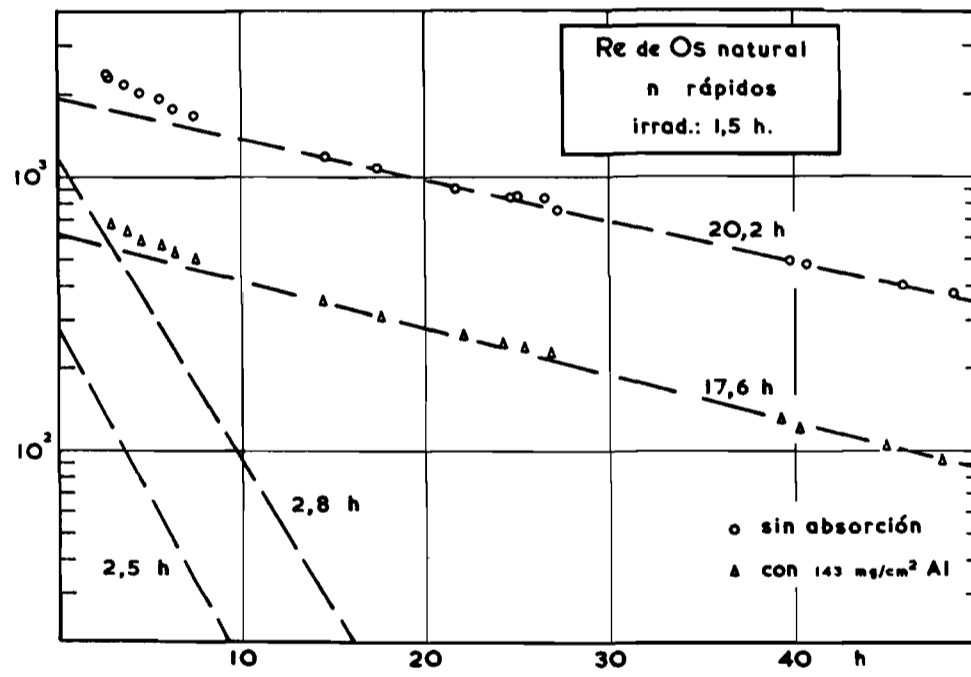


Figura 5

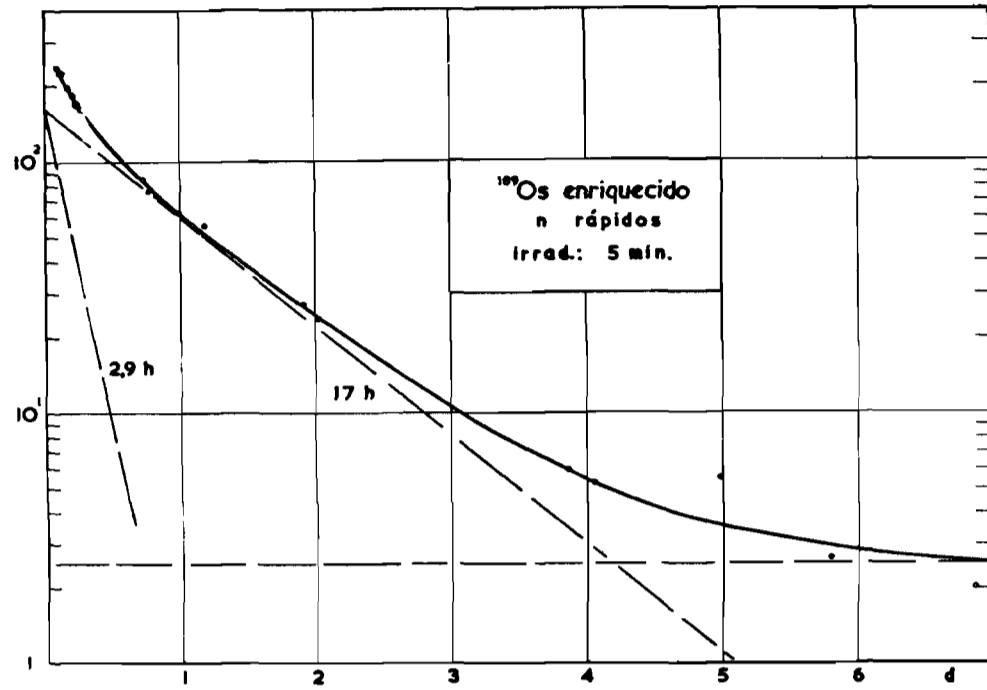


Figura 6

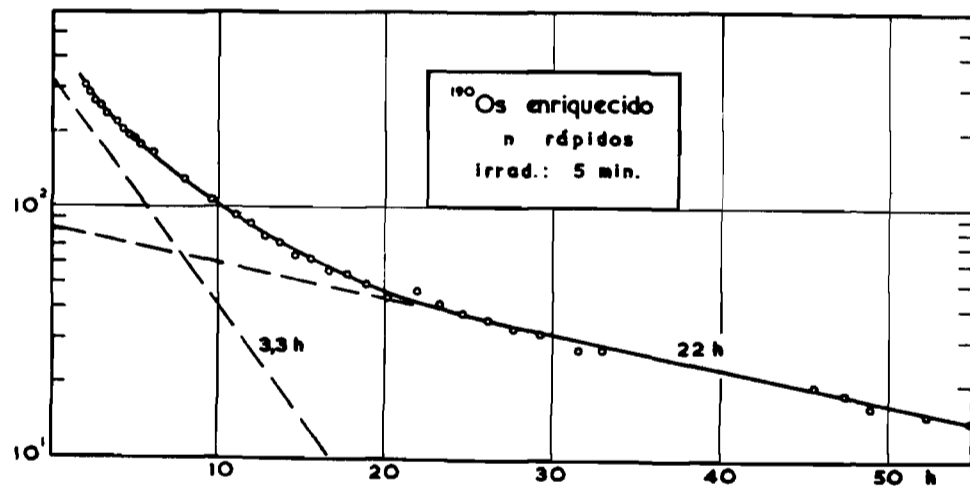


Figura 7

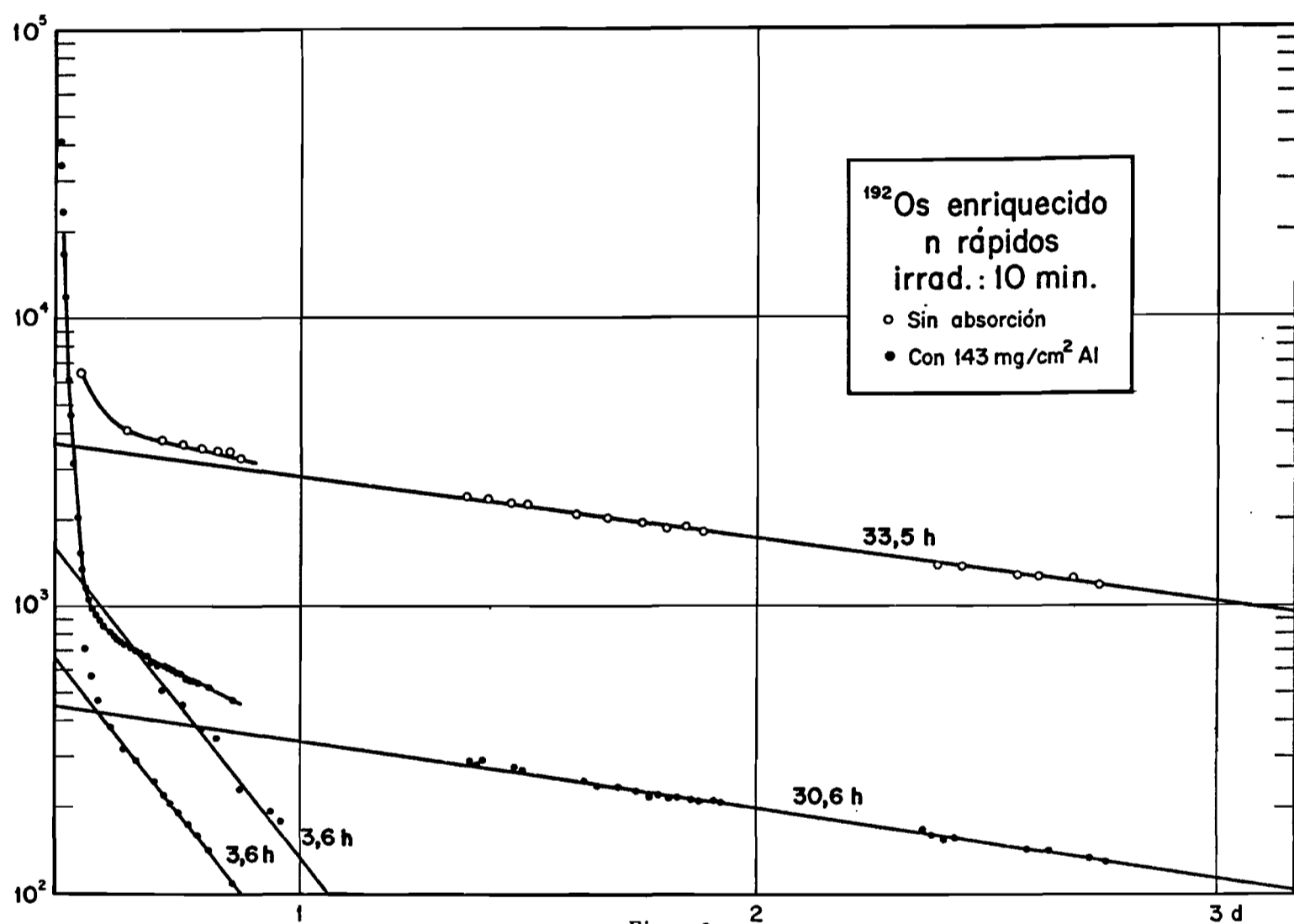


Figura 8

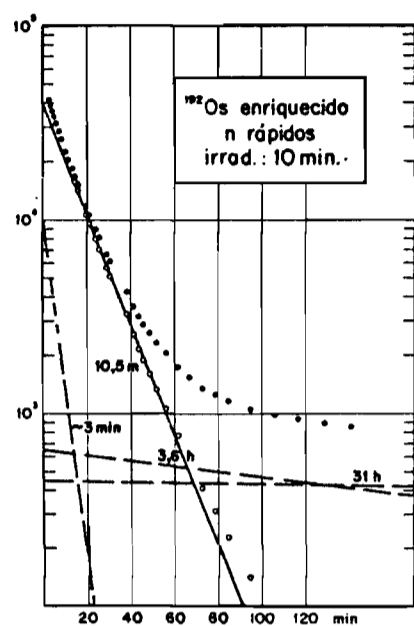


Figura 9

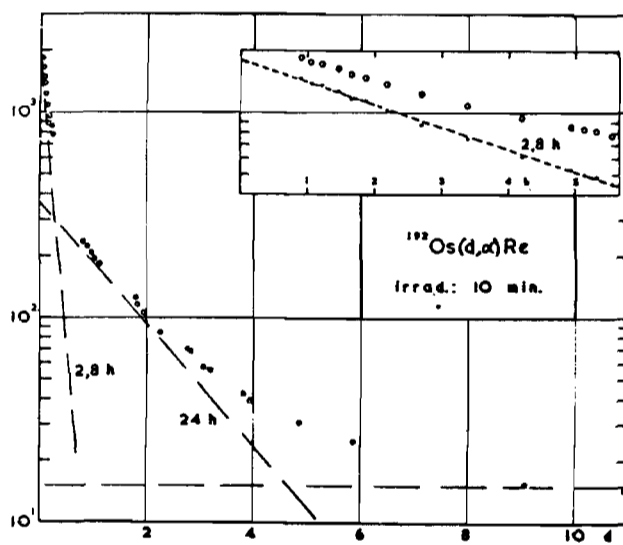


Figura 10

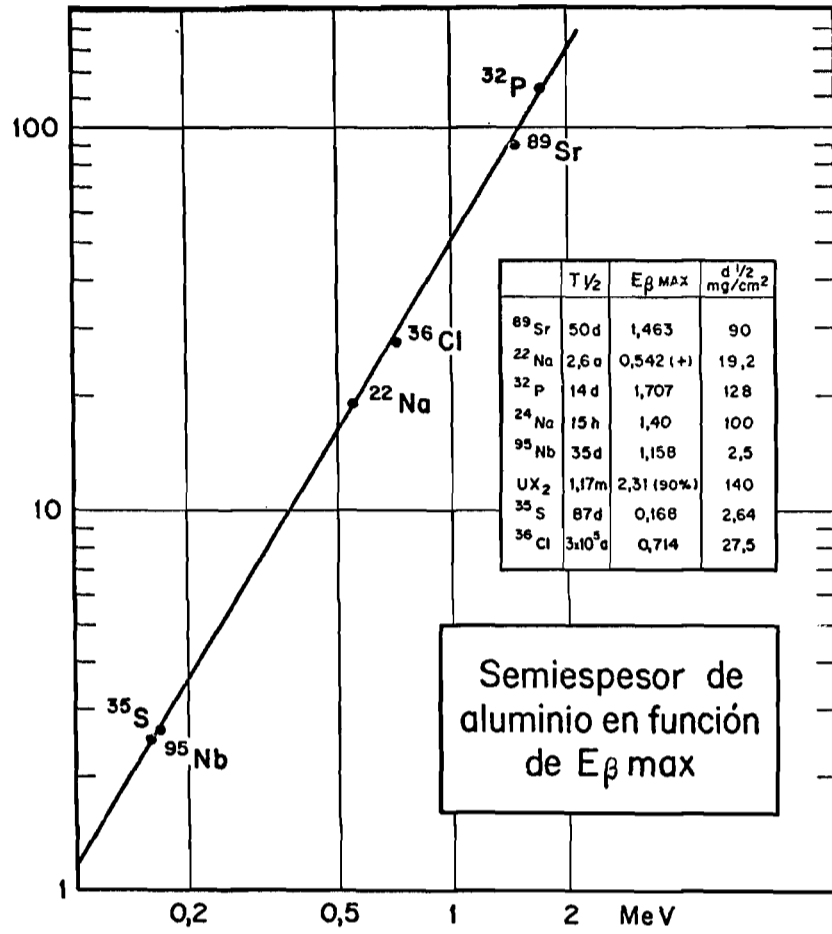


Figura 11-a

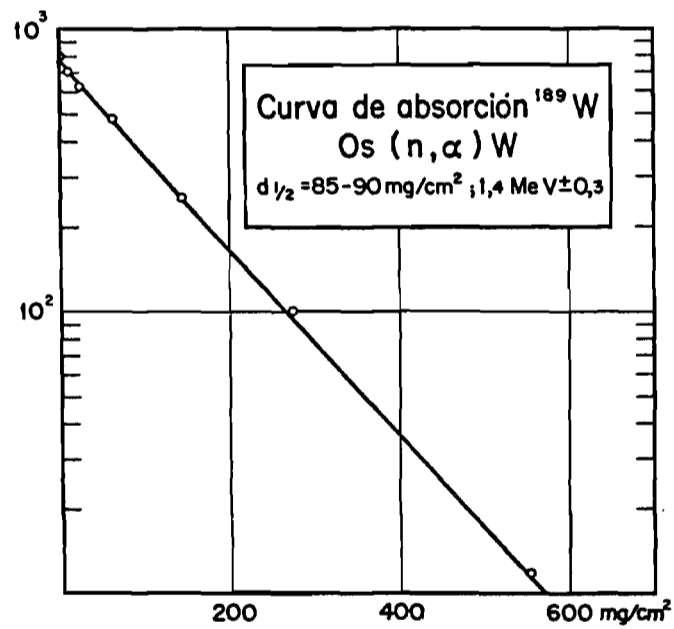


Figura 11-b

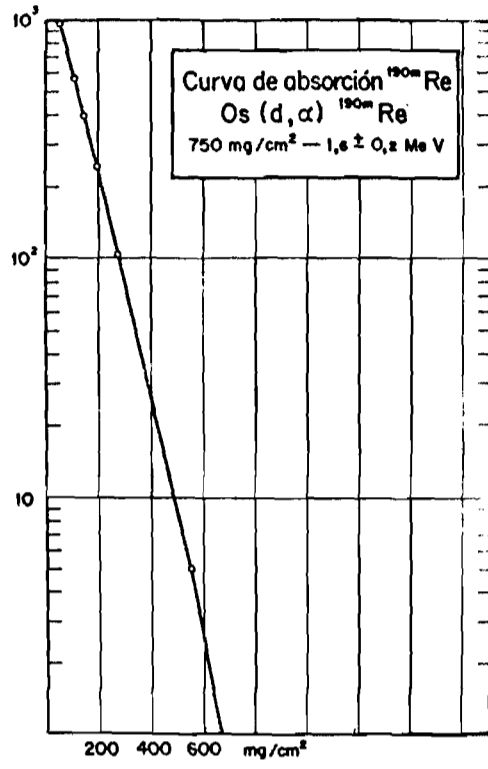


Figura 12

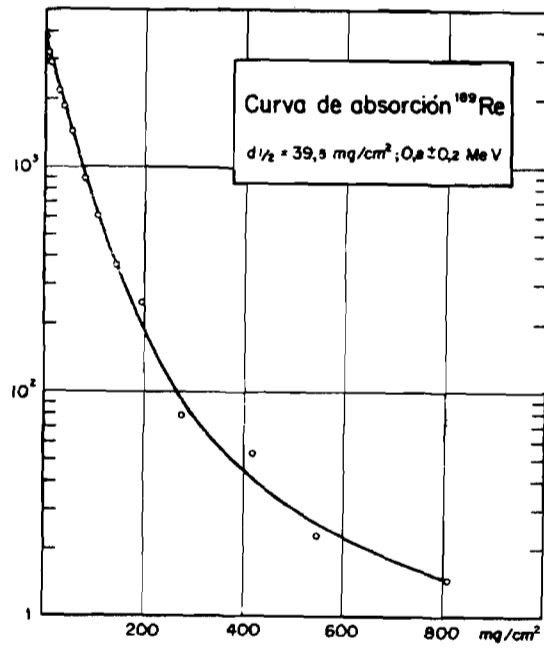


Figura 13

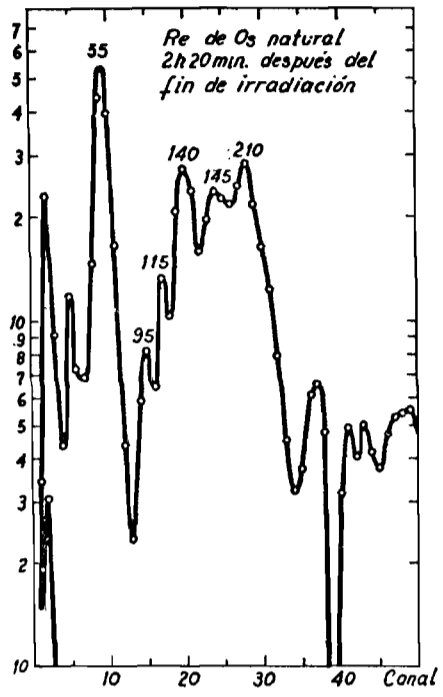


Figura 14

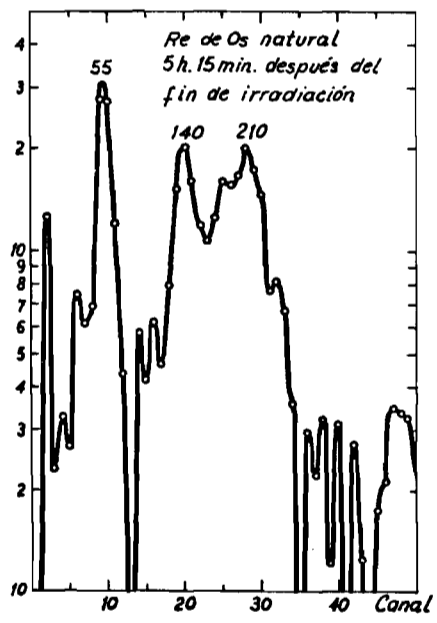


Figura 15

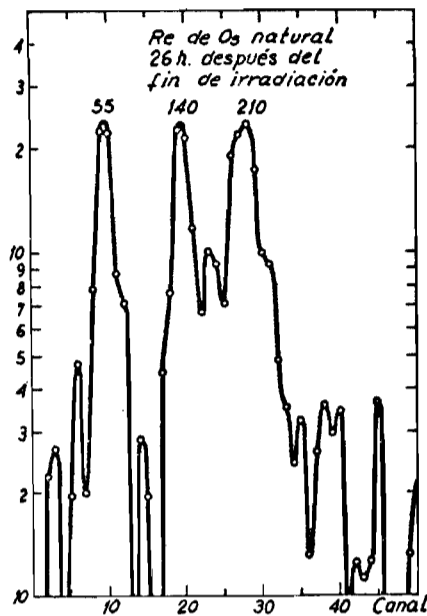


Figura 16

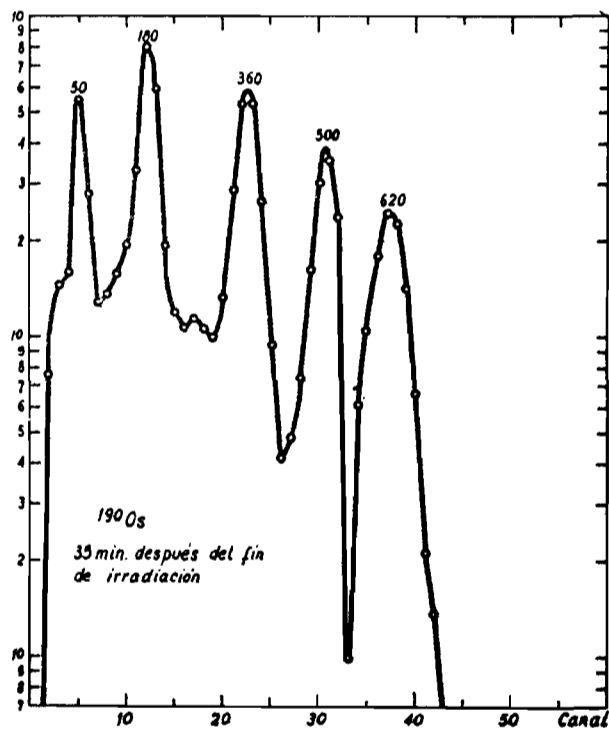


Figura 17

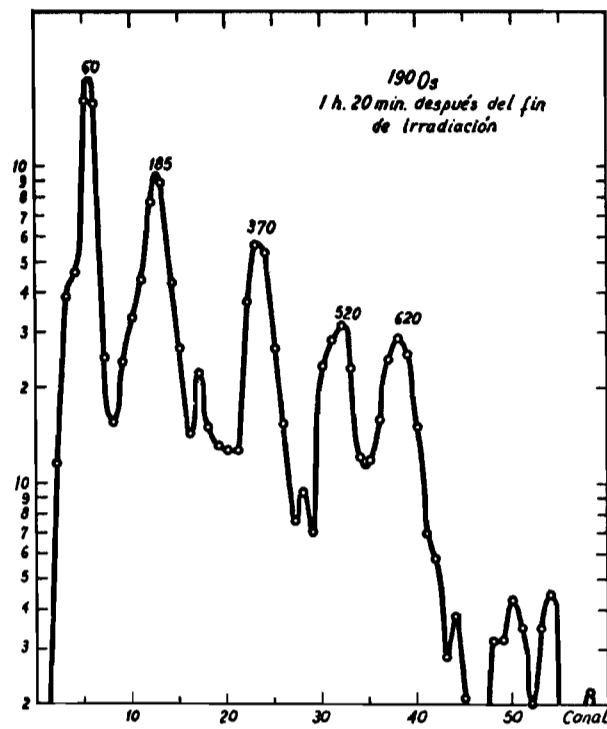


Figura 18

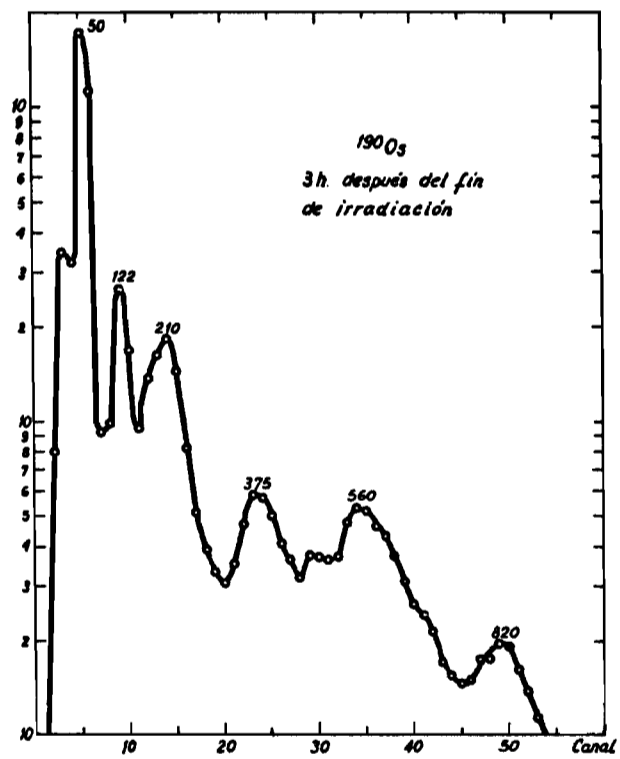


Figura 19

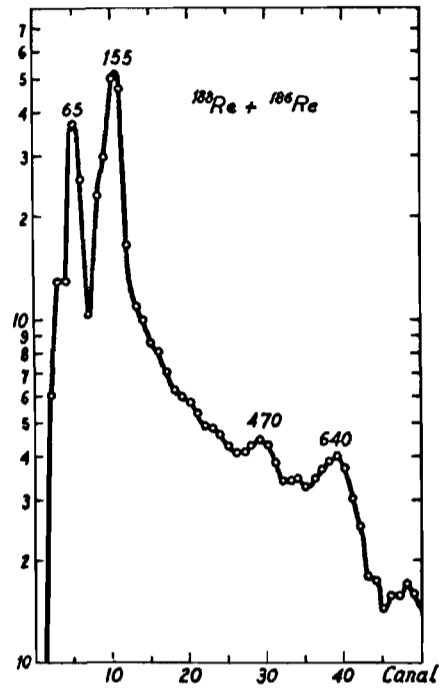


Figura 20

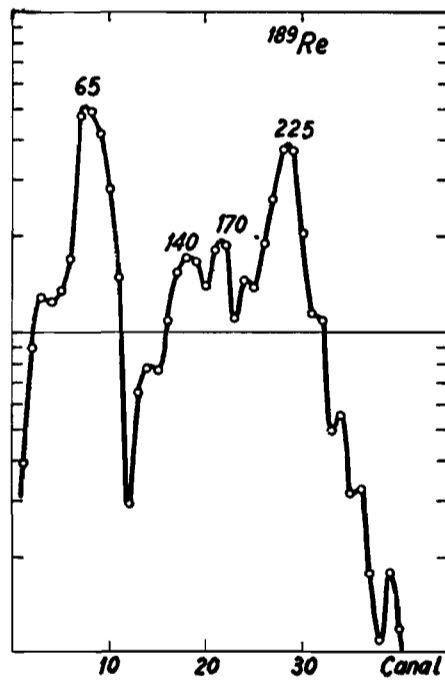


Figura 21

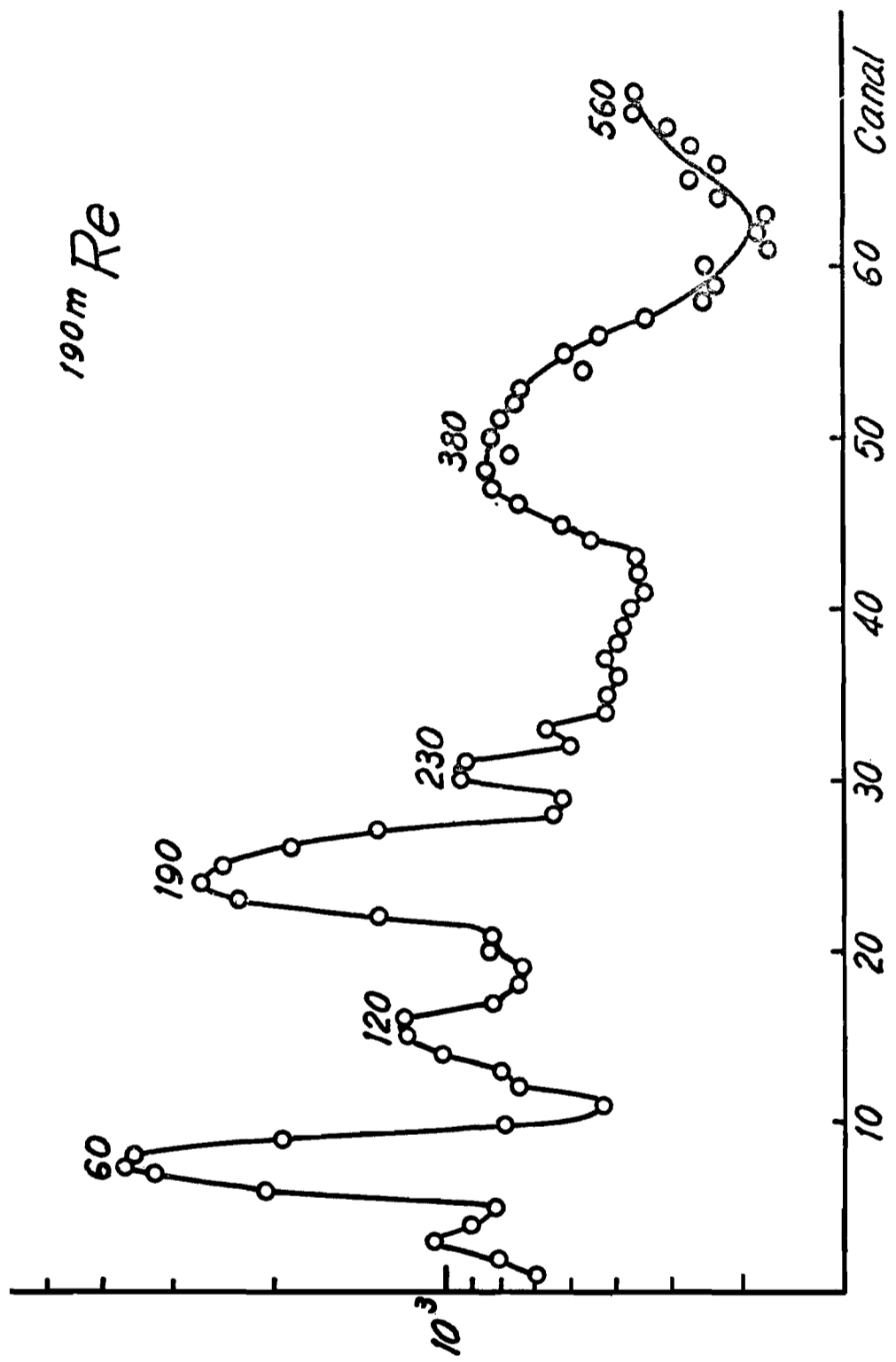


Figura 22