

REMEDIACION DE VALORES Q_0 DE REACCIONES NUCLEARES
ENTRE LOS ELEMENTOS LIGEROS

A. Tejera, M. Mazari*, A. Jáidar** y G. López

Laboratorios Van de Graaff, Instituto de Física,

Universidad Nacional de México

(Recibido: 13 de Julio, 1961)

RESUMEN

A group of high Q_0 values, which presented exceptional discrepancies as compared to those computed in recent nuclear mass tables, were remeasured. Conditions of the Van de Graaff accelerator and broad-range magnetic spectrograph were improved by their reorientation and by adjusting the beam size to coincide with that of the ^{210}Po calibrator, through a reduction of five times its original height. The repeated high Q_0 value measurements as well as other reactions simultaneously observed are reported in this paper. In spite of some apparent better agreement with mass values, differences larger than the proposed errors still remain. There has not been a general improvement with respect to the

*Subsidiario del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

**De la Facultad de Ciencias.

earlier situation when analyzing, by the use of the present results, closed cycles among the light nuclei.

Saturation effects of the magnetic and fringing fields of the spectrograph at high strengths, might be a probable source to explain these discrepancies; a survey of it is under preparation.

INTRODUCCION

Valores Q_0 de algunas transiciones nucleares entre estados base de los núcleos más ligeros, determinados por el grupo de la UNAM¹, resultaron muy altos en comparación con los obtenidos en MIT² o los estimados a partir de información reciente de masas nucleares³. Este hecho suscitó una revisión detallada de los procedimientos experimentales empleados.

Se sugieren dos causas como las causantes más probables de estas diferencias⁴. La primera tratada en este trabajo, es la no coincidencia tanto en espesor como en posición del haz de partículas proyectiles sobre el blanco, con el alambre impregnado de polonio radiactivo empleado en la calibración del equipo. La segunda, aún en estudio, se refiere a los efectos producidos cuando el campo magnético alcanza saturación, sobre la determinación de energías de partículas emergentes de las reacciones nucleares.

Remediciones de energías en transiciones nucleares, después de la reducción del espesor del haz de partículas incidentes sobre el blanco (de 1.5 a 0.3 mm), actualmente semejante a la del alambre calibrador (0.25 mm), de la reorientación cuidadosa de las partes del equipo y de una nueva calibración, arrojaron valores Q_0 ligeramente menores que los medidos anteriormente. Sin embargo el cambio no ha sido radical, en las mediciones donde se observaban diferencias importantes, se siguen manteniendo los resultados notoriamente por afuera de los errores experimentales propuestos.

REMEDICION DE VALORES Q_0

${}^9\text{Be}(d, \alpha){}^7\text{Li}(0)$ es una reacción que presenta condiciones ideales para la medición de su valor Q_0 , respecto a la energía de las partículas alfa del ${}^{210}\text{Po}$

empleadas para calibrar (el valor adoptado para la rigidez magnética de las partículas α de calibración en este laboratorio es $331750 \text{ Gauss} \cdot \text{cm}^5$). Es posible que eligiendo convenientemente la energía del deuterón proyectil, las partículas α emergentes del núcleo compuesto ^{11}B , puedan tener la misma energía que las α de calibración, registrándose simultáneamente ambos grupos sin necesidad de modificar los campos magnéticos de deflector y espectrógrafo durante el experimento. Mediante ligeras modificaciones del campo magnético del espectrógrafo puede definirse con precisión la curva de calibración en la misma región de las placas y que cubra al primer estado excitado de ^7Li y al base de ^{10}Be , este último obtenido por un proceso (d, p) en la misma sustancia ^9Be . Ejemplo de un espectro de estas reacciones se muestra en la Fig. 1 en donde simultáneamente se registraron los estados base de ^{11}B , ^{13}C , ^{14}N y ^{17}O como se indica con la correspondiente identificación de los grupos de partículas observados. Además se presentaron en la misma serie de placas, varios grupos de deuterones rebotados elásticamente de sustancias que forman el blanco, medición que se utiliza en todos los casos para corregir la magnitud de la energía incidente, de la que entre otras variables es función el valor Q .

Un análisis estadístico de 6 determinaciones de las reacciones en ^9Be sugerirían reportar desviaciones estándar en las Q_0 del orden de 1.5 KeV. Sin embargo, en los cierres de ciclos de masas nucleares, como se verá más adelante, al ligar éstos con otras reacciones nucleares, tales discrepancias resultan muy ambiciosas, no cubriendo errores ignorados de carácter absoluto. Por tal motivo los errores de estas reacciones no pretenden darse con mejor aproximación de unas 4 veces su desviación estándar y en general medidas efectuadas en este laboratorio nunca menores que el doble de la discrepancia mencionada. Los resultados de estas reacciones en comparación con otros estudios se han resumido en los renglones 4 y 5 de la tabla anexa.

Una vez reorientado el equipo y comprobada una mejoría de 5 y 3 KeV en las reacciones (d, α) y (d, p) en ^9Be ya descritas, respecto a las Q_m estimadas de tablas estadístico-experimentales de masas atómicas³, se procedió a repetir las mediciones en los núcleos ligeros, en los que las discrepancias eran máximas.

En la misma tabla puede corroborarse una disminución en la diferencia de las Q_0 , del orden de 19 KeV para las reacciones (d, p) en ${}^3\text{He}$ y (d, α) en ${}^6\text{Li}$, y de 33 KeV en ${}^7\text{Li}$ (p, α) , respecto a valores de masas nucleares. A pesar de eso las diferencias ascienden aún a varias veces los errores experimentales indicados.

Pyrex es un blanco que resulta sumamente útil en este tipo de estudios, sobre todo en lo que se refiere a la conveniencia de obtener bajo condiciones iguales⁶, valores Q_0 de varios elementos, lo que permite en conjunto mejorar la información debido a la cancelación de errores casuales⁷. Como puede verse en la Fig. 2, el bombardeo de esta muestra permitió además de observar algunos estados excitados, el registro simultáneo de los estados base de las siguientes reacciones: ${}^{10}\text{B}(d, \alpha){}^8\text{Be}$, ${}^{10}\text{B}(d, p){}^{11}\text{B}$, ${}^{11}\text{B}(d, \alpha){}^9\text{Be}$, ${}^{13}\text{C}(d, t){}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}(d, p){}^{14}\text{C}$, ${}^{23}\text{Na}(d, \alpha){}^{21}\text{Ne}$, ${}^{23}\text{Na}(d, p){}^{24}\text{Na}$ y ${}^{28}\text{Si}(d, p){}^{29}\text{Si}$.

Estos resultados, además de otras mediciones efectuadas en blancos de ${}^{14}\text{N}$ (melamina) también de valores Q_0 altos, se han resumido en la tabla adjunta.

Al comparar los valores Q_0 de este trabajo con los Q_m , se observan en general diferencias menores que las que tenían los mismos autores en 1960. Mientras las energías liberadas en las transiciones nucleares permanecen por abajo de los 10 MeV, puede decirse que la coincidencia entre valores Q_0 es perfecta, en cambio discrepan sistemáticamente por afuera de los errores experimentales en los casos en que son superiores a los 13 MeV. Esta es la razón por la que se sugiere la planimetría de los campos disperso y el de los polos del espectrógrafo, con el objeto de seguir la trayectoria real de las partículas.

CICLOS DE REACCIONES NUCLEARES

Es fácil comprobar, al efectuar análisis de ciclos cerrados entre masas nucleares, que la mejoría mencionada en los valores Q_0 respecto a los de Q_m es más aparente que real. En efecto, como puede apreciarse en la Fig. 3 en la que se ha correlacionado la información obtenida bajo condiciones experimentales distintas en lo que se refiere a blancos, campos magnéticos, etc. la situación no ha mejorado en conjunto.

En uno de los triángulos y en el paralelepípedo de transiciones que ligan a los isótopos de *He* y *Li*, existe una reducción en los residuos de la suma de Q_0 en el cierre, no así en el triángulo restante. Se ha incluido en el caso de faltar únicamente un valor para cerrar los ciclos, mediciones efectuadas en 1960 por este laboratorio, indicadas en la misma Fig. 3 con línea entrecortada. Entre *Be* y *B* los resultados empeoran aunque se mantienen muy próximos a los establecidos en 1960. En la región Carbono-Nitrógeno, los residuos al cerrar los ciclos son peores en todos los casos aumentando los errores casi al doble que los del último reporte de este grupo¹. Ligas originadas en los núcleos ^{15}N , ^{18}O , ^{20}Ne y ^{22}Ne han sido tomadas de medidas recientes publicadas en el artículo que le sigue a éste en el mismo número de la revista⁸. Aparece una ligera mejoría al comparar el triángulo entre *Ne* y *Na* respecto a la información de que se disponía.

Resulta un buen juicio crítico el análisis, al usar de ligas entre transiciones nucleares, cerrando ciclos de distintos experimentos; éste más bien sugiere la idea que bajo las condiciones actuales de operación del equipo, se ha alcanzado un límite de precisión y solamente de un orden de magnitud superior a la energía producida por movilidad térmica molecular de las sustancias en el blanco⁹. Las condiciones necesarias para lograr una mejoría en la precisión de las reacciones, requiere de cuidados especiales en: la preparación de blancos extremadamente delgados, la gran estabilidad necesaria en exposiciones prolongadas, la manera de operar los campos magnéticos, el conteo de trazos y la medida precisa de sus distancias compitiendo con deformaciones de las emulsiones nucleares, etc.; su ejecución sería bastante más lenta y quizá no se alcanzara ya una mejoría radical en la precisión de las medidas.

Trabajo presentado en el congreso conjunto entre la American Physical Society y la Sociedad Mexicana de Física, en la Ciudad de México, en junio de 1961.

AGRADECIMIENTOS

Es muy apreciada la colaboración en todos los aspectos experimentales de estos trabajos de los Sres. Luis y Francisco Velázquez quienes tienen a su cargo

el Acelerador Van de Graaff, así como de las Sritas. Edda Osalde y Sylvia Castillo, que realizaron el paciente escrutinio de las placas nucleares al microscopio.

REFERENCIAS

- 1 Mazari, Domínguez, Jáidar, Rickards, Alba, López y Ortiz de López . Nuclidic Masses, University of Toronto Press. H. Duckworth, edit. pág. 276 (1960).
- 2 Artículos publicados por el Laboratorio de Alto Voltaje del MIT (1948 a 1960) y comunicación personal con W.W. Buechner y A. Sperduto.
- 3 Everling, König, Mattauch y Wapstra. Nucl. Phys. 15, 342 (1960).
- 4 W.W. Buechner. Nuclidic Masses, University of Toronto Press. H. Duckworth, edit. pág. 271 (1960).
- 5 Wapstra, Nijgh y Van Lieshout, Nuclear Spectroscopy Tables, North Holland, pág. 128 (1959).
- 6 Nier, Quisenberry y Scolman. Nuclear Masses and their Determination, Pergamon Press. Hintenberger, edit. pág. 53 (1957).
- 7 W.W. Buechner. Nuclear Masses and their Determination, Pergamon Pres. Hintenberger, edit. pág. 89 (1957).
- 8 G. López y O. Almén. Rev. Mex. Fís. 4, 239 (1961).
- 9 H.A. Enge. Universitetet i Bergen, Noruega. Tesis (1954).

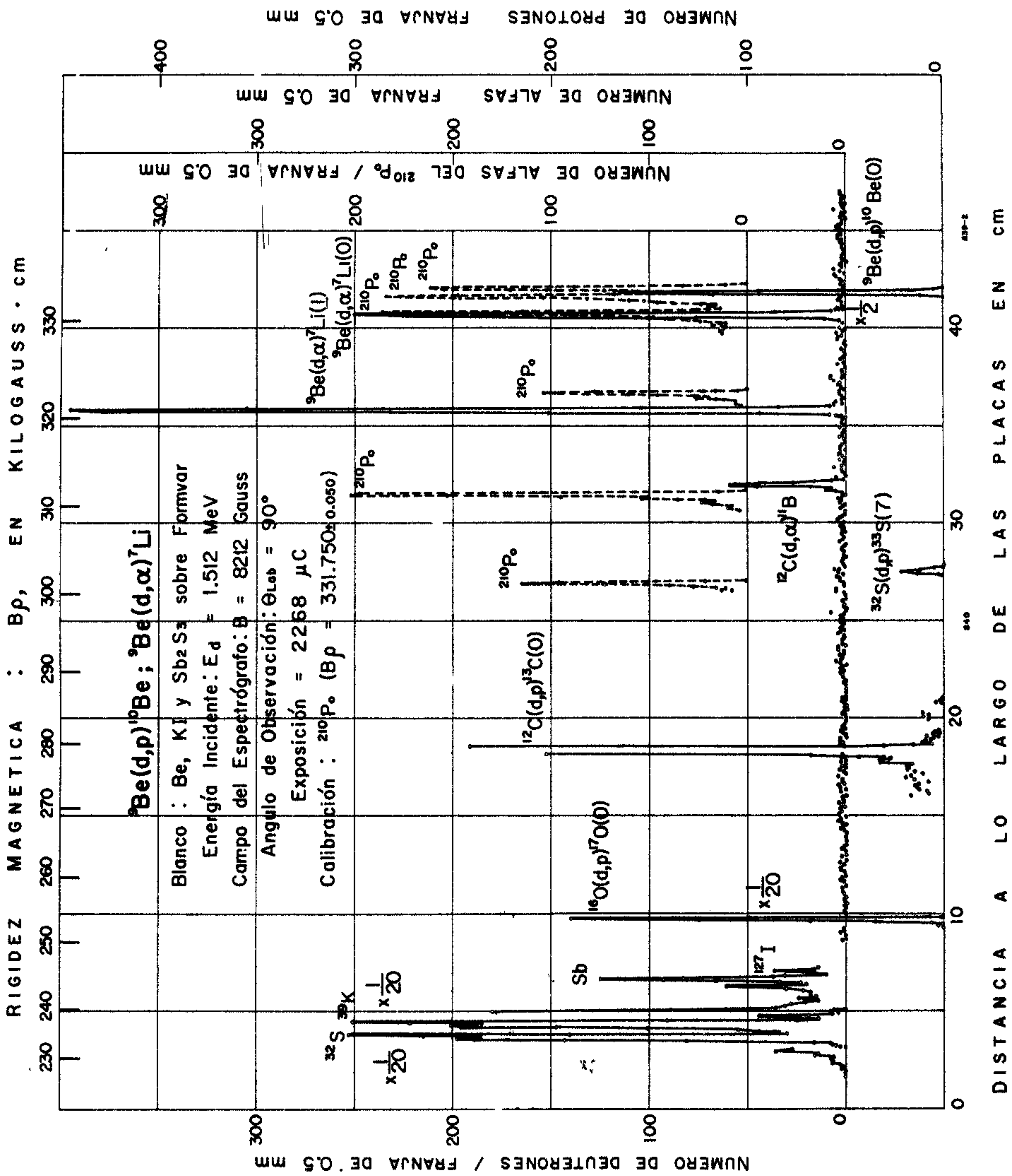


Fig.1

REMEDIACION DE VALORES Q_0 (1961)

RE ACCION	$Q_m^{(3)}$ (MeV)	QMIT ⁽²⁾ (MeV)	QUNAM ⁽¹⁾ (1960) (MeV)	QUNAM (1961) (MeV)	QUNAM - Q_m	
					1960	1961
^3He (d,p) ^4He	18.352	18.377	18.434 ± 0.010	18.415 ± 0.010	+82 KeV	+63 KeV
^6Li (d,α) ^4He	22.375	—	22.431 ± 0.010	22.413 ± 0.012	+56 "	+38 "
^7Li (p,α) ^4He	17.347	17.357 ± 0.014	17.406 ± 0.030	17.373 ± 0.006	+59 "	+26 "
^9Be (d,α) ^7Li	7.153	7.157 ± 0.008	7.164 ± 0.012	7.159 ± 0.008	+11 "	+6 "
^9Be (d,p) ^{10}Be	4.590	4.590 ± 0.009	4.596 ± 0.012	4.595 ± 0.005	+8 "	+5 "
^{10}B (d,α) ^8Be	17.616	—	17.850 ± 0.006	17.846 ± 0.006	+32 "	+28 "
^{11}B (d,α) ^9Be	8.026	8.023 ± 0.010	8.036 ± 0.009	8.035 ± 0.006	+6 "	+7 "
^{10}B (d,p) ^{11}B	9.231	9.244 ± 0.011	9.241 ± 0.006	9.234 ± 0.006	+10 "	+3 "
^{12}C (d,t) ^{12}C	1.310	1.311 ± 0.006	1.317 ± 0.005	1.311 ± 0.006	+7 "	+1 "
^{12}C (d,p) ^{14}C	5.951	5.942 ± 0.010	5.966 ± 0.015	5.951 ± 0.010	+17 "	0 "
^{14}N (d,α) ^{12}C	13.574	13.566 ± 0.012	13.594 ± 0.005	13.591 ± 0.006	+20 "	+17 "
^{14}N (d,p) ^{15}N	6.609	6.623 ± 0.010	6.615 ± 0.010	6.614 ± 0.006	+6 "	+5 "
^{16}O (d,α) ^{14}N	3.111	3.111 ± 0.006	3.106 ± 0.008	3.110 ± 0.006	+3 "	-1 "
^{20}Ne (d,α) ^{21}Ne	6.913	6.906 ± 0.010	6.907 ± 0.012	6.911 ± 0.009	-6 "	-2 "
^{20}Ne (d,p) ^{21}Ne	4.734	4.736 ± 0.007	4.731 ± 0.009	4.736 ± 0.005	-3 "	+2 "
^{28}Si (d,p) ^{28}Si	6.253	6.252 ± 0.010	6.254 ± 0.015	6.252 ± 0.010	+1 "	-1 "

REFERENCIAS: 3 - Everling, et. al. Nuclear Physics, **15**, 342 (1960).

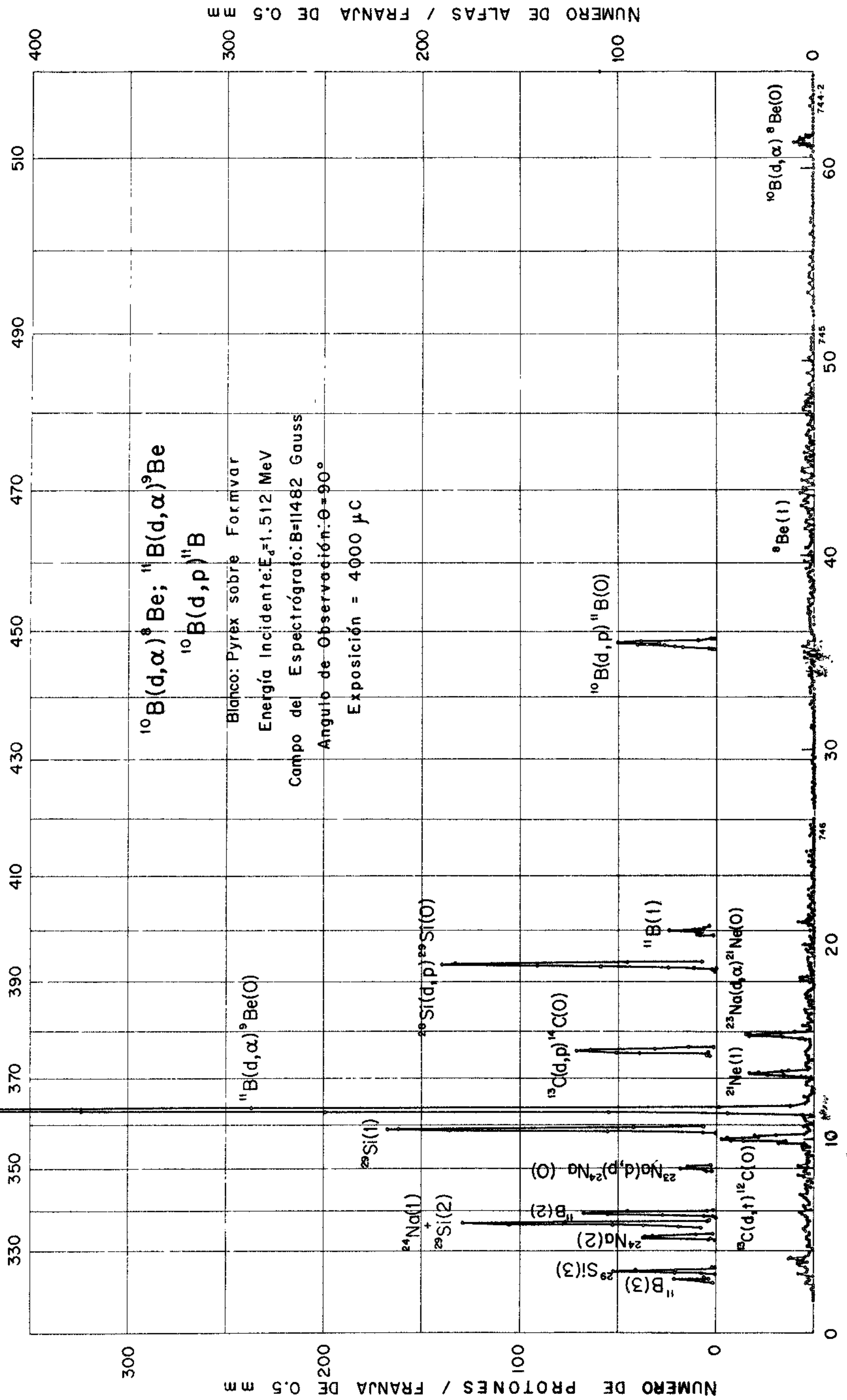
2 - De varios articulos publicados por el Laboratorio de Alto Voltaje del MIT. (1948 a 1960).

y comunicaciones personales con W.W. Buechner y A. Sperduto.

1 - Mazari, et. al. Proceedings of the International Conference on Nuclidic Masses.

H.E. Duckworth. 276, (1960).

RIGIDEZ MAGNETICA : Bp, EN KILOGAUSS · cm



DISTANCIA A LO LARGO DE LAS PLACAS EN CM

Fig.2

COMPARACION DE CICLOS DE REACCIONES NUCLEARES
DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

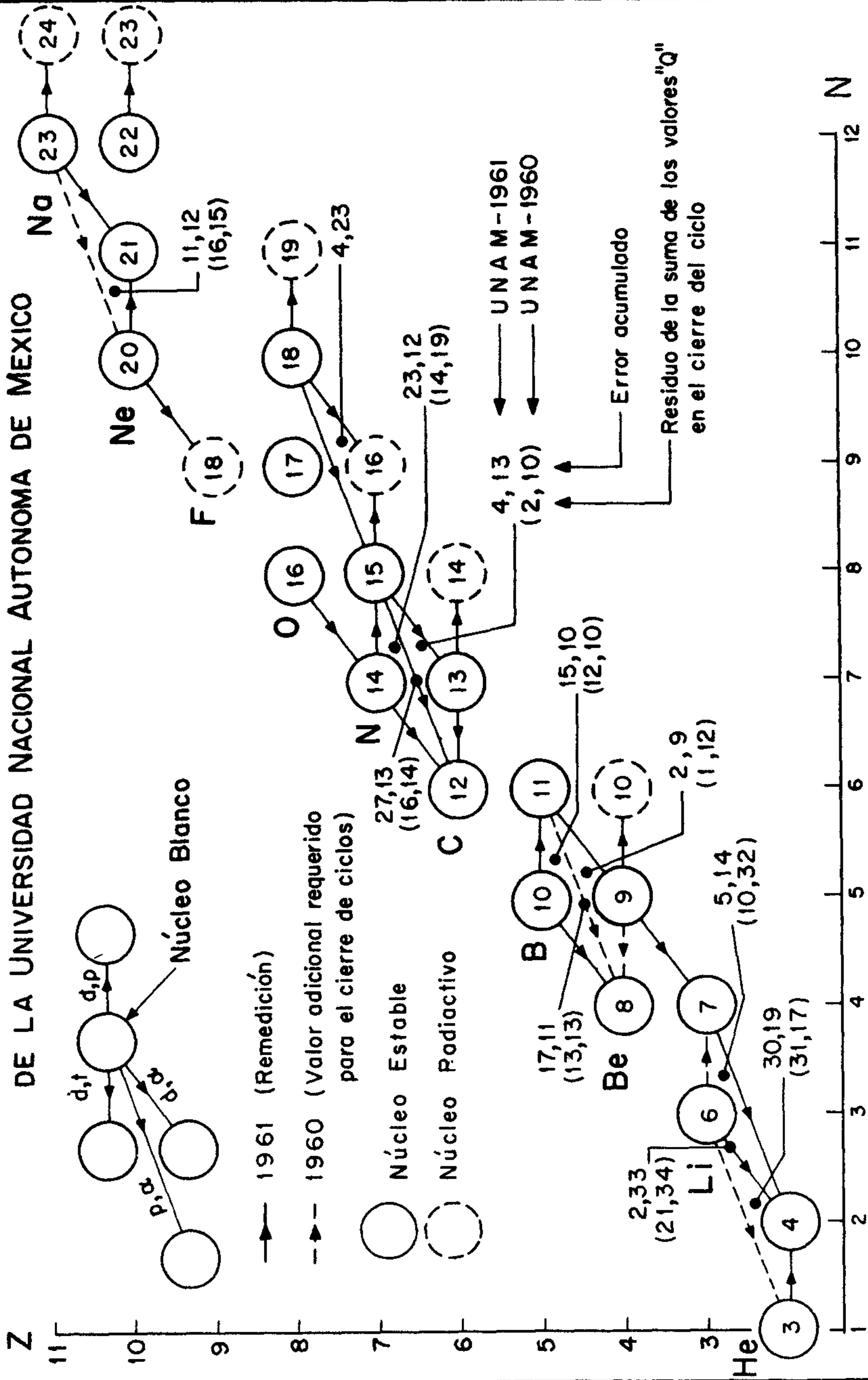


Fig. 3