

DETERMINACION DE LAS ENERGIAS DE EXCITACION DE LOS
NUCLEOS LIGEROS Y LOS PRIMEROS INTERMEDIOS
A TRAVES DE REACCIONES (d, p) y (d, α)

A. Jáidar*, G. López, M. Mazari** y R. Domínguez

Laboratorios Van de Graaff, Instituto de Física

Universidad Nacional de México

(Recibido: 13 de Julio, 1961)

RESUMEN

In the systematic study of Q-value measurements for accurate mass determination purposes undertaken by the group at UNAM, using a Van de Graaff and a broad-range magnetic spectrograph technique, a good number of particle groups corresponding to excited states of nuclei appeared in the surveyed region.

Usual targets consisted of evaporated substances at high vacuum on Formvar films. Special gas embedded targets in metallic backings such as ^{15}N , ^{18}O , ^{20}Ne

*Facultad de Ciencias, UNAM. Gran parte de este estudio fué desarrollado como tema de tesis para obtener el título de Física .

**Subsidiario del Instituto Nacional de la Investigación Científica.

and ^{22}Ne were kindly prepared by electromagnetic separation at Chalmers Tekniska Högskola, in Sweden.

The analysis of this information confirmed in most cases, within the experimental errors, the excitation energies of previously reported levels. The following list shows a set of residual nuclei where excited states appeared through (d, p) and (d, α) reactions: ^7Li , ^{11}B , ^{12}B , ^{12}C , ^{13}C , ^{14}C , ^{15}N , ^{16}N , ^{17}O , ^{19}O , ^{20}F , ^{21}Ne , ^{23}Ne , ^{24}Na , ^{25}Mg , ^{26}Mg , ^{27}Mg , ^{28}Al , ^{29}Si , ^{30}Si , ^{31}Si , ^{30}P , ^{33}S y ^{40}K .

The detailed study of the higher excitation region (from 3.9 to 5.5 MeV) of ^{25}Mg confirmed three doubtful reported levels and showed the appearance of six new ones; the precision has been considerably improved for another set of six levels in the same region.

Comparison with results of previous work is given in tables at the end of the paper.

INTRODUCCION

Los valores de masas atómicas o nucleares obtenidos a partir de mediciones con espectrómetros de masa y reacciones nucleares diferían notablemente todavía en 1956, bastante por afuera de los errores experimentales. Varios investigadores disponiendo de medidas no muy precisas o pocas determinaciones, dificultaban su comparación, resultando una ambigüedad básica entre los distintos métodos¹.

Para aclarar la situación grupos de Minnesota y M.I.T. instados por el profesor Nier propusieron medir sistemáticamente bajo condiciones similares¹, por un lado, el valor de las masas y por otro, valores Q_0 de transiciones nucleares.

En un estudio inicial, un buen número de ligas energéticas Q_0 entre reacciones nucleares en los núcleos ligeros y principio de los intermedios, fueron medidas sin observarse un cambio radical con estudios anteriores de reacciones nucleares^{2,3,4,5}.

Al analizar las exposiciones efectuadas para obtener valores Q_0 , trabajos efectuados por el grupo de investigadores de los Laboratorios Van de Graaff de la U N A M³, se encontró una importante cantidad de estados excitados (vease Fig.1)

proporcionando su análisis una amplia información sobre niveles nucleares, la que comparada con estudios anteriores confirma en general resultados antes observados, arroja valores por afuera de los errores experimentales en algunos casos, y en otros aparecen niveles no observados con anterioridad.

Se han inducido artificialmente reacciones nucleares (d, p) , (d, α) y (p, α) usando un acelerador electrostático Van de Graaff, analizándose los grupos de partículas correspondientes a estados excitados en un espectrógrafo magnético de gran resolución y amplio alcance de los siguientes núcleos residuales: ${}^7\text{Li}$, ${}^{11}\text{B}$, ${}^{12}\text{B}$, ${}^{12}\text{C}$, ${}^{13}\text{C}$, ${}^{14}\text{C}$, ${}^{15}\text{N}$, ${}^{16}\text{N}$, ${}^{17}\text{O}$, ${}^{19}\text{O}$, ${}^{20}\text{F}$, ${}^{21}\text{Ne}$, ${}^{23}\text{Ne}$, ${}^{24}\text{Na}$, ${}^{25}\text{Mg}$, ${}^{26}\text{Mg}$, ${}^{27}\text{Mg}$, ${}^{28}\text{Al}$, ${}^{29}\text{Si}$, ${}^{30}\text{Si}$, ${}^{31}\text{Si}$, ${}^{30}\text{P}$, ${}^{33}\text{S}$ y ${}^{40}\text{K}$. Los procesos (p, α) no proporcionaron información referente a estados excitados.

METODO EXPERIMENTAL

1.- Equipo y cálculo de valores Q .

Para este trabajo se ha utilizado el acelerador Van de Graaff de 2 MeV del Instituto de Física para provocar las reacciones nucleares como ya se indicó, y un espectrógrafo magnético de amplio alcance y gran resolución⁶, para realizar tanto la comprobación de la energía incidente a partir de grupos de deuterones y protones dispersados elásticamente por la muestra, así como los productos de las reacciones nucleares, midiéndose las energías de las partículas alfa y protones emergentes correspondientes tanto a estados base como a excitados.

El ángulo de observación fué en la mayoría de los casos de 90° respecto a la dirección del haz incidente, aunque en algunas ocasiones se varió a 70° y 110° cuando era necesario confirmar o identificar el valor Q perteneciente a algún estado excitado; esto último se hizo cuando existían impurezas que oscurecían las resonancias o bien cuando se trataba de establecer unívocamente un nuevo nivel. Variando el ángulo de observación se facilita la identificación debido a que se produce un corrimiento de la posición relativa de los grupos de partículas, según sea mayor o menor la masa del núcleo afectado. Este fenómeno puede observarse en la Fig. 2 en donde el corrimiento de ${}^{17}\text{O}$ respecto a los de ${}^{25}\text{Mg}$ es evidente. Una vez que se ha hecho incidir suficientemente al haz sobre la muestra y regis-

trado los productos de las reacciones en las placas nucleares montadas dentro de la cámara fotográfica del espectrógrafo, se procede a revelarlas y a escudriñarlas al microscopio, distinguiendo principalmente entre protones, deuterones y partículas alfa con facilidad, debido a la distinta longitud y grueso de los trazos que éstas dejan.

Una vez fijada la distancia D establecida a la tercera parte de la altura del lado de mayor energía⁷ en cada grupo de partículas, puede obtenerse el radio de curvatura ρ que siguió el ión en el campo magnético del espectrógrafo a partir de una tabla de calibración que liga a ρ con D , efectuada por comparación con las energías de las partículas alfa que emite el ^{210}Po . El campo B se mide en el deflector magnético y en el espectrógrafo con flúxmetros de resonancia magnética nuclear.

Usando las tablas, rigidez magnética ($B \rho$) vs energía (E), preparadas por H. Enge⁸ se obtiene directamente el valor de las energías de las partículas incidente y emergente de la reacción nuclear así como de la rebotada elásticamente. Estas cantidades substituidas en la siguiente fórmula, determinan el valor Q tanto para estados base como para excitados de reacciones nucleares, o sea la energía liberada o absorbida en cada proceso; en el caso de los elásticos el valor Q es nulo.

$$Q = \frac{M_r + M_s}{M_r} E_s - 2 \frac{\sqrt{M_e M_s E_e E_s}}{M_r} \cos \theta - \frac{M_r - M_e}{M_r} E_e + \delta_r .$$

El significado de las literales es el siguiente:

M_r = Masa del núcleo residual;

M_s = Masa de la partícula saliente;

M_e = Masa de la partícula entrante;

E_s = Energía de la partícula saliente;

E_e = Energía de la partícula entrante;

θ = Angulo de observación en el sistema de laboratorio;

δ_r = Corrección relativista, en la mayoría de los casos muy pequeña.

2.- Preparación de blancos.

Los blancos usados en este trabajo a excepción hecha de ^{15}N , ^{18}O , ^{20}Ne y ^{22}Ne fueron preparados según la siguiente técnica; primeramente se construyen aros de alambre de cobre que sirven de soporte a una película delgada de plástico. La película se forma disolviendo aproximadamente 1 gr de Formvar (C - 59%, O - 33%, H - 7%, N + S + impurezas - 1%) en 100 cm³ de dicloroetano (impurezas como Cl, Na, Ca, K, etc. provienen generalmente del agua en que se preparan los soportes, aunque ésta sea destilada). Esta solución se vierte en pequeñas gotas sobre agua destilada, extendiéndose en la superficie el plástico y permitiendo la evaporación rápida del solvente.

La película delgada que forma el Formvar sobre el agua puede recogerse, pudiendo repetirse el proceso 1, 2 ó más veces según se necesite reforzar el blanco. Los espesores normalmente usados son aproximadamente de 200 Å y casi nunca mayores de 1 000 Å.

Una vez que se cuenta con un número suficiente de anillos conteniendo al Formvar se procede a depositar por evaporación la sustancia que se va a estudiar. Tal evaporación se realiza en una cámara evacuada por lo menos a una presión de 10^{-4} mm de Hg. Una vez introducido el filamento o un bote metálico, generalmente de tantalio, con la sustancia por evaporar y un soporte deteniendo al mayor número de blancos posible en la cámara de evaporación, de tal manera que éstos muestren sus caras hacia el filamento, se evacúa y se hace pasar una corriente intensa para calentar hasta fundir y evaporar la muestra, depositándose ésta sobre el Formvar. Algunas sustancias se evaporan antes de llegar a fundirse. Debido a la diferencia en distancia entre el filamento y cada uno de los blancos, se obtienen diferentes espesores, apreciables a ojo. Las pérdidas de energía de las partículas son muy sensibles a variaciones pequeñas del espesor del blanco, notándose esto en las anchuras de los niveles espectrales. Debe tenerse cuidado de colocar vidrios en la parte posterior de los blancos durante la evaporación, pues en algunos casos se han registrado espectros dobles o corrimiento de niveles debido a la sustancia que por rebote se deposita en la parte trasera de los blancos.

Debido a la excesiva fragilidad de algunos blancos fué necesario reforzarlos, evaporando en un lado de la capa de Formvar, primero oro para hacerla conduc-

tora evitando descargas eléctricas en él, y en el otro la sustancia en estudio. No conviene aumentar mucho el grueso de Formvar para lograr mayor resistencia, pues se tiene la inconveniencia al usar blancos reforzados con más capas del plástico, de incrementar la cantidad de contaminantes tales como O , N , C , H , ensanchando los picos correspondientes por un lado y por otro aumentando inútilmente la cantidad de calor, debido a la mayor pérdida de energía de las partículas que lo atraviesan. Usando sólo Formvar, pudieron observarse reacciones en ^{12}C , ^{13}C , ^{14}N y ^{16}O . Los blancos montados en un sistema impulsado por un motor que los hace girar, fueron expuestos a los proyectiles. El haz golpea así diferentes lugares del blanco sucesivamente, dando tiempo con ésto, a una mayor difusión de calor, prolongándoseles de esta manera su vida útil. Para aumentar aún más la difusión de calor y disminuir en lo posible la colección de impurezas del sistema en las superficies de interés, efecto que hace variar los resultados notablemente, de existir estos contaminantes, se construyó una trampa de aire líquido en la cámara de blancos próxima al lugar de bombardeo, creando así un gradiente térmico importante frente al blanco.

Alguna información referente a la preparación de blancos puede ser útil⁹.

Las sustancias que necesitaron mayor temperatura para evaporarse fueron berilio metálico, Pyrex y magnesio metálico, compuestos que se usaron para preparar los blancos de 9Be , ^{10}B , ^{11}B y $^{24,25,26}Mg$. Con Be se tomaron ciertas precauciones debido a que los vapores o polvo desprendidos de este elemento son extremadamente venenosos. Se intentó el ácido bórico cuando se buscaban reacciones con ^{10}B y ^{11}B pero se obtuvieron mejores resultados de estos elementos usando Pyrex. Esta última sustancia fué útil en la obtención de espectros de ^{21}Ne , ^{24}Na , ^{29}Si , además de los usuales de C y O simultáneamente a los de boro.

El magnesio metálico de que se dispuso contiene una proporción de 99.99% de este metal, 0.003% de Fe , 0.0002 de Mn y 0.003 de Pb . Se produjeron manchas en la superficie después de su evaporación, posiblemente debido a una oxidación rápida del metal en el medio ambiente.

Para el caso de acetato de litio y acetato de sodio, fué necesario subir lentamente la temperatura pues de lo contrario la muestra brincaba del bote en peque-

ños grumos perforando muchas veces a la película de Formvar. Con estas sustancias se prepararon los blancos de ${}^7\text{Li}$ y ${}^{23}\text{Na}$; además se fabricaron algunos blancos de este último elemento a partir de ioduro de sodio.

Para ${}^6\text{Li}$ se usó litio metálico enriquecido depositándose simultáneamente sobre Formvar y láminas de tantalio. Melamina fué evaporada sobre Formvar para lograr blancos delgados de ${}^{14}\text{N}$; aluminio metálico (99.99%) fué evaporado para formar los blancos de ${}^{27}\text{Al}$; silicio metálico (99.48%) con 0.52% de impurezas de Fe , se empleó en la preparación de blancos de ${}^{28}\text{Si}$, ${}^{29}\text{Si}$ y ${}^{30}\text{Si}$; con sulfuro de antimonio se prepararon los de ${}^{32}\text{S}$ y usando ioduro de potasio los de ${}^{39}\text{K}$. No ha sido posible la preparación de un blanco adecuado de P .

Como se hizo notar anteriormente los blancos de ${}^{15}\text{N}$, ${}^{18}\text{O}$, ${}^{20}\text{Ne}$, ${}^{22}\text{Ne}$, ${}^{38}\text{Ar}$ y ${}^{42}\text{Ar}$, fueron contruidos por O. Almén en la Escuela Superior Técnica de Chalmers, en Suecia⁵. En su separador magnético, aceleró estos elementos contra láminas de Ta y Mo , quedando los gases ocluidos en el metal y próximos a su superficie. En aquellas reacciones en las que las partículas emergentes quedaron por arriba de las elásticas, fué posible observar transiciones a estados base y excitados, valores que se reportan en este trabajo. Hubo necesidad de construir un soporte especial para este tipo de blancos, los que fueron refrigerados mediante agua corriente en contacto con la misma lámina que los contiene. Las observaciones se hicieron obviamente sólo por reflexión.

RESUMEN DE RESULTADOS

Para facilitar la presentación de los valores obtenidos en lo referente a niveles de excitación, éstos se muestran en forma de tablas, en las cuales las columnas indican sucesivamente: la reacción de que se trata, el valor correspondiente a la Q del estado base, el número ordinal del nivel, el número de determinaciones, la intensidad relativa de los niveles con respecto al estado base en exposiciones efectuadas solamente a 90° para energías entre 1.5 y 1.8 MeV excepto para el caso de la región de más alta excitación de ${}^{25}\text{Mg}$, la que se comparó respecto al nivel 10. En las siguientes columnas se contrastan las energías de excitación determinadas en este trabajo con las obtenidas por otros investigadores. El hecho

de que en algunos casos los errores de la información antes publicada bajo la columna de "otros" sean menores que los de investigadores individuales, se debe a que se trata de promedios pesados. En seguida se muestra una comparación gráfica individual de los valores, incluyendo los errores experimentales propuestos (cruces de línea continua). Únicamente se hace referencia a información con precisión comparable a la de los resultados actuales.

En el extremo derecho se han construido los diagramas completos correspondientes a los núcleos residuales, indicando la escala de dichas representaciones. Cuando a través de otro tipo de reacción ha sido posible, por el mismo grupo de la UNAM, lograr estados excitados del mismo núcleo residual, éstos han sido indicados con cruces punteadas superpuestas a las de línea continua, antes mencionadas.

Aunque las tablas contienen toda la información, son pertinentes algunos comentarios.

1.- Espectro de ${}^7\text{Li}$.

Para el caso del primer estado excitado de ${}^7\text{Li}$ por ejemplo, obtenido a través de las reacciones ${}^6\text{Li}(d, p){}^7\text{Li}$ y ${}^9\text{Be}(d, \alpha){}^7\text{Li}$, puede verse en la tabla I la indicación de la doble cruz, caso en el que es notable la buena concordancia con los datos de Thomas y Lauritsen¹⁰, Buechner y coautores¹¹ y Collins y coautores¹², resumidos por Ajzenberg y Lauritsen¹³. Por simplicidad, en adelante se tratará de indicar principalmente las referencias que tomen en cuenta promedios pesados de varios investigadores como lo es la referencia (13)

2.- Espectro de ${}^{11}\text{B}$.

Los valores correspondientes a los estados excitados de ${}^{11}\text{B}$ a través de la reacción (d, p) han sido resumidos en la tabla II. En general, como se puede observar, la concordancia también es buena en este caso salvo para los niveles 2 y 3 donde se encontró una diferencia de 10 y 12 KeV, respectivamente.

Los valores actuales se han comparado con los promediados de Van Patter, Buechner y Sperduto, obtenidos en 1951 y los de Elkind en 1953 (ver ref. (13) pág. 100).

Los niveles 4, 5, 6, y 7 quedaron cubiertos por impurezas de intensa emisión como son los estados base de carbono y oxígeno.

Salvo algunas excepciones, en las que se sugerían nuevos* niveles, en la mayoría de los casos como lo es en éste, no se pretendieron explorar regiones de excitación conocidas mediante observaciones a distintos ángulos.

3.- Espectro de ^{12}B .

En la reacción $^{11}\text{B}(d, p)^{12}\text{B}$ solamente el primer nivel fué observado (tabla III). El valor obtenido en este trabajo resultó 5 KeV arriba del reportado por Buechner, Van Patter, Strait y Sperduto (ref. (13) pág. 114).

4.- Espectro de ^{12}C .

Tres niveles de ^{12}C se produjeron en la reacción $^{14}\text{N}(d, \alpha)^{12}\text{C}$ (tabla IV) usando preferentemente blancos de melamina, quedando 14 KeV más alto el primer nivel, 13 el segundo y 4 KeV por abajo el tercero, respecto de los valores medios antes reportados (consúltese pág. 134, de la ref. (13)).

5.- Espectro de ^{13}C .

La identificación del primer nivel excitado en ^{13}C se logró por dos procesos distintos, $^{12}\text{C}(d, p)^{13}\text{C}$ (tabla V) y $^{15}\text{N}(d, \alpha)^{13}\text{C}$ (tabla VI), el segundo nivel observado simultáneamente con el estado base solamente en la segunda reacción mencionada. La mayor pérdida de energía de las partículas alfa en el blanco se dejó sentir en el corrimiento y en la reproducibilidad de las medidas notablemente, como se comprueba al observar los errores experimentales. Son muy semejantes los valores de E_x obtenidos con reacciones (d, p) tanto por Sperduto en MIT (ref. (13) pág. 146) como por la UNAM. Para este primer nivel la consistencia entre los valores UNAM por ambos procedimientos mencionados es satisfactoria; no resulta así con los resultados de Malm y Buechner (ref. (13) pág. 149), donde la diferencia con el trabajo actual en reacciones (d, α) es de 17 KeV.

6.- Espectro de ^{14}C .

Aún habiéndose presentado tanto por el grupo del MIT (Sperduto y coautores, ref. 13) pág. 158), como por el de la UNAM, errores relativamente altos del

estado excitado de ^{14}C alrededor de los 6.1 MeV, la discrepancia entre ambos valores es notable como se observa en la tabla VII. Mientras los errores son de 10 y 12 KeV respectivamente, la diferencia entre las energías de excitación es de 21 KeV.

7.- Espectro de ^{15}N .

En la tabla VIII se han alistado los valores de los niveles 1, 2, 4 y 5 correspondientes al núcleo residual ^{15}N , determinados por reacciones (d, p) también en melamina. La concordancia entre los tres primeros niveles es perfecta, el quinto sin embargo es 8 KeV menor que la medida de Malm y Buechner (ref. (13) pág. 190). Existe sin embargo un ligero traslape de los errores experimentales en este último caso. Se ha preferido comparar los resultados de esta investigación con los obtenidos por MIT en 1950, puesto que observaciones más recientes (1954) por el mismo grupo, difieren notablemente de las primeras como puede estimarse fácilmente a partir de los datos de la misma referencia.

En las tablas se menciona brevemente la causa por la que algunos niveles no fueron observados. En estas reacciones el tercer estado excitado no fué estudiado especialmente, pues cuando se buscaba el estado base, sólo se exploraba la zona que comprendía a los niveles 1 y 2 usando de un campo magnético. Al exponer elásticos con fines de corregir la energía del proyectil incidente, los niveles 4 y 5 cayeron dentro de la zona explorada.

8.- Espectro de ^{16}N .

Usando de blancos de gas ^{15}N ocluido en metal, preparados por O. Almén en Suecia, se midieron tres estados de muy baja energía de excitación en ^{16}N . No podía esperarse mejor correspondencia que la mostrada en la tabla IX, entre los resultados actuales y los de Warburton y McGruer (ref. (13) pág. 203).

9.- Espectro de ^{17}O .

En estudios de distribuciones angulares y empleando blancos extremadamente delgados de Formvar, fué posible medir a 12 distintos ángulos y a varias energías incidentes el estado base y el primer excitado de ^{17}O simultáneamente. 871 KeV

parece por todos conceptos un valor bastante bien establecido para $^{17}\text{O}(1)$, como aparece en la tabla X y en la ref. (13) pág. 228. El número de observaciones indicado excluye determinaciones en las que la reacción se produjo atrás de los blancos empleados, confirmándose en repetidas ocasiones corrimientos de los valores Q por esa causa.

Espectros de ^{17}O con mayores energías de excitación así como de ^{20}F han sido publicados con anterioridad por este laboratorio (J. Rickards. Rev. Méx. Fís. 9, 35 (1960)).

10.- Espectro de ^{19}O .

Solamente un nivel con una energía de excitación a los 96 KeV (tabla XI) fué corroborado, con una pequeña mejoría en el posible error experimental (ref.(13) pág. 251). También en este caso el blanco fué del tipo de gas ocluido en tantalio preparado en un separador magnético de isótopos, en Suecia.

11.- Espectro de ^{21}Ne .

Reacciones $^{20}\text{Ne}(d, p)^{21}\text{Ne}$ en blancos del tipo de gas ocluido en metal y $^{23}\text{Na}(d, \alpha)^{21}\text{Ne}$ en blancos sumamente delgados de acetato de sodio preparados por evaporación al vacío, proporcionan buena información de los niveles en ^{21}Ne . La concordancia de los resultados obtenidos en la UNAM por ambos procesos resultó bastante consistente, al igual que la comparación con los valores publicados recientemente por Freeman¹⁴, estudio en el que empleó Neón gaseoso confinado por membranas delgadas de Formvar, en la cámara de blancos del MIT.

Salvo pequeños corrimientos de algunos niveles (véanse tablas XII y XIV) las diferencias cayeron siempre dentro de los errores experimentales; la posibilidad de no haber resuelto el cuarto nivel de las reacciones (d, p) se debió a que el blanco sueco de gas ocluido resultó relativamente grueso, o bien el estado excitado poco intenso.

Se ilustra la resolución media alcanzada ($\frac{E}{\Delta E} = 450$) en un espectro de $^{23}\text{Na}(d, \alpha)^{21}\text{Ne}$, representado en la Fig. 3, en donde la semianchura de grupos de partículas alfa fué de unos 11 KeV. Los grupos correspondientes a estados exci-

tados de ^{21}Ne han sido enumerados en dicha figura. Los debidos a otras reacciones se indican con todo detalle.

12.- Espectro de ^{23}Ne .

En la tabla XIII se han presentado las energías de los cuatro niveles observados en la reacción $^{22}\text{Ne}(d, p)^{23}\text{Ne}$. El blanco usado para este estudio fué preparado como ya se indicó por O. Almén. La concordancia con los valores de Freeman¹⁴ es aceptable.

13.- Espectro de ^{27}Mg .

En exposiciones de blancos de magnesio metálico natural, sólo se observó entre otros de ^{25}Mg y ^{26}Mg , el primer nivel del núcleo residual ^{27}Mg , con un valor 9 KeV abajo del reportado por Endt y Braams (ref. (15) pág. 700); la precisión resultó algo pobre, ± 12 KeV (véase tabla XV).

14.- Espectro de ^{24}Na .

Con discrepancias en general menores (6KeV) que los errores experimentales propuestos tanto por Sperduto (ref. (15) pág. 689) como por UNAM, dos regiones del espectro de ^{24}Na han sido exploradas utilizando deuterones incidentes en ^{23}Na y observando los grupos de protones emergentes de esta substancia (ver tabla XVI).

Los primeros cinco niveles ocurrieron y fueron registrados en el espectrógrafo simultáneamente con el estado base; el sexto nivel quedó localizado muy próximo a una impureza de carbono siendo difícil fijar satisfactoriamente su posición. El segundo grupo comprende a los niveles 12, 16 y 17, los que fueron observados esporádicamente en exposiciones efectuadas con blancos de Pyrex.

Debido probablemente a la poca cantidad de sodio en el blanco, los niveles faltantes de la lista no resultaron suficientemente intensos, confundiéndose con el fondo. Para la zona de mayor energía de excitación, se requirieron campos magnéticos tales, que el estado base de la reacción en cuestión no se localizaba en la zona de las placas nucleares. Por lo tanto no se incluye la intensidad relativa de estos niveles, ya que no ocurrieron simultáneamente con el estado base.

15.- Espéctro de ^{25}Mg .

Este núcleo ha sido estudiado por procesos (d, α) en ^{27}Al y (d, p) en blancos de magnesio natural. En el primer tipo de mecanismo indicado y resumido en la tabla XVII, los primeros ocho niveles quedaron registrados simultáneamente con el estado base, no pudiéndose resolver en este trabajo el doblete recientemente reportado por Hinds, Middleton y Litherland¹⁶, alrededor de los 3.4 MeV de excitación. Para ser comparables las energías de excitación de estados ligados en ^{25}Mg y obtenidos por reacciones $^{27}\text{Al}(d, \alpha)^{25}\text{Mg}$, los resultados se comparan con los de H. Enge (ref. (15) pág. 694), investigados con la misma reacción. Puede notarse en la tabla XVII una perfecta concordancia para los dos primeros niveles; para $E_x > 1$ MeV las energías de excitación de UNAM crecen con respecto a las de Enge, alcanzando 24 KeV de diferencia por los 2.8 MeV. Las cruces punteadas que en este caso representan los resultados de reacciones $^{24}\text{Mg}(d, p)^{25}\text{Mg}$ del mismo grupo de la UNAM, confirman con mejor aproximación los valores actuales.

Analizando espectros provenientes de procesos (d, p) en blancos de Pyrex, aparecieron ciertos grupos de partículas que no correspondían a ningún nivel excitado, proveniente de las sustancias presentes en este compuesto. Debido a que el blanco contiene una pequeña cantidad de magnesio y alguno de los valores E_x se acercaba a uno de los estados excitados reportados por Khromchenko¹⁷ se decidió estudiar con más detalle y a varios ángulos, la región de mayor excitación del núcleo residual ^{25}Mg , con reacciones deuterón-protón en blancos de magnesio natural. Exposiciones a 70° , 90° y 110° pusieron de manifiesto la existencia de nuevos niveles, la confirmación de los reportados como inseguros por Enge y coautores, y una notable mejoría a la información de Khromchenko (ref. (15) pág. 693).

Este estudio confirmó tres de los niveles reportados como dudosos por Enge con diferencias algo superiores a los errores experimentales. Apareció un nuevo nivel entre éstos a $E_x = 4.352$ MeV. De 4.45 a 5.48 MeV de excitación, 5 nuevos niveles han sido establecidos con errores probables del orden ± 4 KeV mejorando además en varios casos la precisión de unos ± 200 KeV reportada por Khromchenko.

Estos resultados se han resumido en la tabla XVIII de una manera un poco distinta a la del resto de las tablas. En promedio las energías de excitación de

UNAM para los niveles 1 a 15 resultan alrededor de unos 13 KeV superiores que los datos resumidos en las dos últimas referencias. Para energías E_x superiores, la comparación es difícil sobre todo por tratarse de resultados con diferentes órdenes de magnitud en la precisión de las medidas.

Solamente en este caso las intensidades relativas de los grupos de partículas se han referido al nivel 10, puesto que no fué posible observar la zona simultáneamente con el estado base de la misma reacción. Esta aclaración puede resultar de importancia al mencionar que los blancos fueron preparados con magnesio metálico natural, pues la asignación de algún nivel podría recaer sobre otro isótopo que el de ^{25}Mg (78.8% de ^{24}Mg en la naturaleza).

Puesto que la precisión de los valores Q , dependiente de la pérdida de energía de las partículas en el grueso del blanco, no fué suficiente pequeña en estos estudios, para asegurar que la asignación del nivel corresponde exclusivamente a ^{25}Mg y no a 26 o ^{27}Mg , parece conveniente mostrar un espectro de magnesio natural (véase Fig. 4), en el que las intensidades relativas pueden ayudar a una identificación segura una vez que se disponga de información proveniente de algún otro isótopo enriquecido de Mg. En la parte derecha de la tabla, se han dibujado los espectros completos anterior y actual, amplificando al centro de los mismos la región de excitación comprendida entre los 4 y los 5.5 MeV. En estos últimos se han incluido los errores probables sugeridos por cada autor.

16.- Espectro de ^{26}Mg .

En la tabla XIX se han alistado los diez primeros niveles inducidos por transiciones de $^{25}\text{Mg}(d, p)^{26}\text{Mg}$. Se omite el séptimo nivel, pues quedó poco definido debido a su baja intensidad en el espectro. Es notable el hecho de que a pesar de que los valores para estos niveles fueron obtenidos con el mismo blanco y en la misma exposición que los de ^{25}Mg (tabla XVIII), al comparar estos últimos datos con los valores ya conocidos de ^{25}Mg , se nota que los de la UNAM se mantienen sistemáticamente en promedio 12 KeV arriba de los de otros autores, mientras que para ^{26}Mg al contrastarlos con la información de Endt y Braams (ref. (15) pág. 696), las $E_{x\text{UNAM}}$ permanecen en promedio 20 KeV por abajo de las anteriores,

en algunos casos discrepando en valor absoluto más que la suma de los errores experimentales propuestos por ambos grupos, como se observa en los niveles 2 y 3 de ^{26}Mg y resumidos en la tabla XIX.

17.- Espectro de ^{28}Al .

Varios estudios de la reacción $^{27}\text{Al}(d, p)^{28}\text{Al}$ han sido hechos con técnicas semejantes a la empleada en estos trabajos. Es satisfactorio que, salvo pequeñas diferencias locales, los 12 primeros niveles de ^{28}Al , como se muestran en la tabla XX, se encuentren en buena concordancia con los trabajos mencionados por: Enge y coautores, y Buechner y coautores (ref. (15) pág. 705).

18.- Espectro de ^{29}Si .

Con excepción del nivel número 12, el espectro de ^{29}Si obtenido por procesos (d, p) en ^{28}Si , es muy semejante al anteriormente establecido por Van Patter y Buechner (ref. (15) pág. 709). Como se observa en la tabla XXI, los corrimientos de los niveles permanecen prácticamente dentro de los errores experimentales.

19.- Espectro de ^{30}Si .

Por carencia de isótopos enriquecidos de Si al igual que de Mg , el espectro de ^{30}Si fué estudiado mediante bombardeos prolongados ($15\,000\ \mu\text{C}$) en blancos muy delgados de silicio natural. Estudios mediante mecanismos deuterón-protón en ^{29}Si , arrojaron información referente a los tres primeros niveles de energía del núcleo residual ^{30}Si mostrados en la tabla XXIII. A pesar de haberse observado este espectro una sola vez en condiciones ideales de estabilidad de la máquina y espesor adecuado del blanco, es posible asegurar las posiciones de estos tres niveles en bastante buena concordancia y con errores probables algo menores que las medidas proporcionadas por el grupo del MIT en 1952 (ref. (15) pág. 712).

20.- Espectro de ^{31}Si .

En ^{31}Si fué observado solamente el primer estado excitado con bastante buena aproximación al valor reportado también por Van Patter y Buechner (ref. (15) pág. 714).

Reacción	E_x _{UNAM} (MeV)	E_x _{MIT} (MeV)
$^{30}\text{Si}(d, p)^{31}\text{Si}(1)$	0.754 ± 0.012	0.757 ± 0.007

21.- Ya sea por la preparación inadecuada de blancos de *P*, *Cl* y *A*, o aún más probablemente por limitaciones de energía en el acelerador Van de Graaff del Instituto de Física, no se produjeron ni con protones ni con deuterones de energía incidente $E_e \leq 1.8$ MeV, reacciones nucleares en los elementos mencionados de intensidad suficiente, para poder inferir de ellos resultados correctamente.

22.- Espectro de ^{30}P .

Por algún tiempo fué posible alcanzar en la terminal del acelerador potenciales de 2.2 millones de volts.

Estas condiciones tan favorables se aprovecharon durante pocas exposiciones para bombardear blancos de azufre y potasio. Haciendo incidir deuterones de 2.21 MeV de energía sobre ^{32}S , y observando las partículas alfa emergentes de esta substancia, fué posible la identificación del segundo y tercer nivel excitado de ^{30}P . El primero no tuvo intensidad suficiente para ser identificado respecto del fondo. Se ve en la tabla XXII que los resultados son semejantes en posición e incertidumbre a los resumidos en la ref. (15) pág. 713.

23.- Espectro de ^{33}S .

La observación de los protones emergentes del proceso inicial descrito en el inciso anterior, proporciona información correspondiente a niveles en ^{33}S . Los valores de E_x _{UNAM} quedan sistemáticamente por encima de los obtenidos por Endt y Paris (ref. (15) pág. 721) con diferencias extremas de 24 KeV, 17 KeV en promedio. Puede observarse en la tabla XXIV que el corrimiento de los niveles 2, 4 y 6 queda por afuera de la suma de los errores experimentales propuestos en ambos trabajos.

24.- Espectro de ^{40}K .

A pesar de haber alcanzado los protones o deuterones incidentes sobre blancos conteniendo potasio, energías de 2.21 MeV, solamente algunos niveles de suficiente intensidad producidos por reacciones (d, p) en ^{39}K se lograron identificar como pertenecientes al espectro de ^{40}K . Estos resultados se tabulan a continuación para ser comparados con los de Enge¹⁸ recientemente publicados en un estudio muy completo sobre características físicas de ^{40}K .

Reacción	Nivel Núm.	E_x _{UNAM} (MeV)	E_x _{Enge} ¹⁸ (MeV)
$^{39}\text{K} (d, p) ^{40}\text{K}$	(1)	0.022	0.028 ± 0.002
	(2)	0.799	0.795 ± 0.008
	(3)	0.877	0.885 ± 0.008
	(7)	2.053	2.064 ± 0.008
	(8)	2.086	2.099 ± 0.008
	(10)	2.306	2.286 ± 0.008
	(14)	2.629	2.622 ± 0.008
	(15)	2.747	2.743 ± 0.008

Los valores Q_0 obtenidos por medio de reacciones (p, α) así como de reacciones (d, p) y que no produjeron estados excitados observables en los estudios actuales, pueden consultarse en la referencia (3).

Este trabajo fué presentado en la Asamblea Conjunta de la Sociedad Mexicana de Física y de la American Physical Society que tuvo lugar en la Ciudad de México, en junio de 1961.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la colaboración entusiasta de los Sres. Luis y Francisco Velázquez, los que se encargaron del mantenimiento de la máquina, de la preparación de blancos y de las exposiciones que estos estudios requirieron. La mayor parte del escrutinio de las placas nucleares lo hicieron muy eficientemente las Sritas. Edda Osalde y Sylvia Castillo.

REFERENCIAS

- 1 Nier, Quisenberry y Scolman, Nuclear Masses and their Determination, Pergamon Press. pág. 53 (1957).
- 2 W.W. Buechner, Nuclidic Masses, University of Toronto Press. H. Duckworth, edit. pág. 263 (1960).
- 3 Mazari, Domínguez, Jáidar, Rickards, Alba, López y Ortiz de López, Nuclidic Masses, University of Toronto Press. H. Duckworth, edit. 276 (1960).
- 4 Tejera, Mazari, Jáidar y López. Rev. Méx. Fís. 4, 229 (1961).
- 5 G. López y O. Almén, Rev. Méx. Fís. 4, 239 (1961).
- 6 C.P. Browne y W.W. Buechner, Rev. Sci. Instr. 27, 899 (1956).
- 7 E.N. Strait, Laboratorio de Alto Voltaje, MIT. Tesis (1948).
- 8 H. Enge, Tablas de $B\rho$ vs E , Universidad de Bergen, Noruega, Tesis (1954).
- 9 L. Holland, Vacuum Deposition of Thin Films. Wiley (1956).
- 10 R.G. Thomas y T. Lauritsen, Phys. Rev. 88, 969 (1952).
- 11 Buechner, Strait, Stergiopoulos y Sperduto. Phys. Rev. 79, 262 (1950).
- 12 Collins, McKenzie y Ramm, Proc. Royal Soc. 216, 242 (1953).
- 13 F. Aizenberg-Selove y T. Lauritsen. Nucl. Phys. 11, (1959).
- 14 J.M. Freeman. Phys. Rev. 120, 1436 (1960).
- 15 P.M. Endt y C.M. Braams. Rev. Mod. Phys. 29, (1957).
- 16 Hinds, Middleton y Litherland. Nucl. Phys. 24, 510 (1961).
- 17 L.M. Khromchenko, Doklady Akad. Nauk, SSSR 93, 451 (1953).
- 18 Enge, Irwin Jr. y Weaner. Phys. Rev. 115, 949 (1959).

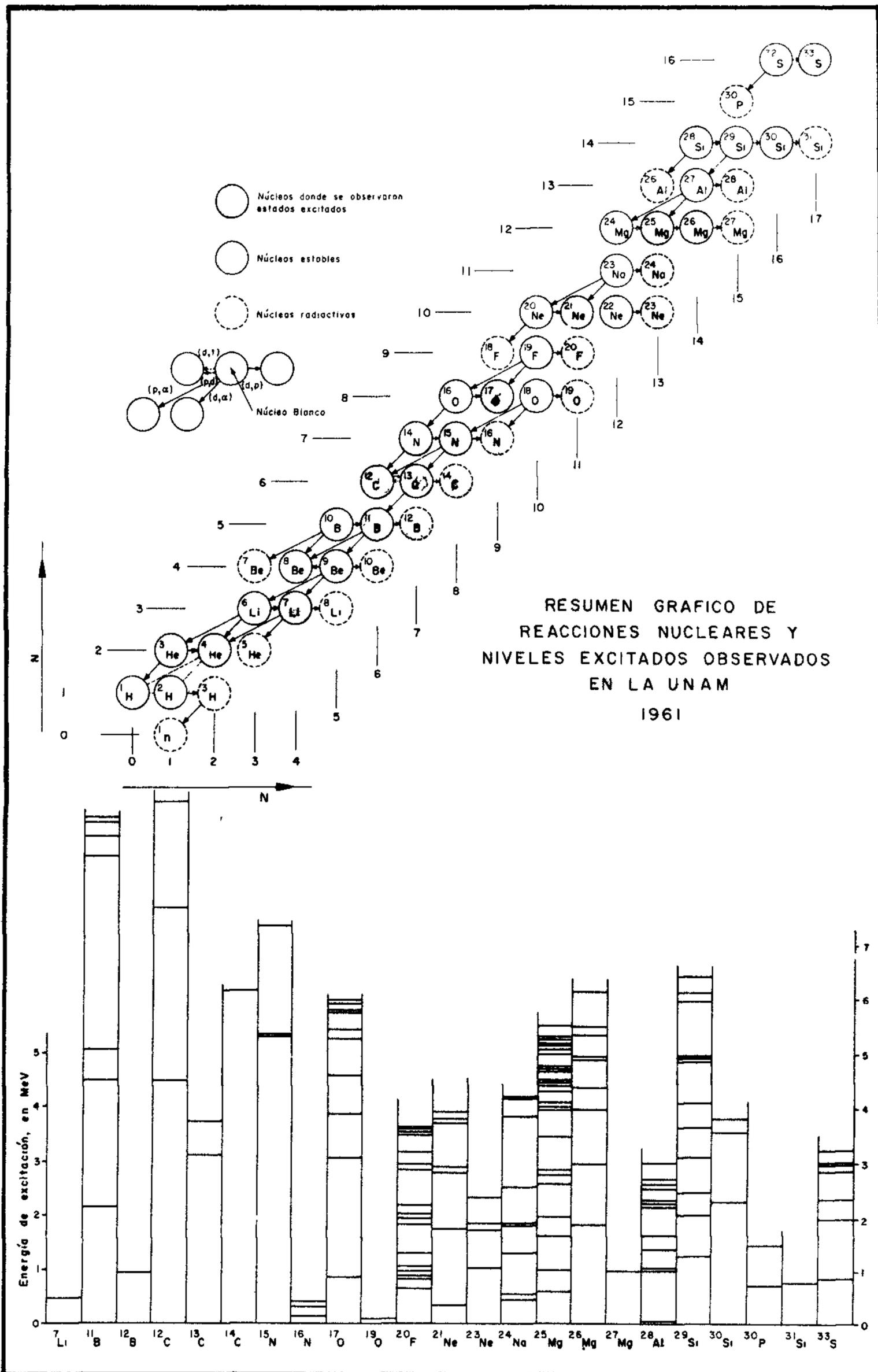


FIG. 1

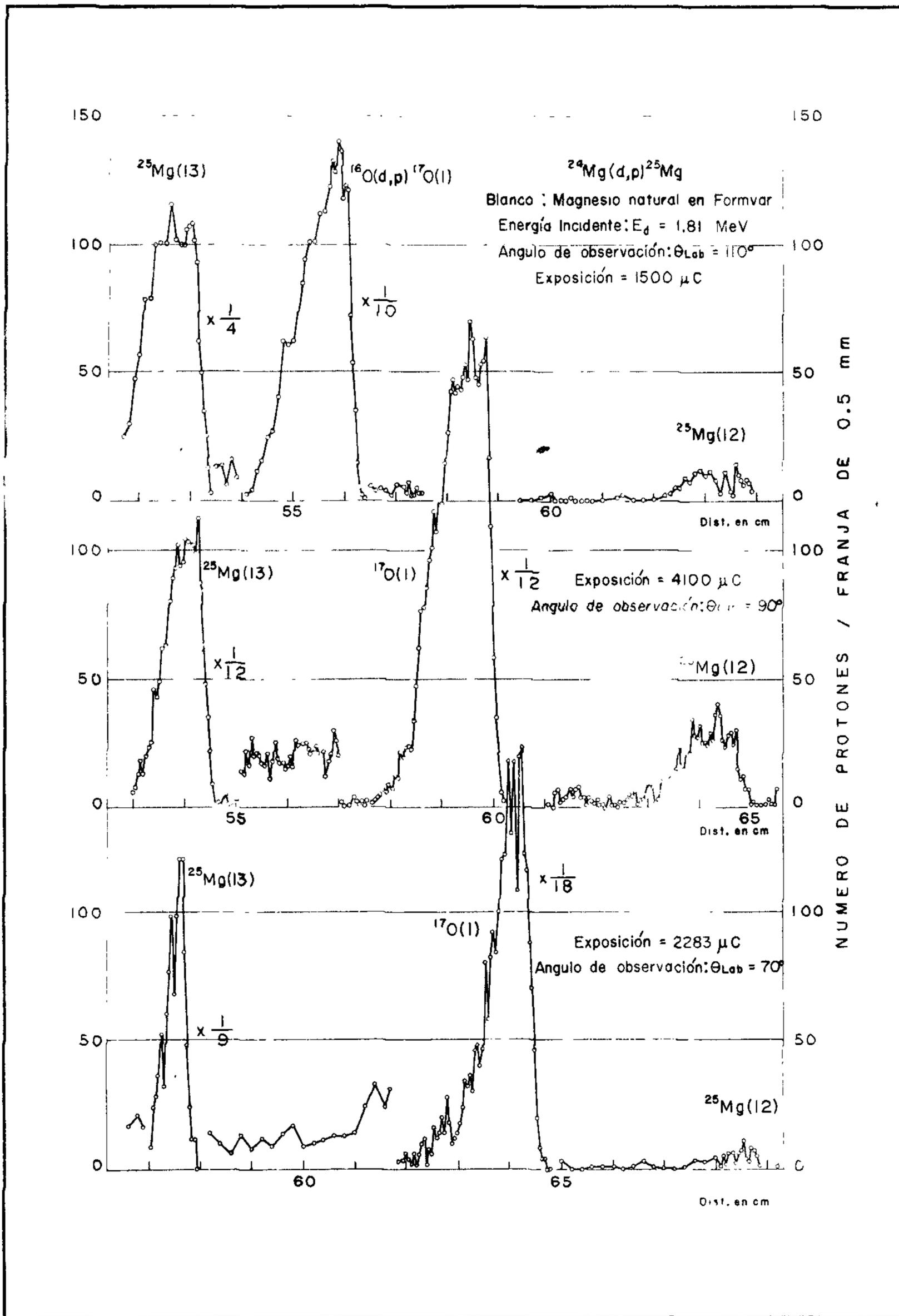


TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.	No. Det.	Int. Rel.	E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO		DIAGRAMA COMPLETO				
								U	N		A	M	O	T
I	⁶ Li(d,p) ⁷ Li	5.035 ±0.005	1	4	.60	0.478 ±0.008	0.477 ±0.002	+	+					
	⁹ Be(d,α) ⁷ Li	7.159 ±0.008	1	7	.65	0.480 ±0.006	0.480 ±0.002							
II	¹⁰ B(d,p) ¹¹ B	9.234 ±0.006	11	6	-	9.278 ±0.010	9.276 ±0.005	+	+					
			10	5	-	9.190 ±0.010	9.191 ±0.005							
			9	5	-	8.926 ±0.010	8.927 ±0.005							
			8	2	-	8.565 ±0.010	8.568 ±0.005							
			Niveles 4,5,6,7 bajo ¹³ C y ¹⁷ O a 90°											
			3	5	.13	5.023 ±0.008	5.035 ±0.008							
2	6	.57	4.449 ±0.008	4.459 ±0.008										
1	4	.33	2.128 ±0.010	2.127 ±0.006										
III	¹¹ B(d,p) ¹² B	1.141 ±0.004	1	4	.42	0.952 ±0.003	0.947 ±0.005	+	+					

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	U N A M			E _x (MeV)	E _x (MeV)	O T R O S		DIAGRAMA AMPLIFICADO	DIAGRAMA COMPLETO
			Nivel No.	No. Det.	Int. Rel.						
IV	¹⁴ N(d,α) ¹² C	13.591 ±0.006	3	1	—	9.616 ±0.015	9.620 ±0.013				
			2	3	.36	7.669 ±0.010	7.656 ±0.007				
			1	6	1.3	4.447 ±0.010	4.433 ±0.005				
V	¹² C(d,p) ¹³ C	2.725 ±0.005	1	11	—	3.093 ±0.006	3.090 ±0.010				
VI	¹⁵ N(d,α) ¹³ C	7.675 ±0.009	2	2	1.3	3.695 ±0.010	3.677 ±0.005				
			1	2	.63	3.100 ±0.020	3.083 ±0.005				

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nive	NoDet.	Int. Rel.	E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO	DIAGRAMA COMPLETO							
			No.	No.												
			U	N	A	M	O	T	R	O	S	U	N	A	M	
X	¹⁶ O(d,p) ¹⁷ O	1.918 ±0.003		1	90	2.4	0.871 ±0.003	0.871 ±0.004								
XI	¹⁸ O(d,p) ¹⁹ O	1.733 ±0.006		1	5	.21	0.096 ±0.006	0.096 ±0.011								
XII	²⁰ Ne(d,p) ²¹ Ne	4.532 ±0.006		5	3	.19	3.667 ±0.006	3.666 ±0.007								
			4 próximo al 3, no se resuelve													
				3	2	3.9	2.792 ±0.006	2.800 ±0.007								
				2	4	.10	1.748 ±0.006	1.750 ±0.007								
				1	4	2.4	0.349 ±0.004	0.349 ±0.007								
XIII	²² Ne(d,p) ²³ Ne	2.974 ±0.006		4	2	.11	2.320 ±0.006	2.314 ±0.008								
				3	3	.47	1.823 ±0.006	1.826 ±0.008								
				2	2	.18	1.703 ±0.006	1.703 ±0.007								
				1	3	2.6	1.019 ±0.006	1.018 ±0.007								

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.			E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO	DIAGRAMA COMPLETO
			U	N	A M				
XIV	²³ Na(d,α) ²¹ Ne	6.911 ±0.009	7	2	.19	3.893 ±0.008	3.889 ±0.007		
			6	2	.43	3.744 ±0.008	3.737 ±0.007		
			5	2	.20	3.673 ±0.006	3.666 ±0.007		
			4	2	.44	2.876 ±0.006	2.870 ±0.007		
			3	2	.44	2.797 ±0.006	2.800 ±0.007		
			2	2	.34	1.753 ±0.006	1.750 ±0.007		
			1	5	.94	0.349 ±0.004	0.349 ±0.007		
XV	²⁶ Mg(d,p) ²⁷ Mg	4.215 ±0.010	1	3	.72	0.978 ±0.012	0.987 ±0.006		

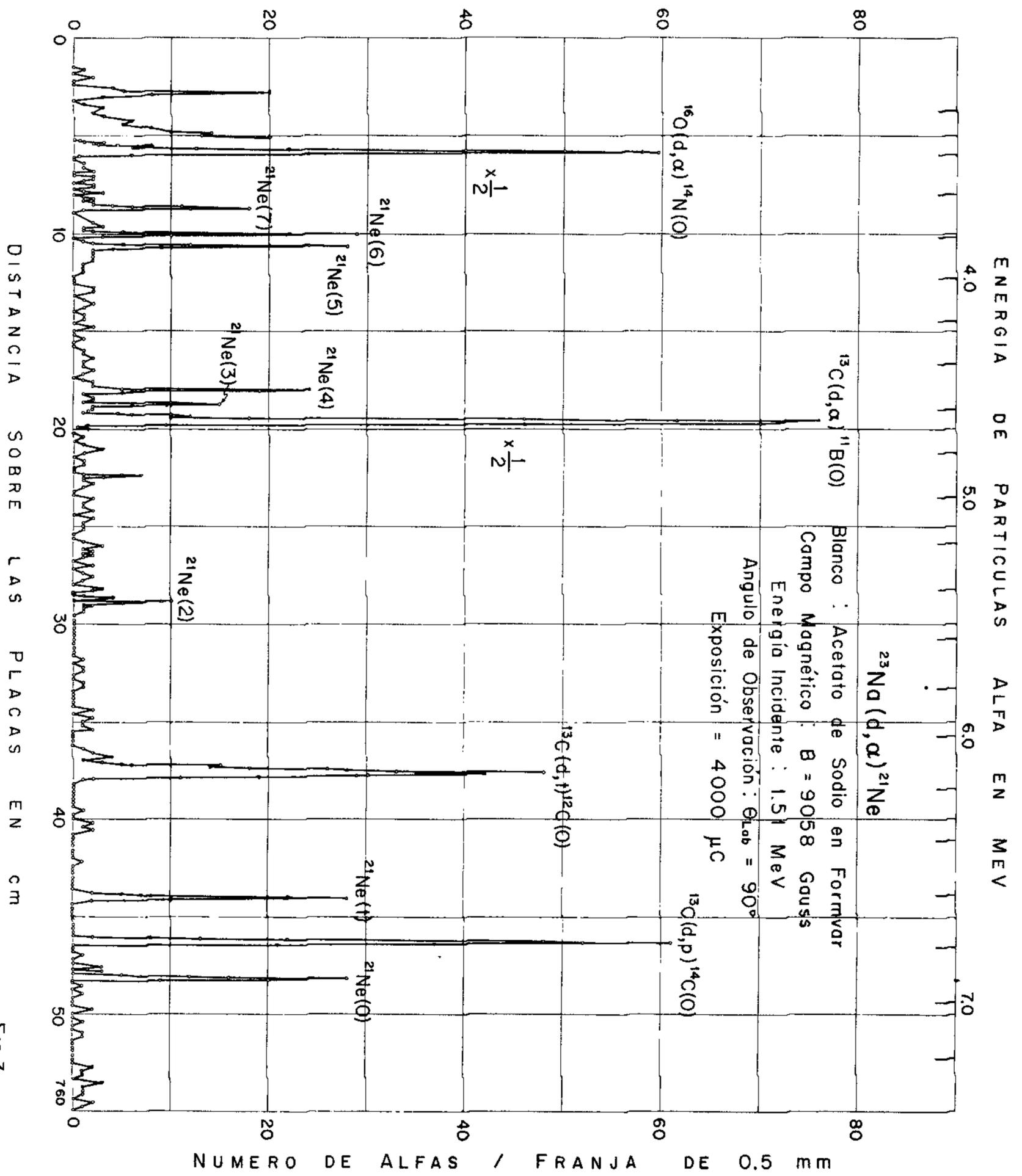
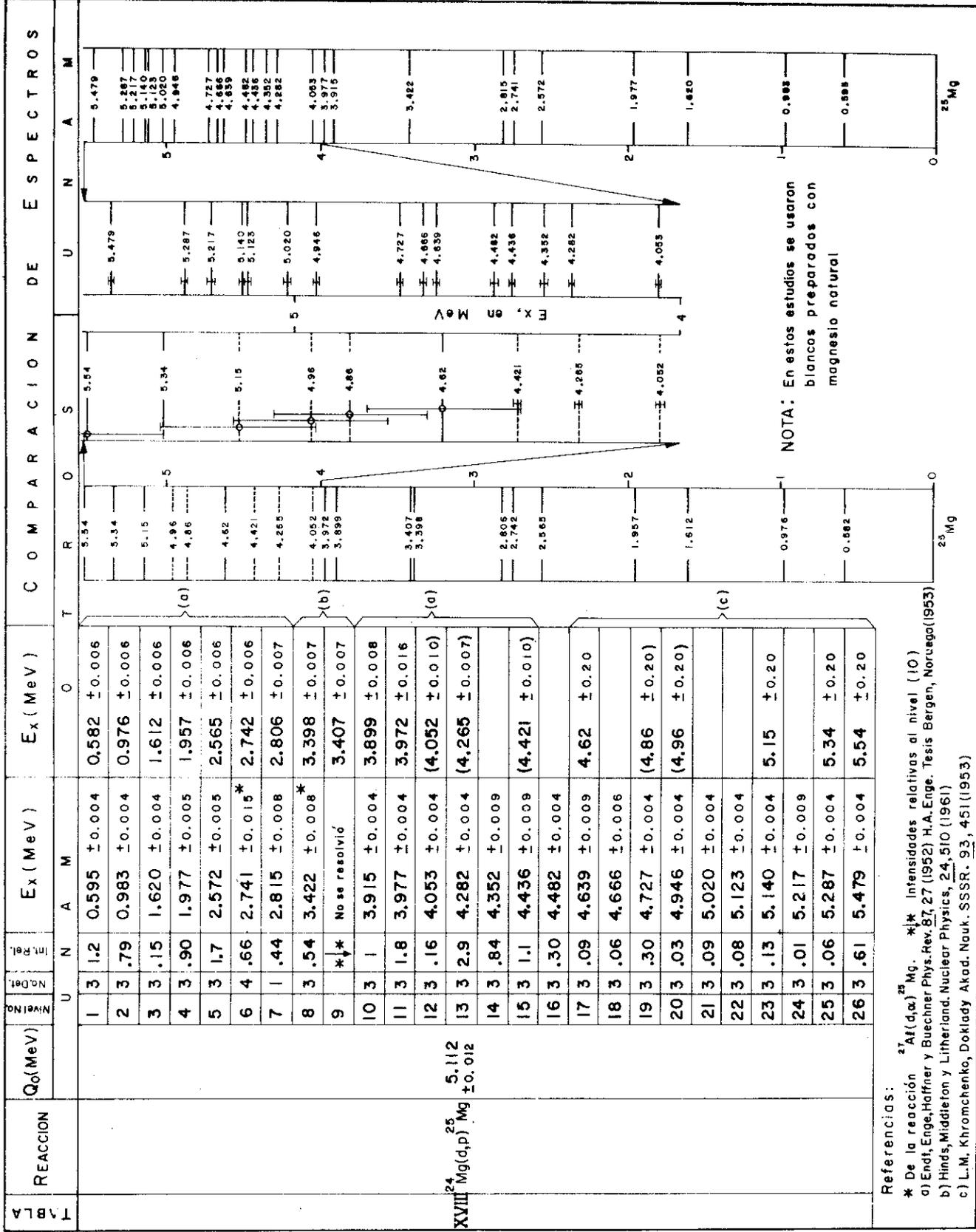


Fig. 3

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.			E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO		DIAGRAMA COMPLETO		
			U	N	A			M	O		T	R
XVI	²³ Na(d,p) ²⁴ Na	4.736 ±0.005	17	2	-	4.210 ±0.008	4.202 ±0.008					
			16	1	-	4.191 ±0.010	4.184 ±0.008					
			12	2	-	3.754 ±0.008	3.738 ±0.008					
			7	1	-	2.563 ±0.010	2.561 ±0.008					
			5	4	.88	1.893 ±0.008	1.884 ±0.008					
			4	3	3.5	1.847 ±0.008	1.844 ±0.008					
			3	4	9.0	1.347 ±0.004	1.341 ±0.008					
			2	7	1.5	0.568 ±0.004	0.564 ±0.008					
			1	3	1.1	0.472 ±0.008	0.472 ±0.008					

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	U N A M			E _x (MeV)		O T R O S		D I A G R A M A A M P L I F I C A D O S		D I A G R A M A C O M P L E T O	
			Nivel No.	No. Det.	Int. Rel.	E _x (MeV)	E _x (MeV)						
XVII	²⁷ Al(d,α) ²⁵ Mg	6.718 ±0.005	7	4	.38	2.815 ±0.010	2.791 ±0.015						
			6	4	1.7	2.741 ±0.015	2.729 ±0.010						
			5	5	.33	2.572 ±0.010	2.558 ±0.010						
			4	6	.43	1.973 ±0.010	1.958 ±0.010						
			3	5	.63	1.616 ±0.010	1.610 ±0.010						
			2	6	.68	0.976 ±0.010	0.977 ±0.010						
			1	5	.42	0.584 ±0.006	0.584 ±0.006						

²⁵Mg



Referencias:

* De la reacción ²⁷Al(d,α)²⁵Mg. *^{*} Intensidades relativas al nivel (10)

a) Endt, Enge, Haffner y Buechner Phys. Rev. **87**, 27 (1952) H.A. Enge. Tesis Bergen, Noruega (1953)

b) Hinds, Middleton y Litherland. Nuclear Physics, **24**, 510 (1961)

c) L. M. Khromchenko, Doklady Akad. Nauk. SSSR. **93**, 451 (1953)

Esta página está intencionalmente en blanco

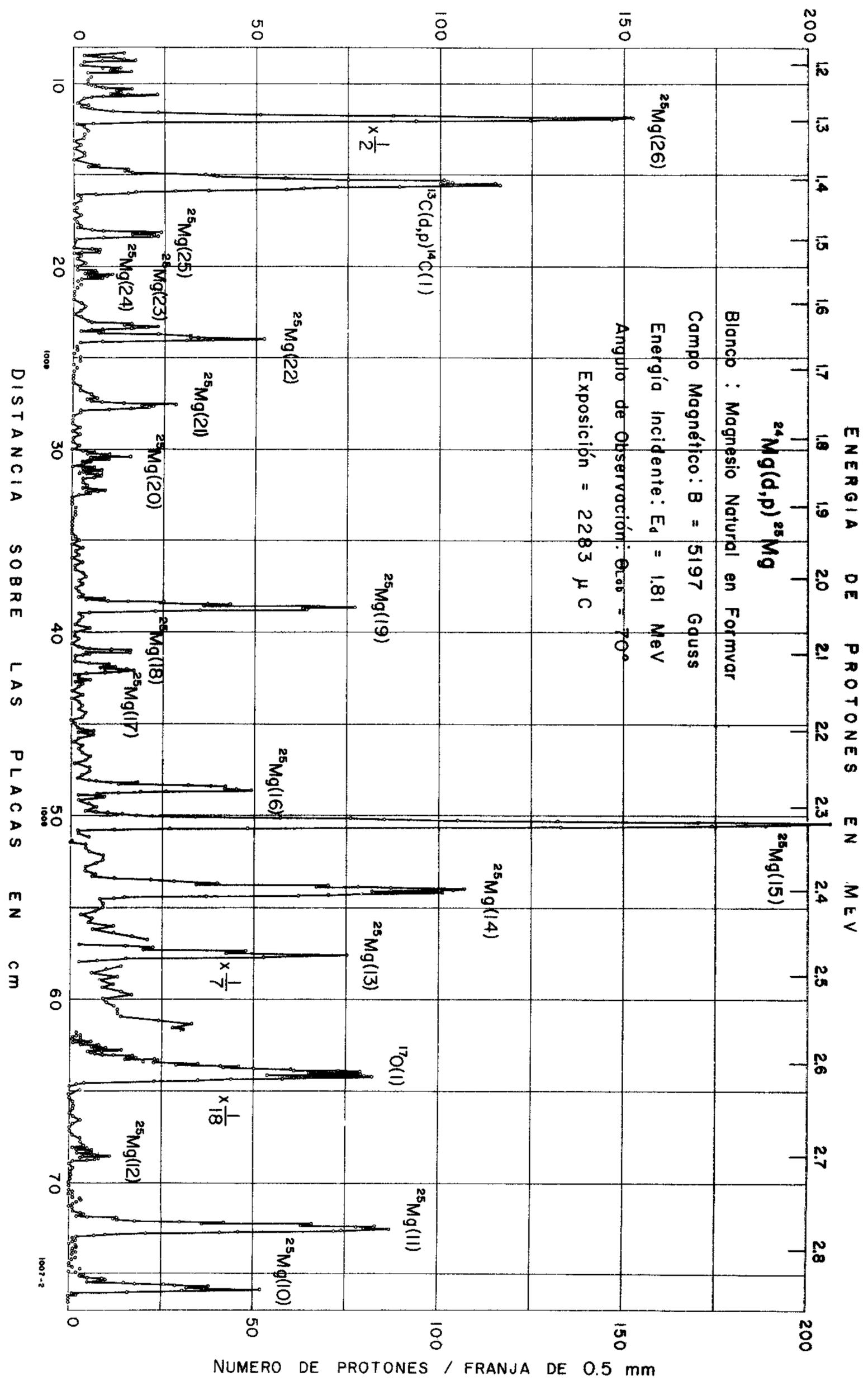


FIG.4

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.	No. Det.	Int. Rel.	E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO		DIAGRAMA COMPLETO						
			U	N	A	M	O	T	R	O	S	U	N	A	M	
XIX	²⁵ Mg(d,p) ²⁶ Mg	8.876 ±0.012	10	2	4.4	6.134 ±0.012	6.147 ±0.011									
			9	2	1.6	5.487 ±0.012	5.502 ±0.011									
			8	2	2.2	5.302 ±0.012	5.322 ±0.011									
			7			Muy débil		5.270 ±0.011		20 KeV						
			6	2	2.6	4.906 ±0.012	4.924 ±0.011									
			5	1	2.2	4.852 ±0.012	4.863 ±0.011									
			4	1	3.4	4.344 ±0.012	4.353 ±0.011									
			3	2	2.3	3.941 ±0.012	3.969 ±0.010									
			2	2	3.8	2.935 ±0.012	2.972 ±0.010				20 KeV					
1	2	1.4	1.804 ±0.012	1.825 ±0.015												

²⁶Mg
 0.5 MeV

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	N U N A M			E _x (MeV)		DIAGRAMA AMPLIFICADO		DIAGRAMA COMPLETO							
			U	N	A	M	O	T	R	O	S	U	N	A	M		
XX	²⁷ Al(d,p) ²⁸ Al	5.511 ±0.005				12	1	.19	2.988 ± 0.010	2.988 ± 0.007							
						11	5	.53	2.672 ± 0.005	2.663 ± 0.007							
						10	5	.17	2.596 ± 0.005	2.589 ± 0.007							
						9	5	.14	2.496 ± 0.005	2.490 ± 0.006							
						8	5	.54	2.284 ± 0.005	2.279 ± 0.006							
						7	5	.24	2.212 ± 0.005	2.207 ± 0.006							
						6	5	.66	2.152 ± 0.005	2.143 ± 0.006							
						5	5	.47	1.632 ± 0.005	1.633 ± 0.005							
						4	5	.20	1.378 ± 0.005	1.372 ± 0.005							
						3	5	.45	1.018 ± 0.005	1.017 ± 0.005							
						2	4	.10	0.976 ± 0.005	0.973 ± 0.005							
						1	5	.78	0.032 ± 0.005	0.031 ± 0.001							

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	U N A M			E _x (MeV)		DIAGRAMA AMPLIFICADO	DIAGRAMA COMPLETO
			Nivel No.	No. Def.	Int. Rel.	O T R O S	U N A M		
XXI	²⁸ Si(d,p) ²⁹ Si	6.252 ± 0.010	12	2	-	6.399 ± 0.010	6.380 ± 0.009		
			11	2	.07	6.115 ± 0.010	6.105 ± 0.009		
			10	3	.08	5.960 ± 0.010	5.946 ± 0.009		
			9	3	4.0	4.943 ± 0.010	4.934 ± 0.008		
			8	1	.19	4.907 ± 0.015	4.897 ± 0.008		
			7	3	.41	4.848 ± 0.010	4.840 ± 0.008		
			6	1	.22	4.089 ± 0.015	4.078 ± 0.008		
			5	5	.86	3.635 ± 0.010	3.623 ± 0.007		
			4	5	.61	3.076 ± 0.010	3.070 ± 0.007		
			3	8	.97	2.429 ± 0.015	2.426 ± 0.007		
			2	8	1.1	2.034 ± 0.010	2.027 ± 0.007		
1	7	.93	1.276 ± 0.010	1.278 ± 0.007					

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.	No. Det.	Int. Rel.	E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO		DIAGRAMA COMPLETO
			U	N	A	M	O T R O S		U	N
XXII	³² S(d,α) ³⁰ P	4.888 ±0.010	3	1	.35	1.459 ±0.012	1.451 ±0.010			
			2	2	.51	0.711 ±0.008	0.708 ±0.008			
			1			Muy débil	0.680 ±0.010			
XXII	²⁹ Si(d,p) ³⁰ Si	8.413 ±0.010	3	1	.48	3.790 ±0.012	3.786 ±0.020			
			2	1	7.2	3.520 ±0.012	3.515 ±0.016			
			1	1	1.7	2.249 ±0.012	2.239 ±0.020			
							10 KeV		0.5 MeV	

Nota aclaratoria

Debido a la falta de isótopos enriquecidos de magnesio, no pudo asegurarse inicialmente a cual de ellos (pag. 260 ref(1)) podían asociarse los niveles de energía obtenidos a partir de blancos de magnesio natural (véanse tabla XVIII y Fig. 4 de la misma referencia).

Basándose en los resultados y en los espectros de la reciente publicación "The Energy Levels of the Magnesium Isotopes of Mass 25 to 28" de Hinds, Marchant y Middleton², parece posible la identificación de los niveles observados de mayor excitación mostrados en la tabla y en la figura adjunta a esta nota. Para facilitar la comparación se ha incluido la nomenclatura de los autores ingleses. Es conveniente mencionar que la semianchura de los niveles de los espectros obtenidos en este estudio¹ son del orden de 10 keV y con aspecto de niveles sencillos, en contraste con algunos reportados como dobles por Hinds et al. Varias veces estados de mayor probabilidad de transición de algunos isótopos de magnesio cubrieron a otros de menor intensidad.

Los grupos de partículas localizados a las distancias de 31.3 y 20.7 cm solamente pudieron asociarse con los niveles 11 y 12 del contaminante ²⁹Si.

Diciembre 1961

U N A M ¹				Hinds, Marchant y Middleton ²			
E _x (MeV)				E _x (MeV)			
No.	²⁵ Mg	²⁶ Mg	²⁷ Mg	No.	²⁵ Mg	No.	²⁶ Mg
1 al 14 Nuevos resultados							
15	—	—	3.558	—	—	8	3.555
16	—	8.248	—	—	42 { (8.215)	—	—
					43 { 8.237		
17	—	—	3.759	—	—	9	3.757
18	—	—	3.786	—	—	10	3.786
19	4.727	—	—	15 { 4.704	—	—	—
				16 { 4.712	—	—	—
20	—	8.712	—	—	51	8.694	—
21	5.020	—	—	17	5.005	—	—
22	5.123	—	—	18	5.108	—	—
23	—	8.906	—	—	53	8.890	—
24	²⁹ Si (12)	—	—	—	—	—	—
	5.252	—	—	19	5.244	—	—
25	—	9.060	—	—	56 { 9.033	—	—
					57 { 9.045		
26	5.479	—	—	20 { 5.454	—	—	—
				21 { 5.465	—	—	—
	5.508	—	—	22	5.512	—	—

¹ Jáidar et al. Rev.Mex.Fís. 10, 247 (1961)

² Hinds et al. Proc.Phys.Soc. 78, 473 (1961)

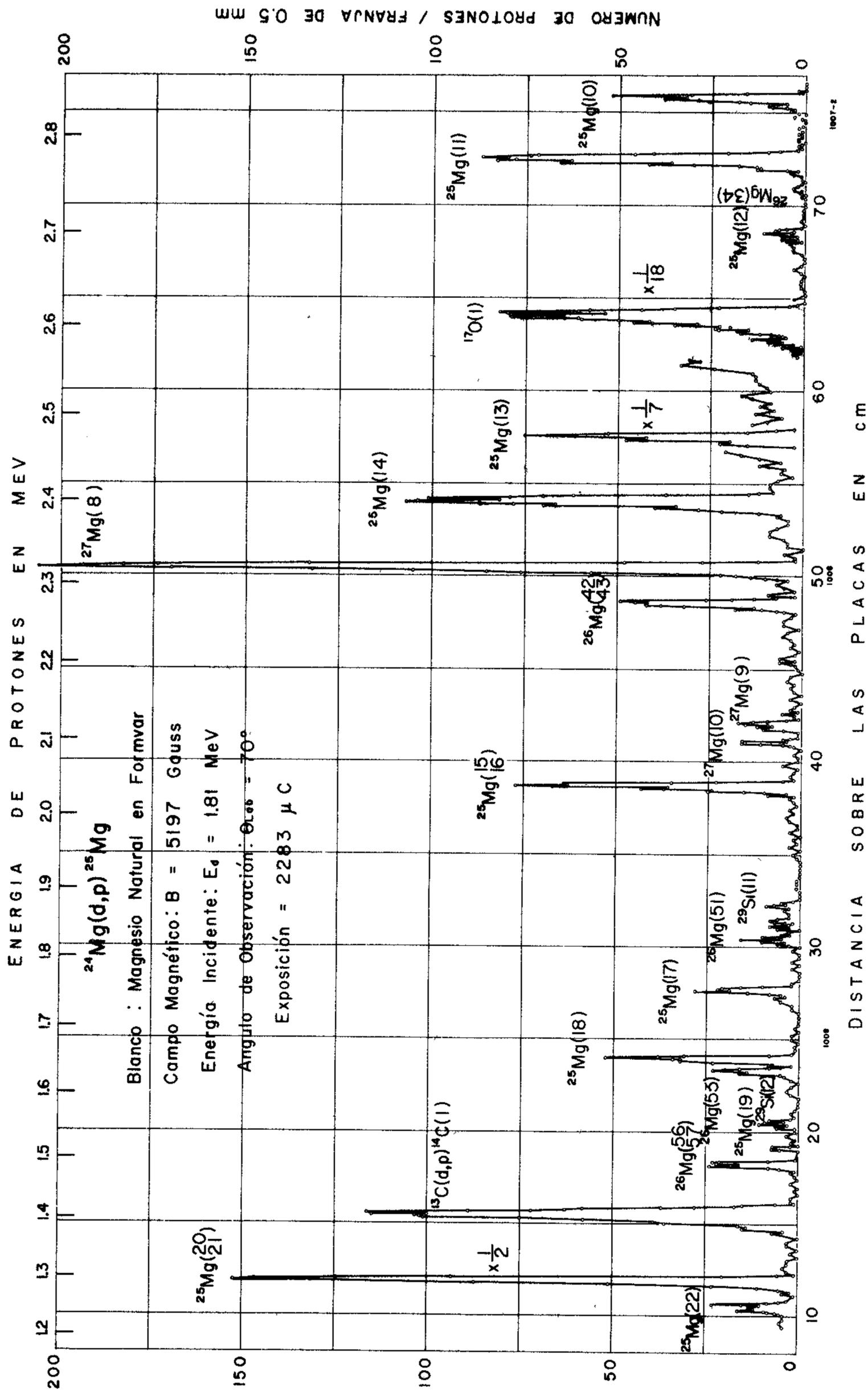


Fig.4 Corr

TABLA	REACCION	Q ₀ (MeV)	Nivel No.			E _x (MeV)	E _x (MeV)	DIAGRAMA AMPLIFICADO	DIAGRAMA COMPLETO
			U	N	A				
XXIV	³² S(d,p) ³³ S	6.420 ± 0.005	7	1	2.1	3.238 ± 0.012	3.222 ± 0.006		
			6	1	.18	2.995 ± 0.012	2.971 ± 0.006		
			5	1	.98	2.957 ± 0.012	2.936 ± 0.006		
			4	2	.90	2.887 ± 0.009	2.869 ± 0.006		
			3	2	.41	2.328 ± 0.009	2.314 ± 0.006		
			2	2	.62	1.986 ± 0.006	1.965 ± 0.006		
			1	2	.56	0.846 ± 0.005	0.839 ± 0.005		