

T 6/114

Universidad de Granada

Facultad de Ciencias



Química Inorgánica

Tesis Doctoral

CARACTERIZACION DE CARBONES ACTIVOS OBTENIDOS A PARTIR DE MADERA DE OLIVO

VICENTE GOMEZ SERRANO

T 6 114

CARACTERIZACION DE CARBONES ACTIVOS OBTENIDOS A PARTIR DE
MADERA DE OLIVO

Tesis presentada para aspirar al Grado de Doctor en Ciencias,
Sección de Químicas.

por

VICENTE GOMEZ SERRANO

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
GRANADA
Nº Documento 613591939
Nº Copia 615615849

Visado en Granada, a de Diciembre de 1981

DIRECTORES DE LA TESIS

Juan de Dios López González
Antonio Navarrete Guijosa

Fdo.: Dr.D.Juan de Dios López González, Catedrático y Jefe del Departamento de Química Inorgánica de la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) y Dr.D. Antonio Navarrete Guijosa, Profesor Agregado de Química Inorgánica de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Granada

Fdo.: Vicente Gómez Serrano, Licenciado en Ciencias, Sección de Químicas.

1914年
1月1日

A mi madre
A la memoria de mi padre

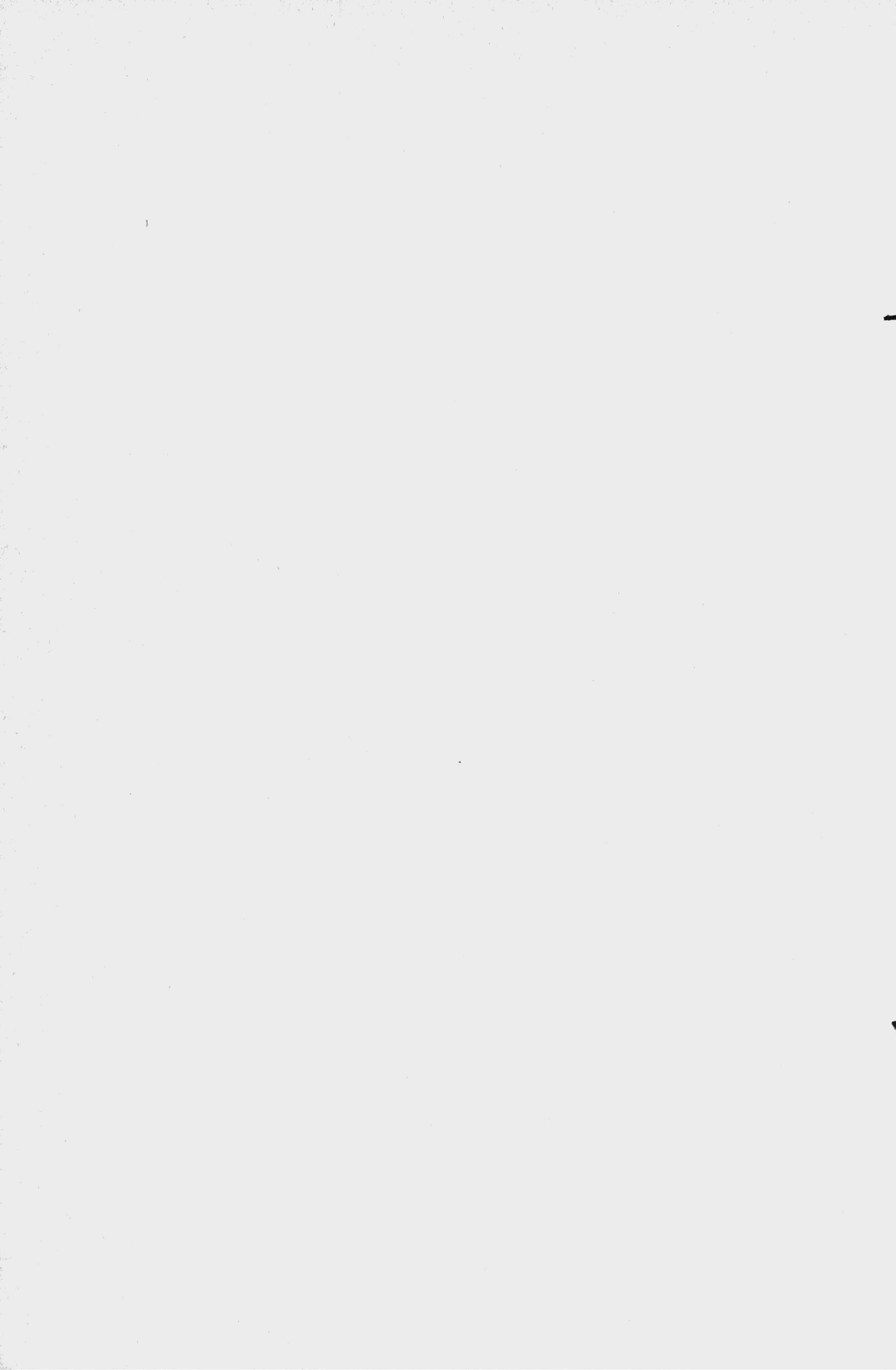


Deseo expresar mi agradecimiento al Prof.Dr.D. Juan de Dios López González y al Prof.Dr.D. Antonio Navarrete Guijosa, por su acertada dirección, continuos consejos y estímulos, sin los cuales no habría sido posible la realización de este trabajo.

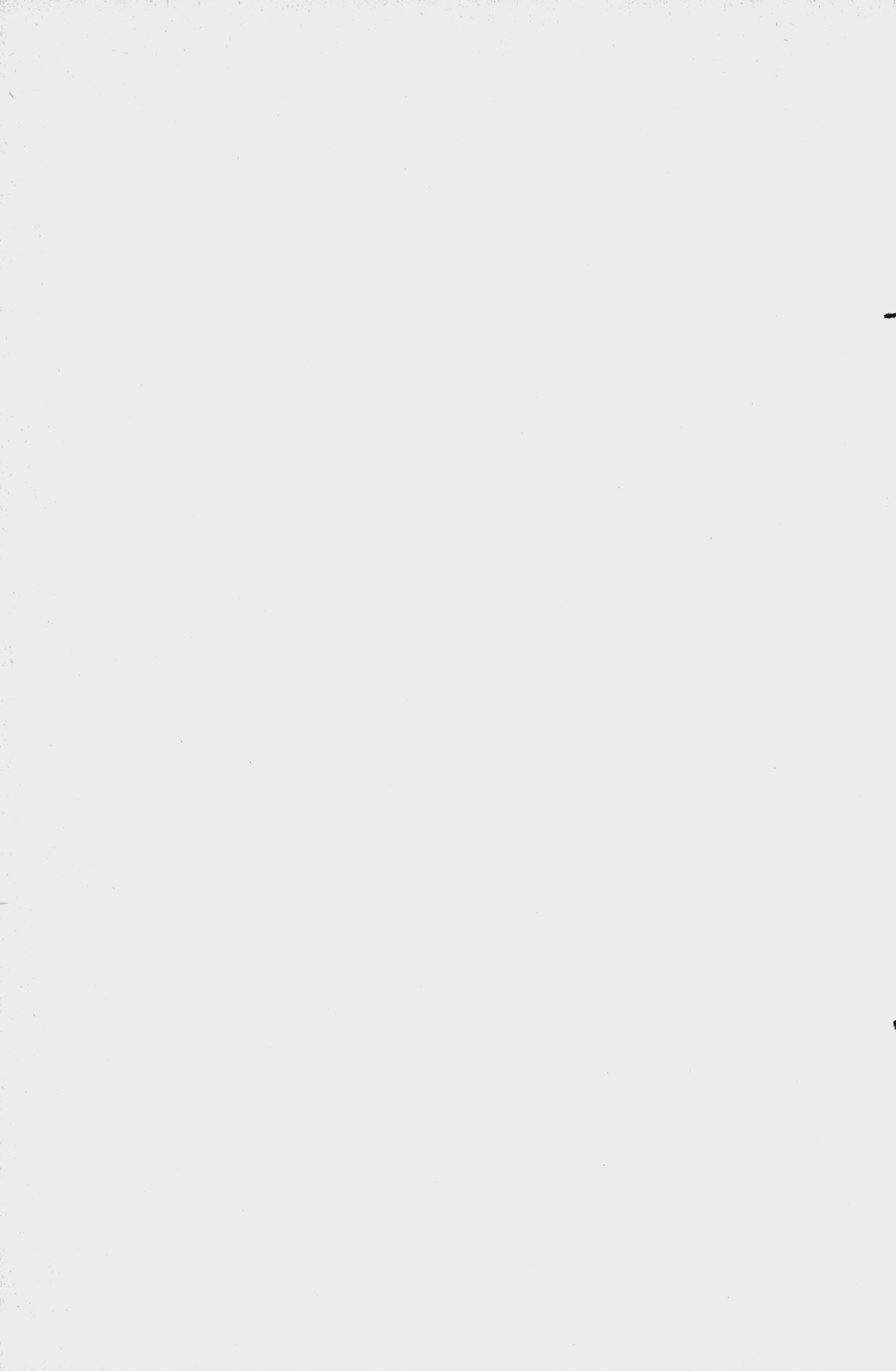
También quiero agradecer la colaboración de todos los compañeros del Colegio Universitario de Jaén y del Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de ciencias de la Universidad de Granada.

Muy especialmente deseo agradecer a Dicho Departamento de Química Inorgánica el haber puesto a mi disposición todos los medios de que dispone para la realización experimental de gran parte de esta Tesis.

Por último, quiero hacer constar mi agradecimiento a la Srta. Gloria Liñán Cabrera por la mecanografía de este trabajo y a la Srta. Conchita Ramos González por su colaboración en el mismo.



INDICE

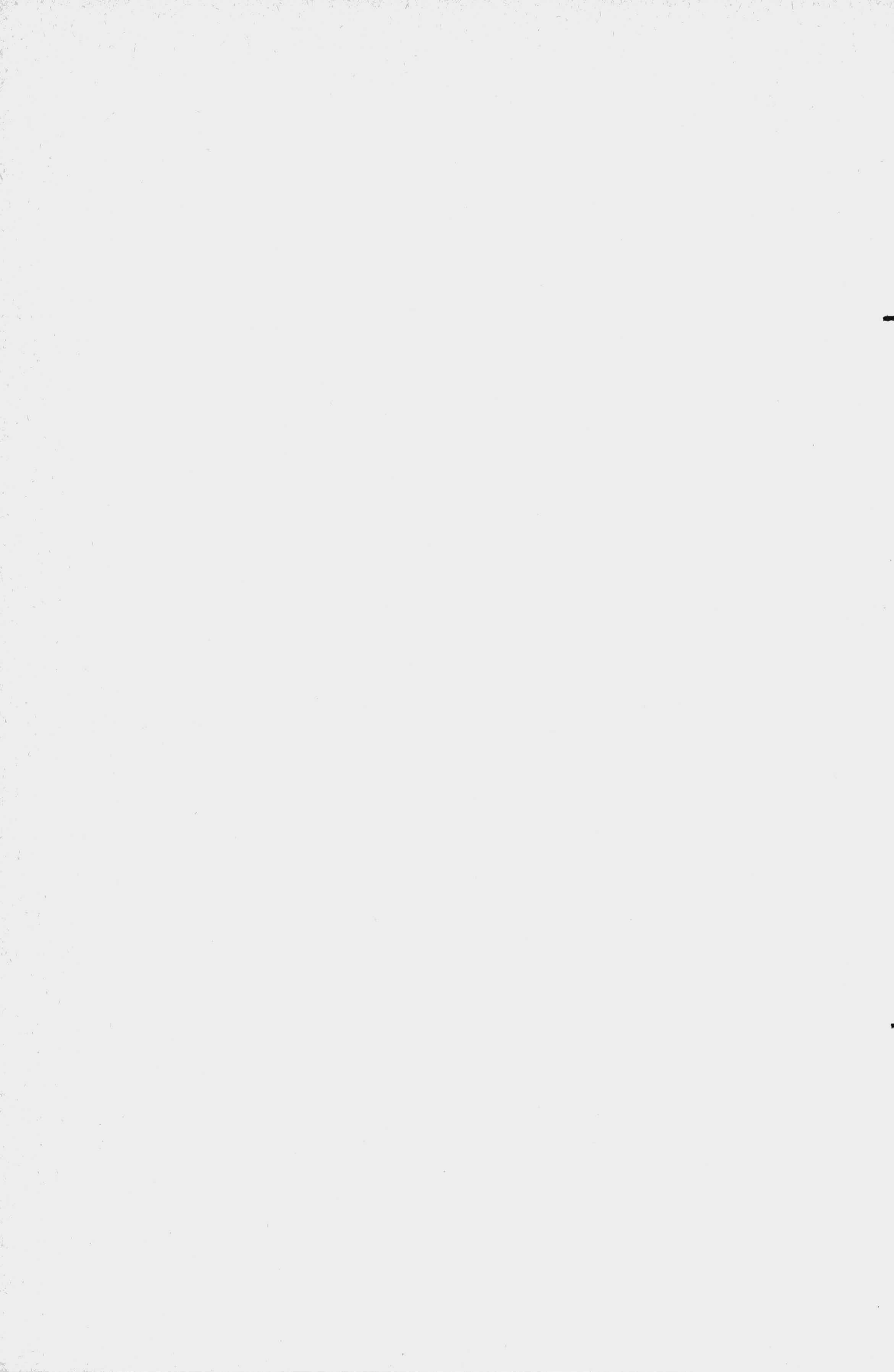


INDICE

	<u>Págs.</u>
I.- <u>INTRODUCCION</u>	1
1.1.- CARBONES ACTIVOS.....	1
1.2.- PREPARACION DE LOS CARBONES ACTIVOS.....	3
1.3.- PROPIEDADES Y CARACTERIZACION DE LOS CARBONES ACTIVOS.....	5
1.3.1.- Estructura cristalina.....	6
1.3.2.- Características Químicas de los carbones - activos.....	8
1.3.3.- Características Físicas de los carbones acti vos.....	13
1.3.4.- Adsorción de Gases.....	18
1.3.5.- Adsorción en disolución.....	21
1.4.- APLICACIONES DE LOS CARBONES ACTIVOS.....	22
1.5.- OBJETIVO DEL PRESENTE TRABAJO.....	24
II.- <u>MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTALES</u>	27
2.1.- MATERIAS PRIMAS	27
2.2.- PROCESOS DE CARBONIZACION Y ACTIVACION.....	27
2.3.- SISTEMA DE ADSORCION DE GASES.....	29
2.4.- GASES UTILIZADOS.....	30
2.5.- TEMPERATURA DE ADSORCION DE GASES	30
2.6.- POROSIMETRIA DE MERCURIO.....	30
2.7.- ADSORCION DE p-NITROFENOL	31
2.8.- REACTIVOS Y OTROS MATERIALES	39
III.- <u>RESULTADOS EXPERIMENTALES</u>	43
3.1.- PROCESO DE CARBONIZACION.....	43
3.2.- PROCESO DE ACTIVACION.....	46
3.3.- ANALISIS QUIMICO Y CONTENIDO EN CENIZAS.....	48

	<u>págs.</u>
3.4.- ADSORCION DE GASES.....	48
3.4.1.- Isotermas de adsorción.....	51
3.4.1.1.- Isotermas de adsorción de N ₂ a 77 K	51
3.4.1.2.- Isotermas de adsorción de N ₂ a 90 K.....	51
3.4.1.3.- Isotermas de adsorción de CO ₂ a 273 K	51
3.5.- POROSIMETRIA DE MERCURIO	111
3.6.- ADSORCION DE p-NITROFENOL	111
 IV.- <u>CALCULOS BASADOS EN LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES....</u>	 222
4.1.- SUPERFICIES DE LAS MUESTRAS ACCESIBLES A DIFEREN TES ADSORBATOS....	222
4.1.1.- Superficies de las muestras a partir de las - isotermas de N ₂ a 77 K y 90 K	225
4.1.2.- Superficies de las muestras a partir de las - isotermas de CO ₂ a 273K	231
4.1.3.- Superficies de las muestras a partir de las - isotermas de p-nitrofenol a 298 K	231
4.2.- POROSIMETRIA DE MERCURIO	252
 V.- <u>DISCUSION DE RESULTADOS.....</u>	 286
5.1.- PROCESO DE CARBONIZACION	286
5.2.- PROCESO DE ACTIVACION.....	288
5.3.- ANALISIS QUIMICO	289
5.4.- ADSORCION DE GASES	292
5.4.1.- Isotermas de adsorción de N ₂ a 77 y 90 K....	292
5.4.2.- Isotermas de adsorción de CO ₂ a 273K	305
5.5.- POROSIDAD	307
5.6.- ADSORCION DEL p-NITROFENOL EN DISOLUCION.....	318
5.7.- TIEMPO DE EQUILIBRIO	319
 VI.- <u>CONCLUSIONES</u>	 327
 VII.- <u>BIBLIOGRAFIA.....</u>	 333

I.- INTRODUCCION



1.- INTRODUCCION

1.1.- CARBONES ACTIVOS

El carbón se ha conocido a través de la historia, además de por sus aplicaciones como combustible y en metalurgia, por sus propiedades adsorbentes. Haciendo un recorrido breve a lo largo del tiempo vamos a relatar algunos de los descubrimientos -los más significativos- que incitaron al estudio y posteriormente al conocimiento en profundidad de esta propiedad de los carbones. Así, Sheele, en 1773, y Fontana, en 1777, descubren que los carbones podrían adsorber grandes volúmenes de gases o de aire, (1,2). Aunque se experimentó extensivamente con el carbón y Sahizzo, en particular, observó que carbones diferentes tenían un comportamiento distinto y que algunos gases se adsorbían más rápidamente que otros, no se llegó a hacer un estudio sistemático de este fenómeno hasta mediados del siglo XIX (1). En 1875, Lowitz observó la propiedad de los carbones para eliminar la coloración de algunos líquidos (3); Hunter (1865) y Stenhouse (1856), experimentando con un gran número de vapores de sustancias orgánicas, encontraron que la capacidad adsorbente de los carbones variaba con la procedencia de los mismos (4-6).

La adsorción de gases por carbones encontró un gran número de aplicaciones importantes en el laboratorio, tales como la producción de alto vacío por Tait y Deward y la separación de los gases nobles a partir del aire por Ramsay (7)(8). Aún cuando en aquel momento se tenían más conocimientos sobre la adsorción de gases en carbón, la primera aplicación industrial de los carbones se basaba en la adsorción de solutos en disolución; así, las grandes cantidades de carbón exigidas en el refinado del azúcar hizo que Ostrejko (1900) desarrollara un proceso de preparación de carbones activos



consistente en la carbonización de una mezcla de materiales de origen vegetal en presencia de cloruros de elementos metálicos o por la acción del dióxido de carbono o del vapor de agua sobre los materiales carbonizados,(9)(10). Desde aquel momento hasta el actual, el estudio de la preparación y propiedades adsorbentes de los carbones ha adquirido tal auge que ha llamado la atención y despertado un gran interés en numerosos investigadores.

La definición más general que hemos encontrado del carbón activo hace referencia a su procedencia y preparación. Así, se define el carbón activo como una forma porosa de carbón preparada mediante carbonización y activación de sustancias de origen animal, vegetal o mineral. En la carbonización se eliminan los productos volátiles y durante la activación se modifica la estructura de los carbones en el sentido de incrementar el volumen de poros y la superficie interna, desarrollándose su capacidad para adsorber gases, vapores, o solutos en disolución.

Otro hecho que vamos a mencionar se refiere a la clasificación de los carbones, ya que en ella se incluyen los carbones activos. Tradicionalmente se han clasificado los carbones en dos grupos: "carbones amorfos", donde se incluía el carbón activo junto con los negros de carbón y productos no activados resultantes en la descomposición térmica de sustancias orgánicas y "carbones cristalinos" que incluyen el grafito y diamante. Esta clasificación se ha hecho inadecuada al comprobarse, por difracción de rayos X, que el carbón activo, negros de carbón y otros materiales carbonosos, poseen una estructura microcristalina que, dependiendo de la forma de preparación, se parece más o menos a la del grafito. En la actualidad no existe ninguna clasificación de los diferentes tipos de carbones que se acepte totalmente y todos los intentos realizados en este sentido están limitados por la subjetividad particular de cada autor y sometidos a críticas más o menos serias.

1.2.- PREPARACION DE LOS CARBONES ACTIVOS

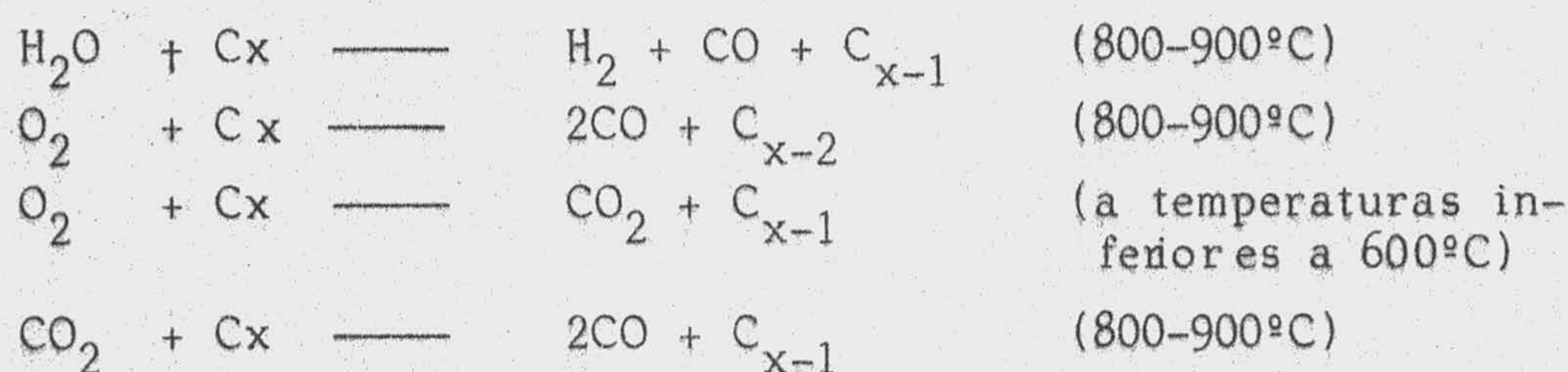
En la denominación carbón activo se incluyen un conjunto de materiales con propiedades adsorbentes y catalíticas características. Estas propiedades dependen fundamentalmente de la procedencia y del proceso de preparación del carbón activo.

La preparación de un carbón activo tiene lugar, generalmente, en dos etapas: la carbonización del material original y la activación del producto carbonizado. A veces, estos dos procesos se pueden realizar simultáneamente en una misma etapa.

En la etapa de carbonización, el material de partida se calienta, bien en ausencia de aire, o bien en presencia de cantidades predeterminadas del mismo, a temperaturas normalmente inferiores a 700°C (11). Durante la carbonización se eliminan, en forma gaseosa, el oxígeno e hidrógeno producidos en la descomposición pirólítica del material de partida; los átomos libres del carbón elemental se agrupan en formaciones cristalográficas organizadas, conocidas como cristalitas grafiticos elementales. El producto resultante tiene, generalmente, poca capacidad adsorbente debido a su pequeño volumen de poros y a la inaccesibilidad a los mismos desde el exterior.

En algunas ocasiones, y en la misma etapa de carbonización, se utilizan sales deshidratantes -procesos denominado a veces de "activación química"-, tales como cloruros de calcio, magnesio o cinc, para catalizar el proceso de carbonización. Estas sales se mezclan con la madera u otro material celulósico en una proporción, frecuentemente denominada como grado de impregnación, que determina los cambios que experimentará el carbón activo en su estructura, siendo el grado de impregnación una medida del grado de activación química (12).

En una segunda etapa, denominada de activación, se exponen los carbones resultantes en el proceso de carbonización a la acción de gases oxidantes a elevadas temperaturas, normalmente entre 800 y 900°C, con la finalidad de incrementar su superficie los gases utilizados más frecuentemente, y que actúan como oxidantes, son vapor de agua, oxígeno o dióxido de carbono; estas sustancias, además de reaccionar y consumir gradualmente el carbón, eliminan los hidrocarburos adsorbidos y otras sustancias producidas en el proceso de carbonización, materiales que, por otra parte, suelen oxidarse más rápidamente que incluso el mismo carbón. Las reacciones que tienen lugar en estos procesos dependen del gas oxidante utilizado y de la temperatura; se representan, de forma simplificada, a continuación:



La extensión de la activación, que suele medirse por el tanto por ciento de quemado, influye en las propiedades del producto final. Así, a medida que aumenta la activación (mayor tanto por ciento de quemado), disminuye la densidad aparente y aumenta el volumen de poros y la superficie interna. Todo parece indicar que en las etapas iniciales de la activación se eliminan los materiales adsorbidos y se abren canales que estaban cerrados. Al progresar la activación se producen dos procesos, uno consistente en aumentar el número de poros y canales presentes en la estructura y otro en la creación de un sistema de microporos por oxidación selectiva de las partes más reactivas presentes en la estructura del carbón.

Como se indicó anteriormente, las propiedades adsorbentes y catalíticas propias de un carbón activo dependen, además del método de preparación, de la naturaleza del material original. Por esta

razón, como la mayor contribución a la superficie total de un adsorbente se debe a los microporos presentes en el mismo, creemos interesante el relacionar el origen de éstos con la naturaleza del material de partida. Se ha sugerido que los microporos se forman mediante la oxidación de pequeños grupos de átomos, que son más reactivos que la estructura cristalina grafitica (13), y que el ataque oxidante sobre las capas superficiales de carbón tiene lugar de forma irregular (14). Por consiguiente, interesa que al carbonizar el material original se obtenga una gran distribución superficial de átomos de carbono reactivos pues, de esta forma, mediante el proceso de activación posterior se obtendrán carbones activos con una superficie elevada y un gran volumen de microporos. Lógicamente, en aquellos materiales de partida que contengan una gran cantidad de defectos, debidos principalmente a imperfecciones superficiales o defectos de la red cristalina, se verá favorecida la acción del proceso de carbonización, creación de una estructura con gran número de átomos de carbono reactivos, y la posterior acción del gas oxidante, consistente en la oxidación de grupos de tales átomos.

1.3.- PROPIEDADES Y CARACTERIZACION DE LOS CARBONES ACTIVOS

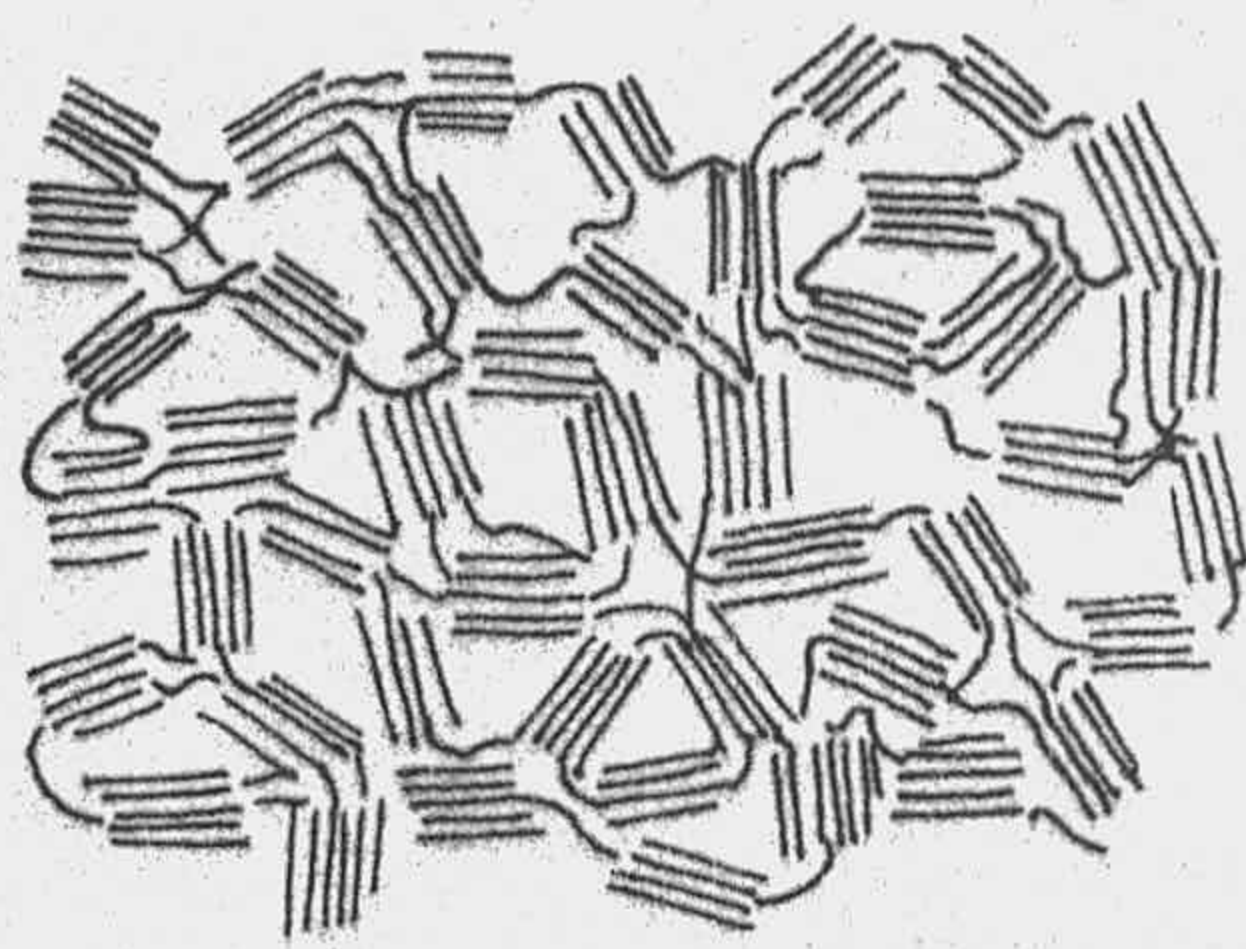
En este apartado pretendemos hacer una descripción básica y general de las propiedades de los carbones activos, ya que consideramos que un tratamiento exhaustivo del tema resultaría demasiado extenso saliendo del campo de objetivos que nos hemos marcado en el presente trabajo, así como de los métodos utilizados más frecuentemente para la determinación de las mismas y que tendrían como resultado de su aplicación la caracterización de los carbones activos. Trataremos de resaltar aquellos aspectos que consideremos de importancia para la interpretación de los resultados experimentales y los calculados a partir de ellos.

1.3.1.- ESTRUCTURA CRISTALINA

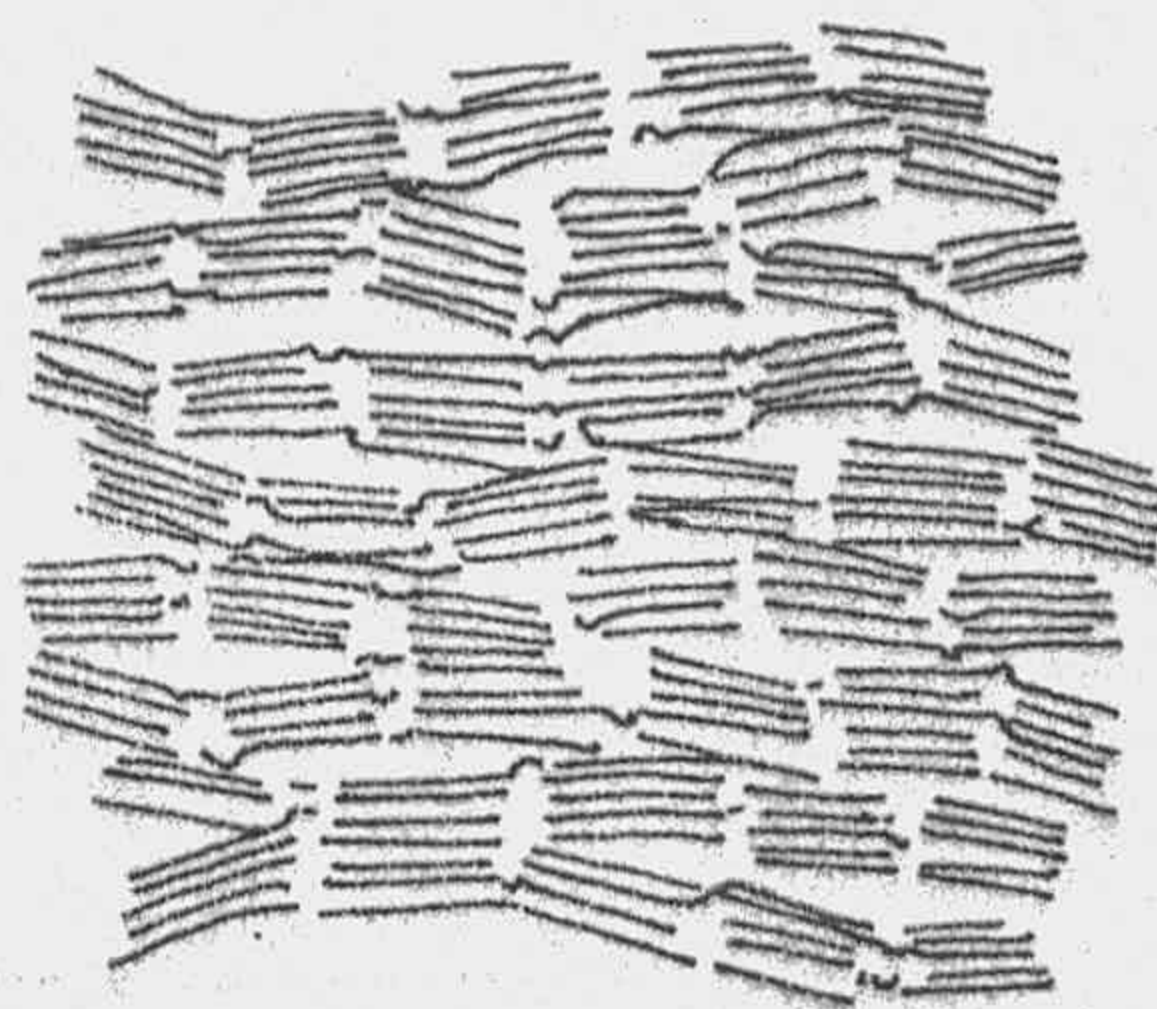
Los carbones activos presentan una estructura y propiedades dependientes de ella, más o menos similares a las del grafito (15). Según Bernal (16), el grafito presenta una estructura formada por capas de átomos de carbono ordenados en hexágonos regulares, siendo la distancia entre los átomos de carbono contiguos pertenecientes a una misma capa de 1'42 A y el espaciado entre las capas paralelas de 3'35 A. La estructura de los carbones activos es mucho menos ordenada que la del grafito. En base del análisis de los resultados de rayos-X, Riley (17) propone un tipo de estructura para los carbones activos formada de cristalitos elementales. Estos son en dos dimensiones análogos al grafito, compuestos de capas paralelas de átomos de carbono ordenados hexagonalmente; sin embargo la estructura de los carbones activos difiere de la del grafito en que los planos paralelos no están perfectamente orientados con respecto al eje perpendicular común y el desplazamiento angular de una capa con respecto a otra es al azar. Las capas se superponen unas a otras de forma irregular.

Para este ordenamiento, Biscoe y Warsen (18) han propuesto el término de "estructura turbostrática" (Figura 1) en la que los cristalitos elementales se orientan al azar y sus dimensiones dependen, entre otras cosas, de la temperatura de carbonización. No obstante, los carbones activos contienen una parte de su estructura ordenada, grafitica, y otra desordenada, de tal forma que, dependiendo de su historia térmica, algunos carbones activos contienen desde el 25 al 75% de cristalitos grafiticos.

Al someter los carbones activos a elevadas temperaturas tiene lugar un proceso de grafitización, esto es, aumenta la cantidad relativa de estructura grafitica. Simultáneamente, aumenta el tamaño de los cristalitos y se ven afectadas sus propiedades: aumenta la densidad, se eliminan complejos superficiales, disminuye la porosidad,



a



b

FIGURA 1.- Estructura del carbón activo
a) estructura de carbón activo no grafitizado
b) estructura de carbón activo grafitizado

y, por lo tanto, la superficie total. Las propiedades adsorbentes propias de una superficie heterogénea evolucionan hacia las de una homogénea, la superficie del carbón se hace más uniforme desde un punto de vista energético; aparece un máximo del calor de adsorción a fracciones de cubrimiento próximas a la unidad, debida a las interacciones laterales entre las moléculas, aparecen varias etapas en la isoterma, correspondiendo cada una de ellas a la formación de una capa completa, etc.

1.3.2.- CARACTERISTICAS QUIMICAS DE LOS CARBONES ACTIVOS

Las propiedades adsorbentes de los carbones activos estan relacionadas con su estructura porosa y con su composición química. En la estructura de los carbones activos suelen encontrarse perturbaciones originadas por la presencia de capas grafíticas imperfectas y turbostráticas en los microcristalitos elementales, produciéndose un cambio en el ordenamiento de las nubes electrónicas en el esqueleto carbonado con la formación de valencias residuales o electrones no apareados que influyen de una forma especial en la adsorción de sustancias polares o facilmente polarizables (19), o por la presencia de heteroátomos.

Los carbones activos contienen elementos unidos químicamente tales como el hidrógeno, oxígeno, etc. Estos elementos pueden estar presentes en el material de partida y permanecer como consecuencia de una carbonización imperfecta o bien se unen a él químicamente durante el proceso de activación. Además, los carbones activos contienen componentes inorgánicos, no pertenecientes a las partes orgánica del producto, y que se transforman en cenizas al realizar el proceso de carbonización en presencia de aire.

La cantidad y la naturaleza de los componentes inorgánicos dependen del tipo de carbón activo (20)(21). Para un mismo

carbón activo, el porcentaje de componentes inorgánicos aumenta con el grado de carbonización del material de partida y de la extensión en que se realice la activación del producto carbonizado resultante, ó lo que es igual con la cantidad eliminada de carbón.

Los componentes inorgánicos pueden eliminarse de un carbón activo, siempre que su presencia no sea deseable, por diferentes métodos, aunque los seguidos más frecuentemente emplean ácidos minerales, tales como fluorhídrico y clorhídrico (20)(22)(23). No obstante, la utilización del ácido fluorhídrico suele catalizar la formación de complejos superficiales de oxígeno en el carbón activo (20) y se originan cambios en la porosidad (23).

La presencia de componentes inorgánicos en un carbón ejerce una acción catalítica en los procesos de activación con vapor de agua (24) y con dióxido de carbono (19), influyendo también de forma significativa (incluso cuando se encuentran presentes en pequeñas cantidades) en la adsorción de electrolitos y no electrolitos en disolución (21)(22), así como sobre la adsorción de gases (25). En el caso de la adsorción de sustancias polares en disolución, se produce en general un aumento de la cantidad adsorbida al aumentar el contenido de componentes inorgánicos, debido a que éstos aumentan los defectos en la estructura elemental del carbón activo (26).

El contenido de componentes inorgánicos de un carbón activo tiene una importancia especial cuando éste se utiliza como adsorbente en disolución. Así, dependiendo del disolvente utilizado, pueden disolverse los componentes inorgánicos, modificar el pH de la disolución e influir sobre el proceso de adsorción. También determinar las aplicaciones catalíticas de los carbones activos pues, de igual forma que los óxidos superficiales, pueden promover reacciones especiales de oxidación (27) y producir la descomposición de la sustancia tratada.

El hidrógeno y oxígeno presentes en un carbón activo ejercen una influencia más importante sobre las propiedades adsorbentes así como sobre otras propiedades de estos materiales. Estos elementos se unen a los átomos de carbono mediante enlaces químicos y difieren de las cenizas en que son componentes de la parte orgánica en la estructura química del carbón activo. Los átomos de carbono superficiales y los implicados en un defecto reticular saturan sus valencias residuales formando enlaces con hidrógeno, oxígeno y otros elementos, unen cristalitas vecinos, proporcionan sitios donde se enlazan productos resultantes en el proceso de carbonización y sustancias polares en el proceso de adsorción (28)(29) y reducen la movilidad del nitrógeno adsorbido físicamente (30).

Smith (31), en 1863, fué probablemente el primer investigador en sugerir que cuando el oxígeno se adsorbe en la superficie de un carbón experimenta un cambio químico. Encontró que mientras el nitrógeno y otros gases adsorbidos en un carbón se eliminaban fácilmente el oxígeno, por el contrario, se desorbía como dióxido de carbono, después de un calentamiento fuerte. Baker (32), poco después indicó que un carbón desgasificado podía fijar oxígeno incluso a -13°C . Rhead y Wheeler (33) llegan a la conclusión de que el oxígeno se combina directamente con el carbón formando complejos químico físicos de composición variable, C_xO_y , que al calentarlos en un intervalo amplio de temperaturas dan lugar a una mezcla de monóxido y dióxido de carbono. Ward y Rideal (34) encuentran que el calor de adsorción del oxígeno sobre carbón, incluso a 0°C , es del orden de 40 Kcal/mol, sugiriendo que el enlace carbono-oxígeno es de naturaleza química. Otros investigadores han encontrado valores más elevados del calor de adsorción, variando entre 60 y 84 Kcal/mol.

En la actualidad se sabe que casi todos los tipos de carbón tienen complejos superficiales de oxígeno induciendo propiedades por la que un carbón puede resultar útil en algunos casos.

En los últimos años se han desarrollado métodos para la obtención de complejos superficiales carbono-oxígeno. Estos métodos se clasifican en dos grupos: (1) métodos en los que se utilizan gases oxidantes, y (2) métodos basados en el empleo de disoluciones oxidantes. Los gases oxidantes utilizados con mayor frecuencia son oxígeno, óxidos de nitrógeno, vapor de agua y dióxido de carbono. Las disoluciones oxidantes son de permanganato potásico, ácidos nítrico, mezcla de ácido nítrico y sulfúrico, cloro, etc. Una información extensa y detallada de todos los procesos de preparación se puede encontrar en un trabajo de Puri (35).

Los complejos superficiales de oxígeno formados mediante el tratamiento de carbones con oxígeno u otros gases oxidantes son estables normalmente a temperaturas inferiores a las de su formación, incluso en condiciones de elevado vacío. Pero, independientemente a los métodos de preparación, se puede decir que son estables generalmente a temperaturas próximas a 250°C. Cuando se desgasifican a esta temperatura, el gas desprendido consta principalmente de dióxido de carbono y vapor de agua. Alrededor de 500°C, sin embargo, empieza a producirse monóxido de carbono y, a medida que aumenta la temperatura, disminuye la proporción CO_2/CO hasta tal punto que a temperaturas superiores a 600°C el gas desprendido consta prácticamente de monóxido de carbono. No obstante, estudios realizados sobre la pirólisis de algunos carbones han demostrado que los complejos de oxígeno son de más de un tipo y que la composición del gas desprendido, a una temperatura determinada, depende del tipo y de la cantidad de complejo descompuesto a esa temperatura. También se encuentran indicaciones en la bibliografía sobre la existencia de grupos superficiales definidos que originan dióxido de carbono y, de forma similar, otras entidades distintas son las responsables del desprendimiento de monóxido de carbono. Así, en algunos trabajos se sugiere que el dióxido de carbono proviene de grupos carboxílicos y sus derivados, tales como lactonas, mientras que el monó-

xido de carbono es el principal producto resultante en la descomposición de quinonas, hidroquinonas y fenoles (36)(37)(38). Por lo que respecta al agua, parece ser que procede de hidroquinonas y fenoles.

La mayoría de autores distinguen entre dos tipos principales de superficies carbono-oxígeno, diferenciándose entre sí en numerosas propiedades, una de las cuales es su reactividad como ácidos o bases.

Según Dubinin, en las reacciones entre el oxígeno gaseoso y la superficie de un carbón activo se forman complejos de oxígeno de naturaleza química diferente, dependiendo de la temperatura del tratamiento. A temperaturas algo inferiores a 100°C se forman complejos superficiales de oxígeno que, al hidratarse, dan lugar a grupos básicos hidroxílicos y a temperaturas comprendidas entre 300 y 500°C se forman, una vez que ha tenido lugar la hidratación de los complejos de oxígeno, compuestos ácidos; los grupos resultantes tienen, en ambos casos, capacidad de cambio iónico (27)(39). Dubinin indica también que los óxidos básicos ocupan solamente el 2% del área superficial mientras que los ácidos cubren hasta el 20%. Steenberg ha propuesto los términos de carbones H o L para denominar a aquellos carbones que adsorben solamente ácidos minerales o alcalis, respectivamente (40).

Además del oxígeno, el hidrógeno está presente en la mayoría de los carbones, lo cual es lógico si se considera que los carbones son productos resultantes de la pirólisis de compuestos orgánicos. El hidrógeno se encuentra en los carbones activos como constituyente del agua químisorbida, de los grupos fenólicos, hidroquinónicos o, posiblemente, carboxílicos, y, además, combinado directamente a los átomos de carbono. En el último caso, la unión carbono-hidrógeno es más fuerte que la correspondiente a la del carbono-oxígeno y, aunque se desprende como gas en cantidades apreciables

cuando los carbones se desgasifican a temperaturas entre 500 y 600°C no se elimina completamente ni siquiera cuando se aumenta la temperatura hasta 1200°C.

Se han hecho muchas sugerencias, a veces contradictorias sobre la distribución del hidrógeno en la estructura del carbón. Así, Smith y col.(41) estudiando carbones activos y negros de carbón con distinto grado de quemado llegan a la conclusión de que el hidrógeno está localizado uniformemente en la estructura del carbón y que en muestras tratadas a 1000°C disminuye el contenido de hidrógeno, posiblemente a consecuencia de la elevada temperatura. Otros autores, sin embargo, encuentran una distribución no muy uniforme del hidrógeno entre las partículas de carbón (42)(43)(44).

En los carbones activos suele encontrarse, junto con los componentes mencionados anteriormente, azufre, nitrógeno, cloro y otros elementos. Por lo que respecta al azufre, aunque existen pocas investigaciones que hagan referencia a los complejos superficiales carbono-azufre, estudios realizados por Puri indican que la cantidad fijada de azufre sobre un carbón depende de la naturaleza del reactivo utilizado y, para un reactivo dado, del contenido de oxígeno e hidrógeno, del grado de insaturación superficial y de la estructura porosa del carbón (45). La presencia de azufre en la superficie de un carbón puede resultar interesante cuando se utiliza para eliminar vapores de mercurio (46) o solutos en disolución y, en otras ocaxiones, dicha presencia es poco deseable, sobre todo cuando el carbón activo se va a emplear como soporte de catalizadores, en cuyo caso el azufre puede producir el envenenamiento del catalizador.

1.3.3.- CARACTERISTICAS FISICAS DE LOS CARBONES ACTIVOS

Los carbones activos presentan superficies internas muy elevadas -del orden de varios cientos de metros cuadrados por gramo- debido al gran desarrollo de su estructura porosa (47)(48). La

densidad aparente de un carbón activo comercial varía entre 0'6 y 1'2 g/cm³, mientras que la densidad verdadera de un carbón es próxima a la del grafito (2'25 g/cm³). Comparando ambos valores se deduce que los carbones activos presentan un elevado volúmen de poros por unidad de masa del sólido.

Cuando se habla de las densidades de un sólido hay que distinguir entre la densidad aparente (en algunas ocasiones denominada densidad de partícula o de contorno) y la densidad verdadera. La densidad aparente hace referencia al volumen limitado por la superficie externa, es decir, al volumen de grano sin excluir poros y fisuras, y puede determinarse directamente por desplazamiento de mercurio. La densidad verdadera se define como la masa del sólido por unidad de volumen, excluyendo de éste el volumen total de poros, y se considera que la determinada por desplazamiento de helio es la que se aproxima más a su valor, dado que el helio es la molécula más pequeña y bajo el supuesto de que no se produce adsorción de esta molécula a la temperatura a la que se realizó la experiencia. Con los valores de las densidades aparente y verdadera se puede obtener el volumen total de poros, V_p , aplicando la expresión.

$$V_p = \frac{1}{d_{Hg}} - \frac{1}{d_{He}}$$

Existen otros métodos que permiten el cálculo de la porosidad total de un sólido adsorbente, basados en los datos de adsorción de N₂ a 77°K y en los obtenidos por difracción de rayos X de pequeño ángulo.

El volumen de poros accesibles a una molécula de tamaño determinado puede obtenerse por inmersión del carbón en el fluido pignométrico o midiendo la cantidad adsorbida de un vapor en la saturación. En estas determinaciones se considera que el llenado de los poros se produce con el adsorbato en estado líquido, suposición que no es cierta en muchos casos, y además se ha encontrado que los valores de las densidades calculados dependen de la tensión su-

perforación del líquido. Con los valores calculados de las densidades utilizando fluidos diferentes, y por tanto con distinto tamaño molecular, se puede obtener una distribución de porosidad aplicando la expresión:

$$V_a = \frac{1}{d_{Hg}} - \frac{1}{d_a}$$

donde V_a representa el volumen de los poros accesibles a una molécula en particular.

Existen otros muchos métodos que se aplican para obtener información sobre la distribución de tamaño de poros, de un carbón activo -y con ello de su estructura-, pero lo normal es que cada uno de ellos sea aplicable a una zona del espectro de tamaños de poros en concreto y a continuación se reúnen los resultados obtenidos -cuya fiabilidad puede ser variable- con los distintos métodos con lo que se dispondrá de una distribución total de la porosidad. La distribución de tamaños de meso o macroporos se puede hacer a partir de los datos de porosimetría de mercurio, aplicando la ecuación de Kelvin a las ramas de adsorción-desorción de las isothermas de N_2 a $77^\circ K$, mediante la adsorción de colorantes de tamaño molecular apropiado, y por microscopía óptica y electrónica. Por lo que respecta a los microporos, existen intentos teóricos para conocer la distribución de sus tamaños como son, por ejemplo, las ecuaciones de Kadlec (49) y Medek(50); se suelen utilizar también vapores de distinto tamaño molecular y, como ya se indicó anteriormente, determinando densidades mediante fluidos de diferente tamaño.

Aunque la mayoría de los adsorbentes porosos, y muy especialmente los carbones activos, están lejos de poseer un tamaño uniforme de poros, existen diferentes propuestas de clasificación de los mismos, según su tamaño. Dubinin (48)(51)(52) clasifica los poros, atendiendo a su tamaño, en macroporos (con radios mayores que 500Å), poros de transición (con radios comprendidos entre 16 y 500Å)

y microporos (que son los que poseen radios inferiores a $15-16 \text{ \AA}$) López González y colaboradores (53) proponen otra clasificación de los poros, según las dimensiones de los mismos, denominando microporos a aquellos poros que posean un tamaño máximo de 10 \AA y que corresponderían a la zona de la isoterma de adsorción que fuese lineal según la ley de Henry; miniporos, a aquellos poros con tamaños comprendidos entre 10 y 25 \AA , que corresponderían al codo de la isoterma de adsorción; mesoporos, con tamaños comprendidos entre 25 y 500 \AA y que corresponden a la zona donde se produce la condensación capilar; por último, los macroporos, con tamaños superiores a 500 \AA correspondientes a la zona de presiones cercanas a la saturación.

Los macroporos, que constituyen la variedad de poros de mayor tamaño presentes en un carbón activo, pueden observarse con un microscopio ordinario y su volumen se puede determinar directamente por porosimetría de mercurio (54)(55). el volumen de macroporos presentes en un carbón activo oscila entre 0.2 y $0.5 \text{ cm}^3/\text{g}$, contribuyendo a la superficie específica total del sólido entre 0.5 y $2 \text{ m}^2/\text{g}$. Estos valores indican que los macroporos no juegan un papel importante en el proceso de adsorción sobre los carbones activos.

Los poros de transición, también denominados mesoporos o poros intermedios, son observables por microscopía electrónica, y en ellos puede darse la condensación capilar mediante la formación de un menisco con el adsorbato como líquido. El volumen de mesoporos presente en los carbones activos suele ser inferior a $0.1 \text{ cm}^3/\text{g}$ y la superficie específica, que normalmente no excede del 5% de la total, es del orden de $20-70 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$. No obstante, algunos carbones activos en los que se ha desarrollado de una forma especial su mesoporosidad, con el objeto de utilizarlos en la adsorción de solutos en disolución. presentan superficies comprendidas entre 200 y $400 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$.

Los microporos constituyen la variedad de poros de menor tamaño presentes en un carbón activo, pudiéndose observar por microscopía electrónica de alta resolución. El volumen de microporos encontrado para los carbones activos suele estar comprendido entre 0'15 y 0'50 cm³/g y la superficie específica debida a estos microporos varia, normalmente, entre 400 y 900 m²/g, constituyendo la mayor contribución a la superficie total de un carbón activo (47). Los microporos suelen llenarse por el adsorbato a presiones relativas bajas, antes de iniciarse la histeresis en la isoterma de adsorción, y, por lo tanto, en los poros con estas dimensiones no tiene lugar la condensación capilar.

Anteriormente se han indicado algunos de los métodos que se suelen utilizar para conocer la porosidad total y la distribución de tamaños poros en los carbones activos. Para poder completar el estudio de la textura de los carbones activos vamos a indicar, de forma muy resumida, algunos de los métodos que se aplican en la determinación de las superficies específicas la mayor parte de estos métodos se basan en la aplicación de una ecuación a los datos de la adsorción física de gases; en estos casos suelen presentarse dificultades, debidas a la existencia de constricciones o al hecho de que se llenan los microporos incluso a presiones relativas muy bajas. Otros, como el denominado "punto a punto" y el de cromatografía gaseosa de adsorción, se fundamentan en realizar el proceso de adsorción a presión elevada. Entre los métodos calorimétricos encontramos el de Harkins y Jura (56), el basado en la determinación de calores de inmersión y la calorimetría de adsorción. También se pueden determinar superficies específicas mediante el cálculo de dimensiones de partículas o permeabilidades y realizando la adsorción de solutos en disolución.

1.3.4.- ADSORCION DE GASES

Cuando dos fases se ponen en contacto, en la interfase se produce variación en la concentración de alguna sustancia; a este fenómeno se denomina adsorción. En la terminología utilizada se llama adsorbente a la sustancia sobre la cual se retiene otra, que recibe el nombre de adsorbato. Por otra parte, cuando las moléculas adsorbidas se liberan de la superficie del adsorbente para pasar a la fase gaseosa se está produciendo el proceso de desorción.

Numerosas, experiencias han demostrado que, para un mismo sistema en idénticas condiciones, la adsorción es proporcional a la superficie del adsorbente. Se trata de un fenómeno superficial en el cual las moléculas de adsorbato se fijan sobre la superficie del adsorbente en virtud de distintas fuerzas atractivas que entran en juego y que se deben, fundamentalmente, a la asimetría de fuerzas que existe en toda la interfase.

Como es conocido, se acepta convencionalmente que la adsorción de un adsorbato por un adsorbente sólido puede tener lugar de dos formas límites, aunque existe la posibilidad de otras intermedias. En una de ellas, las moléculas de adsorbato, sin que se modifique su naturaleza química, se unen a la superficie del adsorbente por fuerzas electrostáticas relativamente débiles, idénticas a las fuerzas intermoleculares de cohesión (fuerzas de Van der Waals); a este proceso se le denomina adsorción física. En la otra, se produce un intercambio o compartición de electrones entre el adsorbato y el adsorbente, de tal forma que tiene lugar una reacción química, con la formación de un enlace químico; esto constituye la llamada quimiadsorción o adsorción química. Se habla de adsorción activada cuando es necesario comunicar una cierta cantidad de energía al sistema con el fin de que pueda tener lugar el proceso de adsorción.

La adsorción física y quimisorción difieren fundamentalmente en la naturaleza de las fuerzas que originan dichos procesos. Esta diferencia suele mostrarse con efectos distintos en el proceso de adsorción los cuales se comentan, resumidamente, a continuación. En la adsorción física, el calor de adsorción es del mismo orden que el calor de condensación de las moléculas adsorbidas, no siendo superior a varias Kcal. por mol, mientras que en la adsorción química el calor de adsorción tiene un valor mucho más elevado, comparable a la energía de los enlaces químicos, siendo del orden de 10 a 100Kcal/mol. Sin embargo no existe una diferencia nítida entre ambos procesos. La adsorción física y la quimisorción se diferencian también en la temperatura de adsorción; así, mientras que a temperaturas bajas (próximas a la temperatura de condensación del adsorbato) está favorecida la adsorción física, a medida que se incrementa la temperatura a la cual se realiza el proceso se ve favorecida la quimisorción. Otros aspectos que distinguen ambos tipos de adsorción son la especificidad (la quimisorción es específica y la adsorción física no) y el número de capas adsorbidas (la adsorción física es multimolecular mientras que la adsorción química es monomolecular).

En el caso de la adsorción física de gases, la cantidad adsorbida en el equilibrio es una función de la presión, temperatura, y también de la naturaleza del gas y del sólido. Los parámetros que se miden normalmente en la adsorción física de gases son la cantidad de gas adsorbida por gramo de sólido desgasificado a la presión de equilibrio P (expresada frecuentemente como presión relativa, P/P_0) y la temperatura. Estos datos se suelen representar de las siguientes formas: (1) a temperatura constante, la cantidad adsorbida, V , se representa en función de la presión de equilibrio, P , obteniéndose la isoterma de adsorción; (2) a presión constante, la cantidad adsorbida, V , se representa en función de la temperatura, T , de donde se obtiene la isobara de adsorción, y (3) para una cantidad adsorbida constante, la presión de equilibrio se representa frente a la temperatura, siendo el resultado la isostera de adsorción.

No obstante, el método más utilizado para representar los datos de adsorción es el de la isoterma. En la adsorción de gases y vapores sobre carbones se suelen encontrar normalmente cuatro formas de isotermas. La isoterma de Langmuir o tipo I de la clasificación de B.D.D.T. denota la presencia de microporosidad en el adsorbente y muestra una total reversibilidad en el proceso de adsorción-desorción. La mayor parte de la adsorción (llenado de los microporos) tiene lugar a presiones relativas bajas. De la isoterma tipo II se puede destacar el hecho de que en la región de las bajas presiones de volumen adsorbido aumenta de forma menos pronunciada que en el caso de la isoterma tipo I; también se observa la presencia de un punto de inflexión en la curva, seguido de un tramo que es casi lineal, y, finalmente, que la cantidad adsorbida aumenta rápidamente a presiones próximas a la saturación. Esta isoterma es característica de la adsorción en multicapa y posiblemente de algún fenómeno de condensación capilar reversible. Como la isoterma tipo I, la II es completamente reversible.

La isoterma tipo III corresponde normalmente, al caso de la adsorción sobre sustancias porosas. En este tipo de isoterma se presentan dos zonas, cada una con un significado diferente. La primera es el resultado de la formación de la monocapa y/o de la adsorción en microporos; la segunda zona sería consecuencia de la formación de multicapas y de la condensación capilar.

La isoterma tipo IV tiene forma parecida a la isoterma tipo II aunque a diferencia con esta última (que a presiones relativas próximas a $P/P_0 \approx 1$ se hace asintótico con respecto al eje y) la de tipo IV al aproximarse a presiones relativas de $P/P_0 \approx 1$ de una rama horizontal casi paralela al eje X. Esta isoterma suele presentar histéresis aunque algunas isotermas de otros tipos también lo pueden presentar.

1.3.5.- ADSORCION EN DISOLUCION

Las propiedades adsorbentes de un carbón activo se suelen estudiar realizando la adsorción en fase gaseosa, ya que la interpretación de los resultados es más fácil que en la adsorción en disolución. No obstante, en el segundo caso se pueden obtener isothermas de adsorción de forma más simple y sin necesidad de recurrir a aparatos especiales (57).

La adsorción en disolución se puede utilizar para determinar la superficie específica de un sólido y la distribución de tamaño de microporos siempre que se empleen solutos de tamaño molecular apropiado (58) y que sea sólo el soluto en disolución (adsorbato) el que realmente interaccione con la superficie del adsorbente. En caso de que el disolvente fuese retenido también sobre la superficie del adsorbente los resultados obtenidos para las superficies específicas del mismo tendrían que ser corregidos adecuadamente.

Los métodos experimentales utilizados en el estudio de la adsorción en disolución se basan en la determinación de la concentración de una disolución antes y después de poner la misma en contacto con el adsorbente (59). En esta determinación, la mayor fuente de error puede originarse por la lentitud (bastante mayor que en la adsorción en fase gaseosa) con la que las moléculas de soluto se difunden en el líquido hacia la interfase sólido líquido; en consecuencia, resulta esencial la agitación de la disolución (59)(60). En el caso de la adsorción de gases era fundamental el desgasificado del adsorbente y ahora es menos importante e incluso se olvida con bastante frecuencia.

Existen muchos métodos para determinar la concentración de la disolución y su elección depende del sistema objeto de estudio y de la precisión del equipo. Los utilizados más frecuentemente son: volúmetricos, gravimétricos, espectrofotométricos, refractométricos, conductimétricos y potenciométricos; en algunos casos pueden utilizarse métodos radioquímicos.

Después de estudiar la adsorción en disolución de numerosos solutos por una gran variedad de sólidos adsorbentes, Giles estableció una relación de las características deseables que debía reunir un soluto para su utilización en la determinación de superficies específicas (61). De éstas, las más importantes, cuando se trata de determinar la superficie específica de un carbón activo, son las siguientes :

- propiedades hidrofóbicas, que permiten su adsorción por sólidos no polares.
- tamaño molecular pequeño y molécula preferentemente plana, apropiada para ser adsorbida en monocapa.
- con actividad superficial limitada, para que no se formen micelas tridimensionales.
- color, para facilitar el análisis.
- soluble en agua y en disolvente no polares.

Aunque es muy poco probable el encontrar un soluto que satisfaga todas estas exigencias satisfactoriamente, Giles sugiere el empleo del p-nitrofenol debido a que reúne estos requerimientos en el caso de una gran variedad de materiales adsorbentes.

1.4.- APLICACIONES DE LOS CARBONES ACTIVOS

Dado el gran número de aplicaciones que los carbones activos tienen en la actualidad, una revisión completa sería excesivamente extensa y se encuentra fuera de los objetivos que nos hemos fijado en esta memoria. Por ello, vamos a dar una visión general y resumida acerca de las aplicaciones más importantes de los carbones activos (12), como son:

- a) Recuperación de disolventes. El principio de la separación de mezclas gaseosas por adsorción es conocido desde 1905, fecha en que fué patentado por Dewar, aunque no se utilizó extensivamente hasta 1916 en la recuperación de sustancias volátiles, habiendo

tomado un gran auge desde sus inicios hasta el momento presente. La mayor parte de los disolventes utilizados en la industria son volátiles, por lo que su escape en los lugares de trabajo, además de la pérdida económica, pueden originar intoxicaciones, explosiones (cuando alcancen concentraciones límites), etc. La recuperación se realiza pasando los vapores a través de un lecho de carbón activo que retiene los vapores, los cuales se extraen posteriormente con vapor de agua. Este método tiene la ventaja de su bajo costo y alta eficiencia.

- b) Desodorización del aire. El aire contenido en habitaciones cerradas tiene siempre un cierto olor desagradable. La eliminación de dicho olor puede hacerse reemplazando el aire existente por otro fresco (procedimiento sencillo pero costoso) ó haciendo circular el aire a través de unos filtros con carbón activo, que adsorberá el olor. Este último procedimiento es mucho más económico que el anterior y de uso generalizado en la actualidad.
- c) Decoloración. En muchos casos, la coloración de muchas sustancias es producida por ciertas impurezas, que pueden ser fácilmente eliminables por carbón activo; tal es el caso del azúcar, vinos, aceites, etc.
- d) Depuración de aguas. Los residuos industriales han ocasionado un aumento considerable en la contaminación de las aguas destinadas a la bebida o para el riego. La depuración de las aguas destinada a la bebida suele realizarse mediante su tratamiento con cloro y carbón activo. El carbón tiene una doble misión: por un lado, elimina un excesivo contenido de cloro en el agua y, por otro, adsorbe los olores y sabores que harían su bebida desagradable.
- e) Catálisis en la industria química. El carbón activo como catalizador tiene pocas aplicaciones, en la industria química, pero dado la elevada superficie específica que presenta es un excelente soporte de catalizadores, siendo ésta una aplicación muy importante en la actualidad, por lo que la técnica de preparación de carbones activos ha sido paralela al desarrollo industrial.

1.5.- OBJETIVOS DEL PRESENTE TRABAJO

Dado el gran número de aplicaciones, a nivel industrial y de laboratorio, que presentan los carbones activos, aplicaciones que tienden a aumentar en un futuro próximo (62)(63)(11) la investigación sobre las condiciones de preparación de los mismos, materiales de partida, etc., ocupa un lugar prominente en los países desarrollados industrialmente, en los que se buscan materiales de partida económicos para obtener carbones activos de propiedades adecuadas como adsorbentes y de coste mínimo.

En este aspecto debemos resaltar la labor realizada por el Departamento de Química Inorgánica de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada en la búsqueda de materias primas y demás condiciones necesarias para obtener carbones activos que reúnan las características anteriormente indicadas. Las materias primas estudiadas en este Departamento han sido diversos subproductos agrícolas, tales como hueso de aceituna orujo (64)(65) y cáscara de almendra (66)(67)(53), las cuales han servido para preparar carbones activos con posibles aplicaciones industriales.

Nosotros, siguiendo esta línea de investigación del Departamento, nos hemos propuesto utilizar un subproducto agrícola abundante en Andalucía, como son los restos de madera de olivo) que se vienen utilizando como combustible y que en la actualidad se está investigando la posibilidad de utilizarlos, convenientemente transformados, como pienso para el ganado. Esta madera la vamos a utilizar como material de partida en la preparación de carbón activo. Por todo ello, en este trabajo nos hemos fijado los siguientes objetivos:

- 1.- Estudiar la posible utilización de la madera de olivo como materia prima de partida para obtener carbón activo.
- 2.- Preparar carbón activo siguiendo el método clásico (12) de carbonización y posterior activación con CO_2 y utilizando un método

puesto apunto en el Departamento (67) y que consiste en preparar el carbón activo en una sola etapa, en la cual se realiza la carbonización y la activación simultánea.

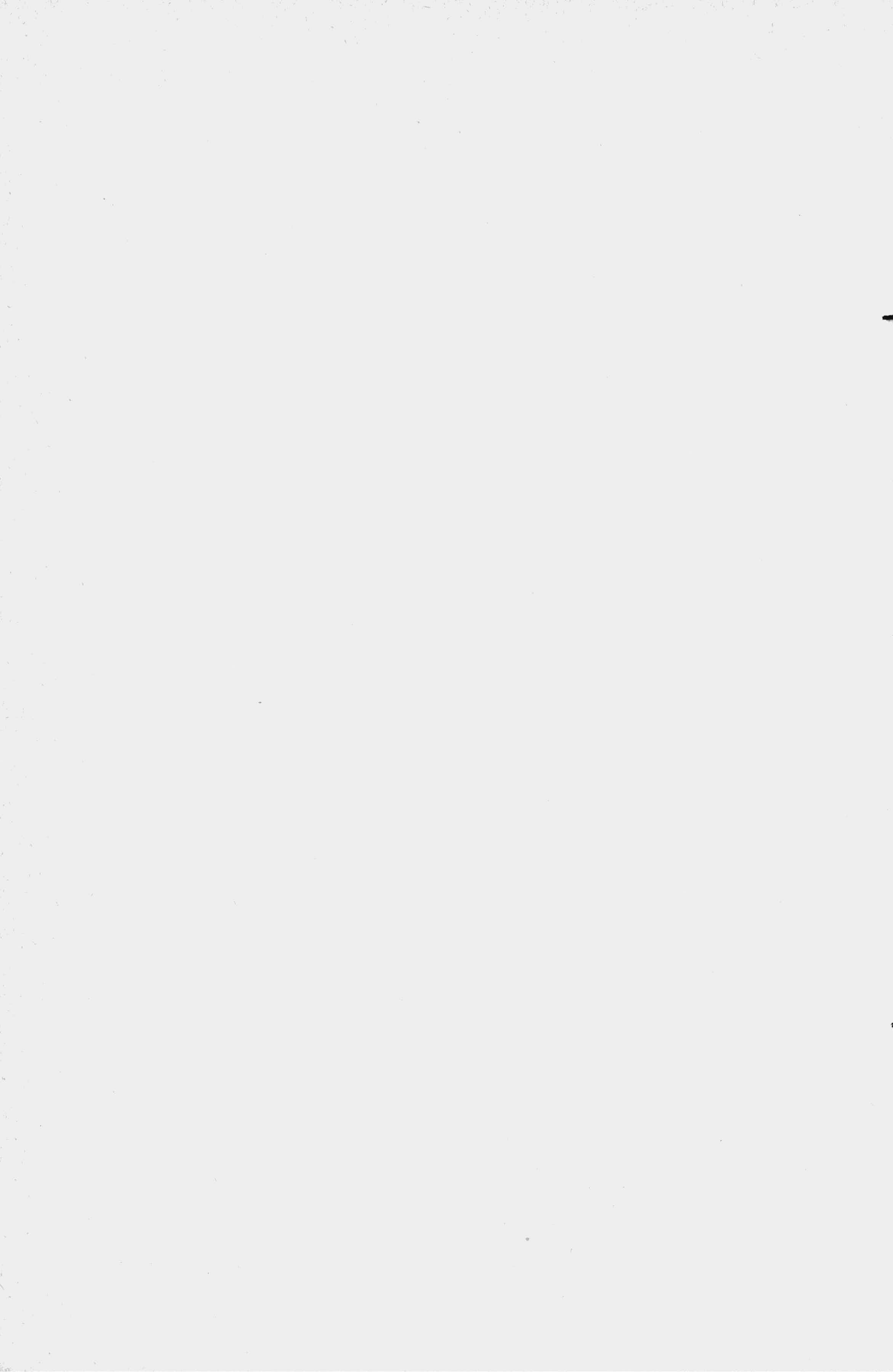
3.- Se pretende obtener información acerca de la influencia en las propiedades de los carbones activos de las diferentes condiciones de preparación, tiempo de carbonización y activación, temperatura de ambos procesos, velocidad de calentamiento y realizar la activación en una o dos etapas.

4.- Estudiar la posible influencia de la edad de la madera de partida en las propiedades de los carbones activos; por ello utilizaremos dos tipos de madera de olivo, una procedente de la tala, a la que denominaremos vieja, y otra procedente de la poda anual, a la cual llamaremos joven .

5.- Estudio de las propiedades adsorbentes de los carbonizados y activados, mediante la adsorción de gases y de solutos en disolución.

6.- Estudio de la distribución de meso y macroporos de dichos carbones mediante la porosimetría de mercurio.

En los capítulos siguientes relataremos brevemente los métodos experimentales seguidos, así como los resultados obtenidos, la discusión de los mismos y las conclusiones obtenidas a partir de nuestras investigaciones.



II.- MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTALES





II.- MATERIALES Y METODOS EXPERIMENTALES

2.1.- MATERIAS PRIMAS

Como se ha indicado anteriormente, la madera de olivo es un subproducto agrícola abundante en Andalucía, que encuentra pocas aplicaciones; prácticamente casi toda ella es quemada y por ello hemos creído interesante buscarle una aplicación como material de partida para la obtención de carbón activo.

La madera utilizada en este trabajo nos fue suministrada por la Sdad. E. de óxidos y pinturas S.A. (Jaen) en forma de troncos, que posteriormente fueron troceados al tamaño de láminas de 0'5x5x10 cm. Se han utilizado dos tipos de madera de olivo; uno, procedente de la tala y otro de la poda, a los cuales denominaremos en adelante madera vieja (MV) y madera joven (MJ), respectivamente. Ambos tipos de madera fueron tratados con sulfúrico 1:1 en tres sesiones de 24 horas de duración cada una, manteniendo el sistema en agitación mecánica durante todo el tiempo que duró el tratamiento. Transcurrido el cual se lavó la madera con agua destilada, hasta ausencia de iones sulfatos. Finalmente, la madera se dejó secar al aire.

2.2.- PROCESOS DE CARBONIZACION Y ACTIVACION

Para la realización de los procesos de carbonización y activación se ha utilizado un horno cilíndrico horizontal, fabricado por la Casa Heraeus de Alemania, provisto de un sistema para el control de la temperatura, el cual ha sido ya utilizado en este Departamento en anteriores ocasiones y está detalladamente descrito en la bibliografía (65).

Las muestras que iban a ser carbonizadas eran pesadas en unas navecillas de cuarzo e introducidas posteriormente en el interior del horno, haciendo pasar a su través un flujo de nitrógeno constante al objeto de conseguir una atmósfera inerte durante el proceso de carbonización. A continuación se elevó la temperatura del horno con una velocidad de calentamiento de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ hasta conseguir la temperatura de carbonización deseada. Las temperaturas empleadas fueron de 200 a 1000°C en intervalos de 100°C , manteniendo en todos los casos las muestras a dicha temperatura durante un tiempo de una hora, transcurrido el cual se dejó enfriar el horno hasta la temperatura ambiente, pasando el mismo flujo de nitrógeno y procediendo a sacar las muestras del horno y pesarlas para calcular su rendimiento.

Al objeto de ver la influencia del tiempo de carbonización en la activación posterior se ha preparado una muestra de madera joven y otra de madera vieja a la temperatura de 800°C y tiempo de carbonización de 8 horas.

Las muestras resultantes de la carbonización a 800°C durante un tiempo de una hora, procedentes de ambos tipos de madera, fueron pesadas e introducidas en el horno indicado anteriormente pasando a su través un flujo de CO_2 (gas activante utilizado) de $110\text{cm}^3/\text{min}$, elevando la temperatura, con velocidades de calentamiento de $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ o de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$, hasta 775°C , temperatura elegida para la activación. Las muestras se mantuvieron en estas condiciones durante los tiempos de 1,4, 8 y 14 horas, enfriando a continuación el horno hasta la temperatura ambiente. Durante el proceso de enfriamiento se mantuvo el flujo de CO_2 , procediéndose a continuación al pesado de las muestras para calcular el rendimiento.

Del mismo modo se procedió con las muestras cuyo tiempo de carbonización había sido de ocho horas, aunque en estos casos la velocidad de calentamiento utilizada fué únicamente de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

También hemos obtenido carbones activos procedentes de los dos tipos de madera efectuando la activación directa (sin previa carbonización, de dichos materiales) utilizando el mismo agente activante, es decir, CO_2 , una velocidad de calentamiento de $5^\circ\text{C}/\text{min}$, temperatura de activación de 775°C y tiempo de activación de 1,4, 8 y 14 horas.

Una vez obtenidos los carbones activos, éstos fueron molturados y tamizados, quedandonos para su posterior estudio con el tamaño de partícula comprendido entre 0'5 y 0'8 mm.

2.3.- SISTEMA DE ADSORCION DE GASES

El estudio de la capacidad adsorbente de las muestras preparadas por nosotros se ha realizado en un aparato de adsorción de gases.

Estas experiencias suelen realizarse midiendo el volumen o el peso del gas adsorbido por la muestra en función de la presión, métodos que son conocidos como volumétricos y gravimétricos, respectivamente. En nuestro caso, considerando la capacidad adsorbente y el gran número de muestras, hemos optado por el método gravimétrico.

El sistema gravimétrico que hemos utilizado se basa en el que fue propuesto originalmente por McBain(68) adecuadamente modificado por nosotros y que en esencia consta de las secciones de : vacío previo, alto vacío, adsorción, medida de presión y dosificación de gases; una descripción detallada del aparato utilizado se puede encontrar en la referencia bibliografía (66).

2.4.- GASES UTILIZADOS

Los gases utilizados tanto en los procesos de carbonización y activación, como en la obtención de las isothermas de adsorción han sido N_2 (N-48) y CO_2 (N-48), los cuales nos fueron suministrados por la Sociedad Española de oxígeno (S.E.O).

2.5.- TEMPERATURA DE ADSORCION DE GASES

Las isothermas de adsorción de nitrógeno sobre las muestras objeto de estudio han sido realizadas a las temperaturas de 77 y 90°K. Estas temperaturas fueron obtenidas utilizando nitrógeno líquido suministrado por el servicio de crioscopia de la Universidad de Granada en el primer caso y, en el segundo, oxígeno líquido suministrado por la Sociedad Española de Oxígeno(S.E.O).

La adsorción de CO_2 sobre las muestras ha sido realizado a la temperatura de 273°K, la cual se consiguió con una mezcla de hielo y agua destilada en equilibrio.

2.6.- POROSIMETRIA DE MERCURIO

La distribución del tamaño de poros puede ser determinada midiendo el volumen de mercurio que penetra en la muestra en función de la presión aplicada. Washburn (69) supone que todos los poros del material son cilindricos y basandose en esto obtiene una relación entre el radio del poro y la presión aplicada.

Es evidente que en un carbón existen poros de formas muy diferentes, lo que, unido a la incertidumbre en los valores de la tensión superficial del mercurio y su ángulo de contacto en poros pequeños hace que este método tenga una aplicación limitada (70). No obstante, los valores que se obtengan tendrán un valor comparativo.

Las porosimetrías de mercurio han sido realizadas con un porosímetro Carlo Erba, Modelo 2000, con el cual se puede conseguir una presión máxima de 2000Kg/cm^2 que corresponde al llenado de poros iguales o mayores de 37 \AA de radio; es decir, la distribución de poros que obtendremos estará comprendida en la zona de los macro y mesoporos de hasta 37 \AA de radio.

2.7.- ADSORCION DE P-NITROFENOL

Los carbones activos tienen buenas propiedades adsorbentes, tanto para gases como para solutos en disolución, por lo que se aplican extensamente para ambos fines. Además, la adsorción en disolución sirve para complementar los resultados obtenidos en la adsorción de gases.

En la adsorción en disolución se pueden utilizar diferentes adsorbatos, los cuales deben reunir preferentemente las condiciones indicadas en el apartado 1-3-5. El p-nitrofenol es el adsorbato que parece reunir mejor dichas condiciones y por ello ha sido elegido por nosotros (61).

Para la adsorción en disolución fueron pesadas cantidades variables de las muestras entre 5 y 160 mg, a las cuales se le adicionaron 50 ml de disolución de p-nitrofenol de concentración comprendida entre 10^{-4} y 2×10^{-3} M, dependiendo de la capacidad adsorbente de la muestra. Dichas disoluciones habían sido tamponadas con una disolución reguladora ácido acético, acetato sódico, de $\text{PH} = 4$.

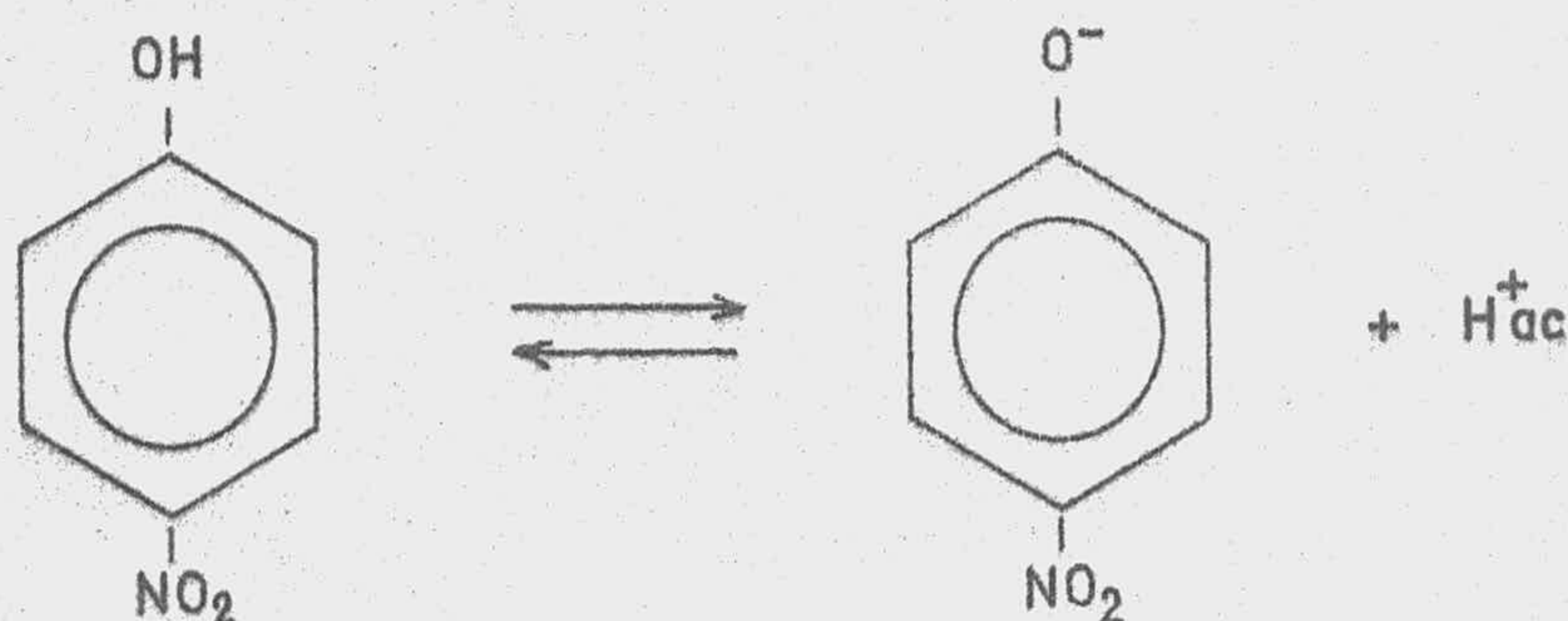
Con anterioridad habíamos realizado experiencias para poner de manifiesto si el buffer empleado por nosotros era adsorbido por el carbón activo y, por lo tanto, podía competir en la ad-

sorción con el p-nitrofenol. En todos los casos observamos que, en las condiciones de trabajo a las que se realizaron las experiencias de adsorción, la concentración de iones acetato y ácido acético permanecía constante en la disolución.

A continuación, los matraces erlenmeyer usados como células de adsorción, que contenían las muestras de carbón y el adsorbato, fueron introducidas en un baño termostático provisto de sistema de agitación y mantenidos allí a la temperatura de $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$ durante un tiempo de 8 a 13 días (dependiendo de la capacidad adsorbente de la muestra), tiempo sobradamente suficiente para alcanzar el equilibrio adsorción-desorción, según experiencias realizadas previamente.

Transcurrido dicho tiempo, la disolución en contacto con el adsorbente fué separada por decantación y la concentración fué determinada por un método analítico espectrofotométrico(71).

El p-nitrofenol en disolución acuosa se disocia como sigue :



Esta disociación es muy sensible a la temperatura y al pH; de forma que el equilibrio se encuentra desplazado hacia la forma de anión fenolato en medio fuertemente básico y hacia la forma sin disociar, a un pH inferior a 5.

Por esta razón, hemos obtenido las curvas espectrales de una disolución de 10^{-4} M a pH = 4 y pH = 12, las cuales se en-

cuentran representadas en la Figura 2. En dicha figura, en la curva espectral realizada a pH=4 aparece un máximo de absorbancia a una $\lambda = 315$ nm, mientras que, a pH=12, el máximo aparece a $\lambda = 395$ nm, que corresponde a la forma aniónica.

Con el fin de ver cómo varia la absorbancia de las disoluciones del p-nitrofenol en función del grado de disociación del mismo hemos estudiado la absorbancia de una disolución 10^{-4} M en función del pH, la cual se encuentra representada en la Figura 3.

En ella se puede observar que la absorbancia de la disolución no varia entre los pH=1 y pH=5, es decir, en esa zona de pH el p-nitrofenol se encuentra sin disociar y a partir de un pH > 5 empieza a disociarse y, por lo tanto, a variar la absorbancia la cual se estabiliza nuevamente cuando se encuentra totalmente disociada a un pH=9'6, permaneciendo constante desde dicho pH hasta un pH=12.

De todo lo anteriormente indicado se deduce que para poder medir espectrofotométricamente el p-nitrofenol hay que trabajar en medio ácido a pH < 5, o en medio básico, a pH comprendido entre 9'6 y 12'0.

A continuación se comprobó el cumplimiento de la ley de Beer a ambas longitudes de onda y realizando las medidas en medio ácido (pH=4) y en medio básico (pH=12).

Los resultados obtenidos se encuentran indicados en las Tablas 1 y 2. y la representación de $A=f(c)$ ha dado lugar a la Figura 4, en la cual se puede observar que cuando el pH de la disolución es igual a 4, dicha ley se cumple hasta 42 ppm, mientras que a pH=12 sólo se cumple hasta 22 ppm.

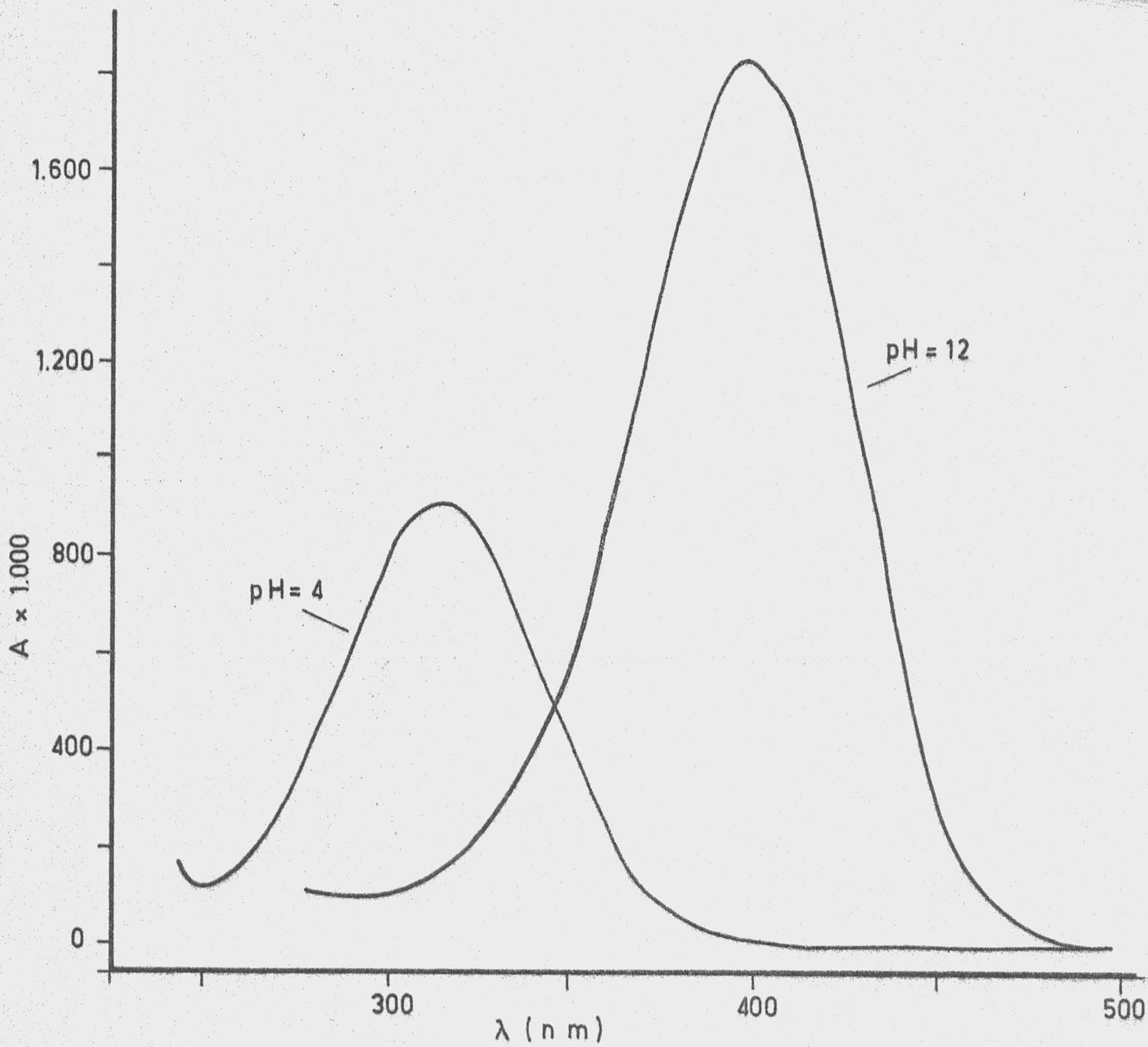


FIGURA 2.- Curvas espectrales del p-nitrofenol en disolución acuosa

FIGURA 3.- Variación de la absorbancia del p-nitrofenol con el p-H.

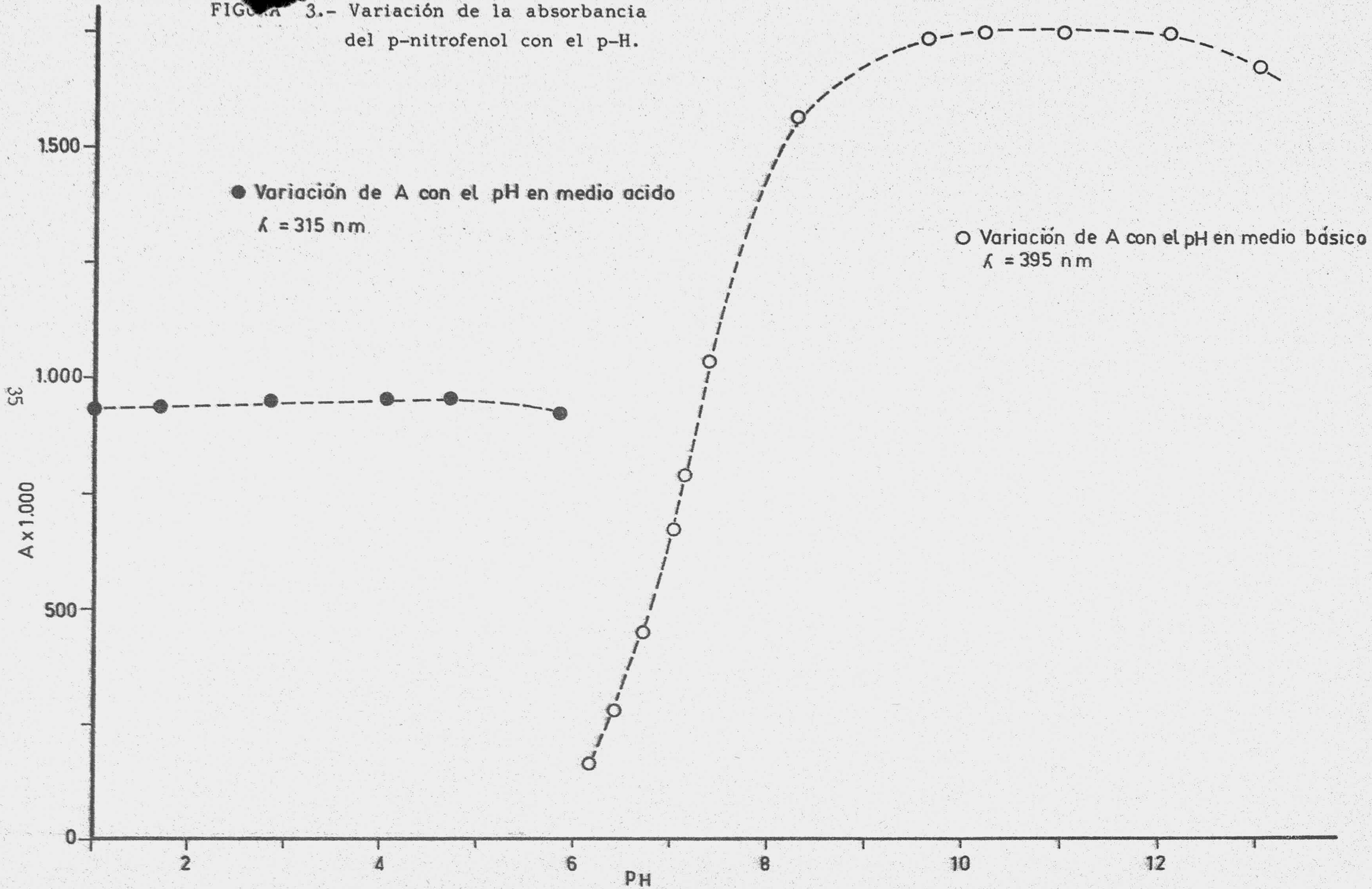


TABLA 1

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE p-NITROFENOL A PH = 4

$\lambda = 315 \text{ nm}$

Concentración (p.p.m.)	Ax1000	% T	100-%T
1'39	106	78'34	21'66
2'78	198	63'39	36'61
4'17	296	50'58	49'42
5'56	385	41'21	58'79
6'96	489	32'43	67'57
8'35	573	26'73	73'27
9'74	683	20'75	79'25
11'13	781	16'56	83'44
12'52	880	13'18	86'82
13'91	966	10'81	89'19
16'69	1.174	6'70	93'30
19'48	1.365	4'32	95'68
22'26	1.560	2'75	97'25
25'04	1.745	1'80	98'20
27'82	1.940	1'15	98'85
30'60	2.153	0'70	99'30
33'39	2.347	0'45	99'55
36'17	2.558	0'28	99'72
38'95	2.748	0'19	99'81
41'73	2.960	0'11	99'89

TABLA 2

DETERMINACION ESPECTROFOTOMETRICA DE p-NITROFENOL A pH =12
 $\lambda = 395 \text{ nm}$

Concentración (p.p.m.)	Ax1000	%T	100-%T
0'28	35	92'26	7'74
0'83	106	78'34	21'66
1'11	141	72'28	27'72
1'39	177	66'53	33'47
2'23	282	52'24	47'76
2'78	351	44'57	55'43
4'17	527	29'72	70'28
5'56	710	19'50	80'50
6'96	887	12'97	87'03
8'35	1066	8'59	91'41
9'74	1247	5'66	94'34
11'13	1413	3'86	96'14
12'52	1601	2'51	97'49
13'91	1794	1'61	98'39
16'69	2112	0'77	99'23
19'48	2456	0'35	99'65
22'26	2825	0'15	99'85

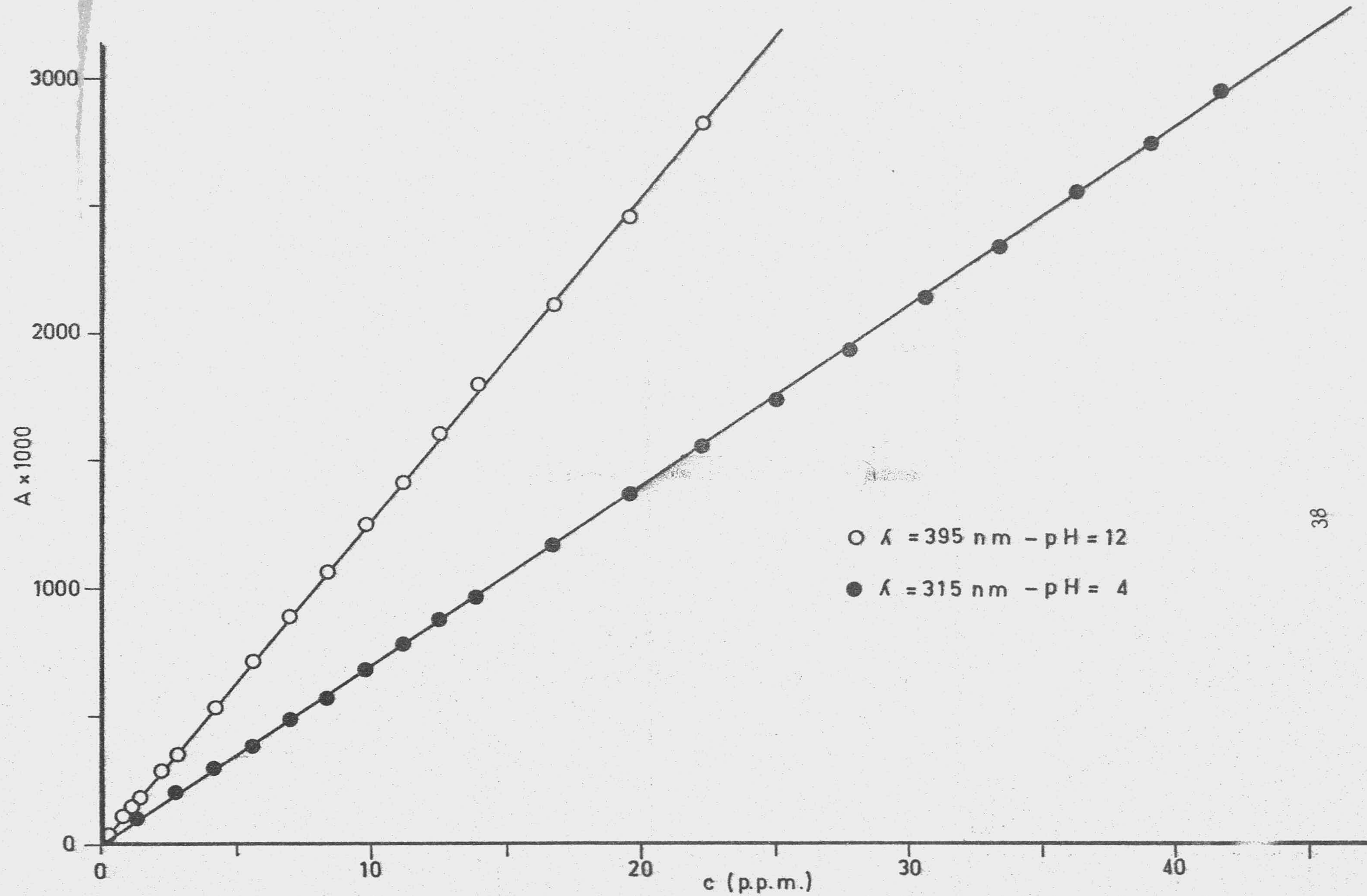


FIGURA 4.- Aplicación de la ley de Beer a las disoluciones de p-nitrofenol

La aplicación del criterio de Ringbom (72) a los datos de las Tablas 1 y 2 dan lugar a la Figura 5, en la que se observa que la zona de óptima aplicabilidad está comprendida, para la disolución con pH = 4, entre 2×10^{-5} M (2'8 ppm) y 9×10^{-5} M (12'5 ppm) mientras en la disolución de pH=12 la zona de óptima aplicabilidad está comprendida entre 10^{-5} M (1'4 ppm) y 5×10^{-5} M (7'0 ppm). El hecho de que el criterio de Ringbom se cumpla en un rango más amplio en disolución con pH=4 nos ha hecho elegir este pH en nuestro trabajo.

Mediante el ajuste de la recta que incluye los puntos de menor error de medida, por el método de mínimos cuadrados, se obtiene un coeficiente de extinción $69'94 \times 10^{-3}$ unidades de absorbancia/ppm y un coeficiente de correlación lineal de $r = 0'9998$, lo que indica que existe buena linealidad dentro del intervalo elegido.

2.8.- REACTIVOS Y OTROS MATERIALES

El ácido sulfúrico utilizado en este trabajo fué suministrado por la casa PANREAC y es de pureza reactivo análisis.

El paranitrofenol empleado como adsorbato en disolución se adquirió a la casa Brititish Droug House (B.D.H.) Inglesa y es de pureza reactivo análisis.

El ácido acético y el acetato sódico utilizados para preparar la disolución reguladora de pH 4 nos fue proporcionado por la casa Merck, siendo ambos de igual pureza que los anteriores.

El mercurio usado en los aparatos de adsorción de gases y porosimetría procedió de las minas de Almaden S.A. Dicho mercurio fué sometido a un proceso de purificación química y posterior destilación al objeto de eliminar las impurezas presentes.

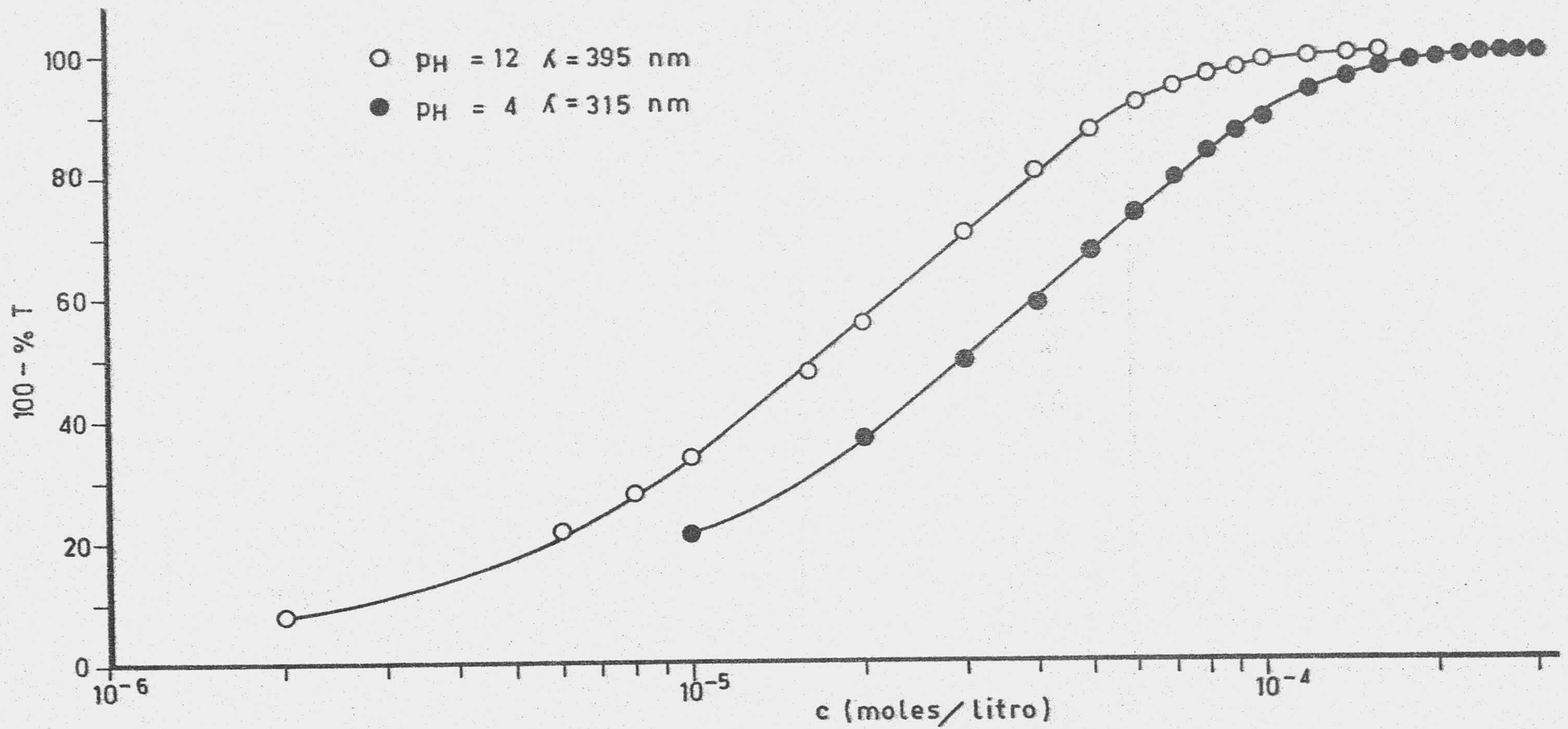


FIGURA 5.- Aplicación del Criterio de Ringbom a las disoluciones de p-nitrofenol.

Para la adsorción del paranitrofenol a $20 \pm 0.1^\circ\text{C}$ se ha utilizado un baño termostático provisto de un sistema de agitación y control de temperatura de la casa Gallemkan.

El espectrofotometro utilizado ha sido un Beckman modelo 25 .



III.- RESULTADOS EXPERIMENTALES



III.- RESULTADOS EXPERIMENTALES

En este apartado daremos cuenta de los resultados obtenidos siguiendo los métodos experimentales anteriormente descritos, así como de los cálculos mínimos necesarios para que los datos puedan presentarse coherentemente.

3.1.- PROCESO DE CARBONIZACION

Como indicamos anteriormente se han realizado, en las condiciones descritas, carbonizaciones de la madera vieja y joven. Los rendimientos obtenidos a cada temperatura aparecen indicados en la Tabla 3 y su representación para cada tipo de madera ha dado lugar a la Figura 6.

Se han realizado también carbonizaciones de ambos tipos de madera a la temperatura de 800°C y durante un tiempo de carbonización de 8 horas. Los rendimientos obtenidos son del 30% en ambos casos (Tabla 3).

Hay que hacer constar que para conseguir la cantidad adecuada de muestra se han realizado, en cada caso, varios procesos de carbonización y que los rendimientos que se dan corresponden a la media de dichos procesos, referidos al peso de madera, una vez que esta fue tratada con disolución de H_2SO_4 , lavada y secada.



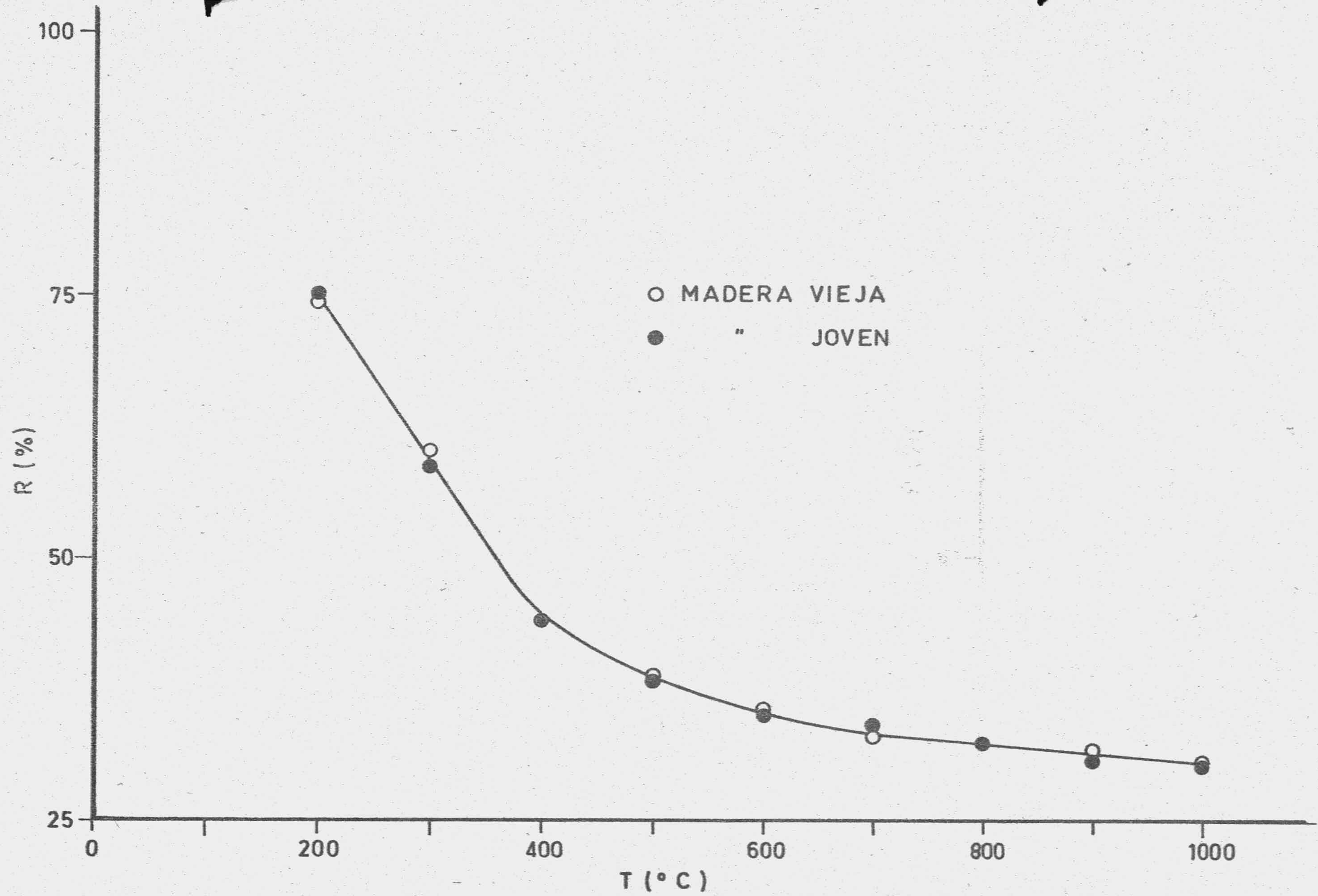


FIGURA 6.- Rendimiento del proceso de carbonización.

TABLA 3

RENDIMIENTOS DE LOS PROCESOS DE CARBONIZACION

Temperatura de Carbonización °C	Madera Vieja	Madera Joven
	Rendimiento %	Rendimiento %
200- 1 hora	75	75
300- "	59	60
400- "	44	44
500- "	39	39
600- "	35	36
700- "	33	33
800- "	33	33
900- "	31	32
1000- "	31	31
800°C-8 horas	30	30

3.2.- PROCESO DE ACTIVACION

Las muestras de ambos tipos de madera, tratadas a 800°C durante una hora, fueron activadas a la temperatura de 775°C y tiempos de activación de 1, 4, 8 y 14 horas. En todos los casos, para conseguir la temperatura de activación deseada (775°C) se han utilizado dos velocidades de calentamiento distintas: 2°C/min y 5°C/min.

Los rendimientos obtenidos en los procesos de activación, así como la nomenclatura empleada se encuentran indicados en la Tabla 4

Para facilitar la comprensión de la nomenclatura utilizada vamos a indicar el significado de los símbolos y números utilizados en dicha nomenclatura. La letra A nos indica que se trata de un carbón activo; el primer número que aparece representa el tiempo de activación del carbonizado y la segunda letra, V (vieja) o J (joven), indica la edad de la madera utilizada para preparar los carbonizados. El superíndice se refiere al tiempo de carbonización y el subíndice representa la velocidad de calentamiento del horno hasta conseguir la temperatura de activación. Por ejemplo, la nomenclatura A-1-V₅⁸ representa:

- A = Activado
- 1 = Tiempo de activación durante 1 hora
- V = Procedente de madera vieja
- 8 = Tiempo de carbonización, 8 horas
- 5 = Velocidad de calentamiento, 5°C/min.

La activación de las muestras carbonizadas durante 8 horas se ha realizado del mismo modo que las anteriores aunque aquí la velocidad de calentamiento utilizada hasta lograr la temperatura de activación fue de 5°C/min.

Los resultados experimentales y la nomenclatura se han incluido también en la Tabla 4 .

TABLA 4

RENDIMIENTO DE LOS PROCESOS DE ACTIVACION, PREVIA CARBONIZACION

Tiempo de carbonización	Velocidad de calentamiento	Tiempo de activación (h)	AV		AJ	
			Rendimiento	Nomenclatura	Rendimiento	Nomenclatura
1h	5°C/minuto	1	29	A-1-V ₅ ¹	29	A-1-J ₅ ¹
		4	23	A-4-V ₅ ¹	24	A-4-J ₅ ¹
		8	16	A-8-V ₅ ¹	15	A-8-J ₅ ¹
		14	11	A-14-V ₅ ¹	11	A-14-J ₅ ¹
	2°C/minuto	1	29	A-1-V ₂ ¹	29	A-1-J ₂ ¹
		4	23	A-4-V ₂ ¹	23	A-4-J ₂ ¹
		8	16	A-8-V ₂ ¹	15	A-8-J ₂ ¹
		14	11	A-14-V ₂ ¹	10	A-14-J ₂ ¹
8h	5°C/minuto	1	29	A-1-V ₅ ⁸	30	A-1-J ₅ ⁸
		4	26	A-4-V ₅ ⁸	24	A-4-J ₅ ⁸
		8	19	A-8-V ₅ ⁸	18	A-8-J ₅ ⁸
		14	13	A-14-V ₅ ⁸	12	A-14-J ₅ ⁸

La activación directa de las muestras (sin previa carbonización) se realizó con una velocidad de calentamiento de 5°C/min y los rendimientos así como la nomenclatura utilizada están recopilados en la Tabla 5

Como ya indicamos anteriormente, los rendimientos que se dan son la media de las diferentes activaciones realizadas para conseguir la cantidad adecuada de muestra y están referidas al peso de madera de partida.

3.3.- ANÁLISIS QUÍMICO Y CONTENIDO EN CENIZAS

Con el objeto de conocer la naturaleza de la madera de partida, así como la de los carbonizados y activados, se ha realizado el análisis químico elemental* y determinado el contenido en cenizas de algunas muestras representativas. Los resultados experimentales se encuentran en la Tabla 6 .

3.4.- ADSORCIÓN DE GASES

Para obtener información acerca de las propiedades de la superficie de las muestras, se ha efectuado la adsorción de diferentes gases sobre las mismas a las temperaturas adecuadas en cada caso y los resultados obtenidos nos han permitido la obtención de las correspondientes isothermas. Las presiones se midieron con un catetómetro diferencial y han sido corregidas (65) con respecto a:

- La dilatación térmica de la escala del catetómetro.
- Corrección debida a la aceleración de la gravedad.
- Depresión capilar.

* Los análisis fueron realizados en el Departamento de Química Orgánica General, C.S.I.C. (Madrid).

TABLA 5

RENDIMIENTO DE LOS PROCESOS DE ACTIVACION DIRECTA

Velocidad de Calentamiento	Tiempo de activación (h)	AV		AJ	
		Rendimiento	Nomenclatura	Rendimiento	Nomenclatura
5°C/minuto Activados directamente	1	32	A-1-V ₅	29	A-1-J ₅
	4	24	A-4-V ₅	24	A-4-J ₅
	8	18	A-8-V ₅	18	A-8-J ₅
	14	11	A-14-V ₅	11	A-14-J ₅

TABLA 6

ANALISIS QUIMICO ELEMENTAL

Muestra	%C	%H	%N	%S	%cenizas
Madera Vieja	56'22	5'68	0'56	0'00	1'2
Carbonizado de madera vieja 800°C-1 hora	61'45	0'73	0'53	0'00	4'7
A-8-V ¹ / ₅	74'29	0'40	0'51	0'00	8'4
Madera joven	47'11	6'01	0'52	0'59	2'0
Carbonizado de madera joven 800°C-1 hora	61'71	0'83	0'55	0'00	5'0
A-8-J ¹ / ₅	72'00	0'46	0'42	0'00	10'8

3.4.1.- ISOTERMAS DE ADSORCION

Con los carbonizados y con las muestras activadas, preparados en la forma descrita en apartados anteriores, se ha determinado la adsorción de N_2 a 77K. Además, sobre las muestras activadas se ha efectuado la adsorción de N_2 a 90K y CO_2 a 273K.

Los datos experimentales obtenidos se han transformado convenientemente en volumen de gas adsorbido (CNPT) por gramo de muestra y en presiones relativas de equilibrio. Representando gráficamente estos datos se han obtenido las correspondientes isotermas de adsorción.

3.4.1.1.- Isotermas de adsorción de N_2 a 77K

Los datos experimentales obtenidos y transformados según se ha indicado en el apartado anterior, correspondientes a la adsorción de N_2 a 77K, se encuentran recopilados en las tablas comprendidas entre la 7 y la 29, ambas inclusive. La representación de estos datos ha originado las Figuras 7 a 18.

3.4.1.2.- Isotermas de adsorción de N_2 a 90K

Utilizando el mismo dispositivo experimental y método operativo se han obtenido los datos de adsorción de N_2 a 90K, los cuales se recogen en las tablas comprendidas entre la 30 y 45, ambas inclusive, y su representación da lugar a las figuras que van de la 19 a la 26.

3.4.1.3.- Isotermas de adsorción de CO_2 a 273K

Operando en las condiciones indicadas anteriormente se han obtenido los datos de adsorción de CO_2 a 273K que se recogen

TABLA 7

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA JOVEN CON TIEMPOS DE CARBONIZACION DE 1 HORA

Temperatura de carbonización: 500°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
9'46	20'16	0'14	0'47	0'00068	1'304	3'494
19'33	32'79	0'28	0'59	0'00087	1'516	2'430
33'37	40'85	0'48	0'82	0'00123	1'611	1'747
42'72	45'69	0'61	0'93	0'00142	1'660	1'475
79'70	52'68	1'14	1'51	0'00244	1'722	0'890
116'66	61'01	1'67	1'91	0'00328	1'785	0'606
172'12	65'85	2'46	2'61	0'00495	1'819	0'371
237'55	72'56	3'39	3'27	0'00708	1'861	0'220
319'68	76'86	4'57	4'16	0'01094	1'886	0'116
420'02	82'51	6'00	5'09	0'01818	1'917	0'049
537'00	83'85	7'67	6'40	0'03839	1'924	0'013
699'95	84'93	10'00	8'24	-	1'929	-

Temperatura de carbonización: 600°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'19	50'82	0'12	0'16	0'00023	1'706	3'757
19'41	71'45	0'27	0'27	0'00039	1'854	2'444
30'26	79'50	0'43	0'38	0'00056	1'900	1'979
38'05	90'31	0'54	0'42	0'00063	1'956	1'616
76'46	96'60	1'08	0'79	0'00125	1'985	0'937
113'29	103'65	1'59	1'09	0'00183	2'028	0'636
173'25	108'93	2'44	1'59	0'00296	2'037	0'406
234'72	111'45	3'30	2'11	0'00443	2'047	0'231
316'11	112'71	4'45	2'80	0'00711	2'052	0'124
412'20	113'96	5'80	3'62	0'01213	2'057	0'056
537'24	115'23	7'56	4'66	0'02693	2'062	0'015
710'36	115'72	10'00	6'14	-	2'063	-

TABLA 8

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA JOVEN CON TIEMPOS DE CARBONIZACION DE 1 HORA

Temperatura de carbonización: 700°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'19	22'39	0'12	0'37	0'00052	1'350	3'757
19'41	35'58	0'27	0'55	0'00079	1'551	2'444
30'26	48'13	0'43	0'63	0'00092	1'682	1'879
38'05	57'13	0'54	0'67	0'00099	1'757	1'616
76'46	68'43	1'08	1'12	0'00176	1'835	0'937
113'29	78'27	1'59	1'45	0'00242	1'894	0'636
173'25	86'22	2'44	2'01	0'00374	1'936	0'406
234'72	92'71	3'30	2'53	0'00532	1'967	0'231
316'11	95'43	4'45	3'31	0'00840	1'980	0'124
412'20	97'94	5'80	4'21	0'01412	1'991	0'056
537'24	98'98	7'56	5'43	0'03135	1'996	0'015
710'36	99'82	10'00	7'12	-	1'999	-

Temperatura de carbonización: 800°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'46	27'43	0'15	0'38	0'00055	1'438	3'330
20'18	47'52	0'29	0'42	0'00063	1'677	2'370
36'68	62'34	0'53	0'59	0'00089	1'795	1'638
48'63	74'53	0'70	0'65	0'00100	1'872	1'340
83'67	83'33	1'20	1'00	0'00163	1'921	0'850
120'43	90'65	1'72	1'33	0'00230	1'957	0'583
175'52	97'56	2'51	1'80	0'00344	1'989	0'360
238'66	101'75	3'41	2'35	0'00500	2'008	0'218
319'34	103'84	4'57	3'08	0'00810	2'016	0'116
419'50	106'15	6'00	3'95	0'01414	2'026	0'049
537'32	108'03	7'69	4'97	0'03078	2'034	0'013
698'92	109'50	10'00	6'38	-	2'039	-

TABLA 9

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA JOVEN CON TIEMPOS DE CARBONIZACION DE 1 HORA

Temperatura de carbonización: 900°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'52	66'20	0'15	0'16	0'00023	1'821	3'353
21'06	77'27	0'30	0'27	0'00039	1'888	2'340
30'95	82'58	0'43	0'37	0'00055	1'917	1'856
38'27	89'45	0'54	0'43	0'00063	1'952	1'614
75'48	94'98	1'06	0'79	0'00125	1'978	0'951
111'84	102'07	1'57	1'10	0'00182	2'009	0'647
170'02	104'95	2'38	1'62	0'00298	2'021	0'388
235'27	106'72	3'30	2'20	0'00461	2'028	0'232
316'40	108'71	4'44	2'91	0'00734	2'036	0'125
411'73	114'91	5'77	3'85	0'01189	2'060	0'057
539'89	115'57	7'57	4'67	0'02697	2'063	0'015
713'07	116'46	10'00	6'12	-	2'066	-

Temperatura de carbonización: 1000°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'40	34'37	0'12	0'24	0'00034	1'536	3'735
20'54	39'34	0'29	0'54	0'00075	1'595	2'384
32'31	43'48	0'45	0'74	0'00108	1'638	1'816
41'72	47'83	0'58	0'87	0'00129	1'680	1'529
80'74	49'28	1'12	1'64	0'00257	1'693	0'902
118'46	51'97	1'67	2'28	0'00379	1'716	0'613
168'53	53'01	2'34	3'18	0'00577	1'724	0'397
240'09	54'46	3'34	4'41	0'00920	1'736	0'227
317'79	55'70	4'42	5'71	0'01422	1'746	0'126
420'64	56'32	5'85	7'47	0'02503	1'751	0'054
540'31	56'53	7'51	9'56	0'05347	1'752	0'015
719'06	56'73	10'00	12'72	-	1'754	-

TABLA 10

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA VIEJA CON TIEMPOS DE CARBONIZACION DE 1 HORA

Temperatura de carbonización: 500°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'24	24'33	0'12	0'34	0'00048	1'386	3'754
17'21	35'66	0'24	0'48	0'00069	1'552	2'617
28'00	41'54	0'39	0'67	0'00098	1'618	1'978
38'49	49'89	0'54	0'77	0'00114	1'698	1'608
76'50	57'27	1'07	1'34	0'00209	1'758	0'940
112'54	64'39	1'58	1'75	0'00290	1'809	0'643
169'64	70'29	2'38	2'41	0'00443	1'847	0'389
232'15	76'44	3'25	3'04	0'00631	1'883	0'238
318'11	80'37	4'46	3'96	0'01001	1'905	0'123
418'05	80'86	5'86	5'17	0'01749	1'908	0'054
530'33	81'10	7'43	6'54	0'03568	1'909	0'017
713'58	81'10	10'00	8'80	-	1'909	-

Temperatura de carbonización: 600°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'24	90'65	0'12	0'09	0'00013	1'957	3'754
17'21	101'25	0'24	0'17	0'00024	2'005	2'617
28'00	104'93	0'39	0'27	0'00039	2'021	1'978
38'49	109'90	0'54	0'35	0'00052	2'041	1'608
76'50	113'80	1'07	0'67	0'00105	2'056	0'940
112'54	116'83	1'58	0'96	0'00160	2'068	0'643
169'64	117'47	2'38	1'44	0'00265	2'070	0'389
232'15	121'37	3'25	1'91	0'00397	2'084	0'238
318'11	121'80	4'46	2'61	0'00660	2'086	0'128
418'05	122'24	5'56	3'42	0'01157	2'087	0'054
530'33	122'24	7'43	4'34	0'02367	2'087	0'017
713'58	122'24	10'00	5'84	-	2'087	-

TABLA 11

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA VIEJA CON TIEMPOS DE CARBONIZACION DE 1 HORA

Temperatura de carbonización: 700°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'18	102'34	0'11	0'08	0'00011	2'010	3'768
21'84	106'70	0'31	0'20	0'00030	2'028	2'294
32'14	109'20	0'45	0'29	0'00043	2'038	1'814
43'34	112'94	0'61	0'38	0'00057	2'053	1'481
77'50	113'98	1'08	0'68	0'00107	2'057	0'930
113'75	115'02	1'60	0'99	0'00165	2'061	0'637
169'10	116'69	2'37	1'45	0'00266	2'067	0'391
233'74	117'94	3'27	1'98	0'00412	2'072	0'235
310'78	119'60	4'35	2'60	0'00644	2'078	0'131
418'88	119'60	5'86	3'50	0'01186	2'078	0'054
532'15	119'60	7'45	4'45	0'02329	2'078	0'016
714'19	119'60	10'00	5'97	-	2'078	-

Temperatura de carbonización: 800°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'69	95'76	0'12	0'09	0'00013	1'981	3'652
21'18	104'03	0'30	0'20	0'00030	2'017	2'323
31'67	108'04	0'45	0'29	0'00043	2'034	1'821
42'04	111'80	0'59	0'38	0'00057	2'048	1'504
77'01	115'81	1'09	0'66	0'00108	2'064	0'928
113'98	116'31	1'61	0'98	0'00167	2'066	0'629
168'87	117'56	2'38	1'44	0'00268	2'070	0'387
233'53	120'57	3'30	1'94	0'00414	2'081	0'232
309'64	122'58	4'37	2'53	0'00648	2'088	0'129
411'90	123'33	5'82	3'34	0'01128	2'091	0'055
529'66	123'33	7'48	4'29	0'02408	2'091	0'016
707'99	123'33	10'00	5'74	-	2'091	-

TABLA 12

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE CARBONIZADOS DE MADERA VIEJA CON TIEMPOS DE CARBONIZACION 1 HORA

Temperatura de carbonización: 900°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'18	91'87	0'11	0'09	0'00013	1'963	3'768
21'84	100'78	0'31	0'22	0'00031	2'003	2'294
32'14	107'40	0'45	0'30	0'00044	2'031	1'814
43'34	115'29	0'61	0'38	0'00056	2'062	1'481
77'50	117'07	1'08	0'66	0'00104	2'068	0'930
113'75	118'08	1'60	0'96	0'00160	2'072	0'637
169'10	121'39	2'37	1'39	0'00255	2'084	0'391
233'74	123'94	3'27	1'89	0'00393	2'093	0'235
310'78	125'21	4'35	2'48	0'00615	2'098	0'131
418'88	126'49	5'86	3'31	0'01121	2'102	0'054
532'15	126'74	7'45	4'20	0'02198	2'103	0'016
714'19	126'74	10'00	5'64	-	2'103	-

Temperatura de carbonización: 1000°C

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'60	66'18	0'09	0'10	0'00014	1'821	4'119
18'70	75'60	0'27	0'25	0'00036	1'879	2'488
29'37	79'54	0'42	0'37	0'00055	1'901	1'908
39'82	83'27	0'56	0'48	0'00072	1'920	1'560
75'10	85'68	1'06	0'88	0'00139	1'933	0'948
115'26	87'65	1'63	1'31	0'00225	1'943	0'620
165'90	88'97	2'35	1'86	0'00345	1'949	0'396
232'24	90'50	3'29	2'58	0'00541	1'957	0'233
308'56	92'03	4'37	3'35	0'00843	1'964	0'129
406'09	92'91	5'75	4'37	0'01455	1'968	0'0058
534'06	93'57	7'56	5'71	0'03312	1'971	0'015
706'39	94'88	10'00	7'45	-	1'977	-

TABLA 13

DATOS DE ADSORCION DE N₂ SOBRE CARBONIZADOS DURANTE 8 HORAS

Procedente de madera joven

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
15'19	106'18	0'22	0'14	0'00021	2'026	2'778
31'72	115'16	0'45	0'28	0'00041	2'061	1'815
50'33	118'75	0'71	0'42	0'00065	2'075	1'315
76'98	121'31	1'09	0'63	0'00101	2'084	0'925
138'21	125'41	1'96	1'10	0'00194	2'098	0'501
231'27	128'75	3'28	1'80	0'00379	2'110	0'235
343'89	131'06	4'88	2'62	0'00726	2'117	0'097
445'63	132'59	6'32	3'36	0'01297	2'123	0'040
593'87	133'88	8'42	4'44	0'04007	2'127	0'006
705'33	135'16	10'00	5'22	-	2'131	-

Procedente de madera vieja

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
15'77	123'66	0'22	0'13	0'00018	2'091	2'769
36'39	129'35	0'50	0'28	0'00041	2'112	1'692
55'74	132'94	0'77	0'42	0'00062	2'124	1'245
79'74	135'09	1'11	0'59	0'00091	2'131	0'922
103'67	136'05	1'42	0'76	0'00122	2'134	0'716
135'35	136'77	1'86	0'99	0'00167	2'136	0'533
233'00	138'21	3'20	1'69	0'00341	2'141	0'245
340'48	139'65	4'68	2'44	0'00630	2'145	0'109
445'92	141'32	6'13	3'16	0'01122	2'150	0'045
587'33	143'00	8'07	4'11	0'02932	2'155	0'009
727'51	144'44	10'00	5'04	-	2'160	-

TABLA 14

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77K SOBRE LAS MUESTRAS

A-1-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_o - P)}$	Log V	Log ² P/P _o
6'70	106'85	0'09	0'06	0'00009	2'029	4'165
18'77	112'04	0'26	0'17	0'00023	2'049	2'539
30'63	115'41	0'42	0'27	0'00038	2'062	1'907
41'32	116'97	0'56	0'35	0'00051	2'068	1'565
49'44	118'53	0'67	0'42	0'00061	2'074	1'376
62'70	119'82	0'85	0'52	0'00078	2'079	1'144
81'52	121'12	1'11	0'67	0'00103	2'083	0'913
105'81	122'67	1'44	0'86	0'00137	2'089	0'710
136'32	124'23	1'85	1'10	0'00183	2'094	0'536
230'66	128'90	3'13	1'79	0'00354	2'110	0'254
343'28	135'90	4'66	2'53	0'00643	2'133	0'110
446'51	139'01	6'07	3'21	0'01109	2'143	0'047
593'16	146'79	8'06	4'04	0'02826	2'167	0'009
736'16	159'76	10'00	4'61	-	2'203	-

A-4-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_o - P)}$	Log V	Log ² P/P _o
8'92	118'88	0'12	0'08	0'00010	2'075	3'657
21'66	125'50	0'30	0'17	0'00024	2'099	2'332
32'93	128'38	0'45	0'26	0'00037	2'109	1'809
43'73	131'26	0'60	0'33	0'00049	2'118	1'493
60'10	134'43	0'83	0'45	0'00067	2'129	1'174
79'53	136'73	1'09	0'58	0'00090	2'136	0'926
104'04	139'03	1'43	0'75	0'00120	2'143	0'715
136'01	142'49	1'87	0'95	0'00161	2'154	0'531
225'89	149'68	3'10	1'51	0'00300	2'175	0'259
338'75	157'17	4'65	2'16	0'00555	2'196	0'111
445'45	167'24	6'11	2'66	0'00941	2'223	0'046
594'92	186'81	8'16	3'18	0'02389	2'271	0'008
728'79	244'67	10'00	2'98	-	2'389	-

TABLA 15

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'92	127'76	0'12	0'07	0'00010	2'106	3'657
21'66	135'96	0'30	0'16	0'00023	2'133	2'332
32'93	139'65	0'45	0'24	0'00034	2'145	1'809
43'73	142'32	0'60	0'31	0'00045	2'153	1'493
60'10	146'00	0'83	0'41	0'00062	2'164	1'174
79'53	148'88	1'09	0'53	0'00082	2'173	0'926
104'04	151'96	1'43	0'68	0'00110	2'182	0'715
136'01	156'06	1'87	0'87	0'00147	2'193	0'531
225'89	165'70	3'10	1'36	0'00271	2'219	0'259
338'75	176'57	4'65	1'92	0'00493	2'247	0'111
445'45	190'10	6'11	2'34	0'00828	2'279	0'046
594'92	217'99	8'16	2'73	0'02051	2'338	0'008
728'79	318'47	10'00	2'29	-	2'503	-

A-14-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
5'73	126'95	0'08	0'05	0'00006	2'104	4'365
19'08	138'11	0'27	0'14	0'00020	2'140	2'455
29'36	141'35	0'42	0'21	0'00031	2'150	1'904
37'80	144'80	0'54	0'26	0'00039	2'161	1'613
47'97	146'83	0'68	0'33	0'00050	2'167	1'361
59'62	148'65	0'85	0'40	0'00062	2'172	1'149
80'64	152'71	1'15	0'53	0'00085	2'184	0'885
105'77	155'75	1'50	0'68	0'00114	2'192	0'678
135'04	159'40	1'92	0'85	0'00149	2'202	0'514
230'19	169'14	3'27	1'36	0'00287	2'228	0'236
342'03	182'93	4'86	1'87	0'00517	2'262	0'098
446'88	186'11	6'35	2'28	0'00888	2'293	0'039
591'96	226'12	8'41	2'62	0'02343	2'354	0'006
703'91	329'15	10'00	2'14	-	2'517	-

TABLA 16

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS;

A-1-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
11'08	104'41	0'15	0'11	0'00015	2'019	3'285
27'13	110'46	0'38	0'25	0'00036	2'043	2'024
35'34	113'48	0'49	0'31	0'00046	2'055	1'711
45'97	115'13	0'64	0'40	0'00059	2'061	1'425
55'88	115'68	0'78	0'48	0'00073	2'063	1'230
67'29	117'60	0'94	0'57	0'00088	2'070	1'057
89'22	118'70	1'24	0'75	0'00120	2'074	0'822
114'02	119'80	1'59	0'95	0'00158	2'078	0'638
146'02	122'27	2'04	1'20	0'00210	2'087	0'477
229'19	124'75	3'19	1'84	0'00376	2'096	0'246
346'26	130'52	4'82	2'65	0'00714	2'116	0'100
446'58	133'81	6'62	3'34	0'01230	2'126	0'032
560'50	138'76	7'81	4'04	0'02565	2'142	0'012
717'96	154'70	10'00	4'64	-	2'189	-

A-4-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'00	117'26	0'11	0'07	0'00010	2'069	3'831
19'11	120'69	0'26	0'16	0'00022	2'082	2'494
30'57	124'68	0'42	0'25	0'00035	2'096	1'891
41'74	127'25	0'58	0'33	0'00048	2'105	1'537
50'55	128'67	0'70	0'39	0'00058	2'109	1'338
63'02	129'82	0'87	0'49	0'00073	2'113	1'126
79'97	132'38	1'10	0'60	0'00094	2'122	0'917
105'69	134'10	1'46	0'79	0'00127	2'127	0'700
135'69	137'23	1'87	0'99	0'00168	2'137	0'530
229'87	144'94	3'17	1'59	0'00320	2'161	0'249
339'62	152'07	4'68	2'23	0'00579	2'182	0'109
441'62	159'20	6'09	2'77	0'00978	2'202	0'046
591'67	176'61	8'16	3'35	0'02507	2'247	0'008
725'28	222'54	10'00	3'26	-	2'347	-

TABLA 17

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
5'73	115'76	0'08	0'05	0'00007	2'064	4'365
19'08	126'13	0'27	0'15	0'00022	2'101	2'455
29'36	129'41	0'42	0'23	0'00034	2'112	1'904
37'80	131'86	0'54	0'29	0'00043	2'120	1'613
47'97	133'77	0'68	0'36	0'00055	2'126	1'361
59'62	135'41	0'85	0'44	0'00068	2'132	1'149
80'64	137'87	1'15	0'58	0'00094	2'139	0'885
105'77	140'87	1'50	0'75	0'00126	2'149	0'678
135'04	143'60	1'92	0'94	0'00165	2'157	0'514
230'19	149'61	3'27	1'54	0'00325	2'175	0'236
342'03	157'80	4'86	2'17	0'00600	2'198	0'098
446'88	168'45	6'35	2'65	0'01032	2'226	0'039
591'96	186'47	8'41	3'17	0'02835	2'271	0'006
703'91	237'25	10'00	2'97	-	2'375	-

A-14-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
7'36	135'58	0'11	0'05	0'00008	2'132	3'903
16'84	141'49	0'24	0'12	0'00018	2'151	2'612
28'53	145'99	0'41	0'20	0'00029	2'164	1'924
43'83	149'37	0'63	0'29	0'00045	2'174	1'441
56'50	152'46	0'81	0'37	0'00058	2'183	1'189
79'00	154'71	1'14	0'51	0'00083	2'190	0'893
104'34	157'80	1'50	0'66	0'00112	2'198	0'679
136'80	162'02	1'97	0'84	0'00151	2'210	0'499
228'59	169'62	3'29	1'35	0'00289	2'229	0'234
341'24	179'75	4'91	1'90	0'00537	2'255	0'096
445'12	187'34	6'40	2'38	0'00952	2'273	0'038
586'99	208'72	8'44	2'81	0'02602	2'320	0'005
695'64	271'17	10'00	2'57	-	2'433	-

TABLA 18

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'70	106'54	0'09	0'06	0'00009	2'028	4'165
18'77	111'60	0'26	0'17	0'00023	2'048	2'539
30'63	113'93	0'42	0'27	0'00038	2'057	1'907
41'32	116'46	0'56	0'35	0'00051	2'066	1'565
49'44	117'82	0'67	0'42	0'00061	2'071	1'376
62'70	119'37	0'85	0'53	0'00078	2'077	1'144
81'52	120'93	1'11	0'67	0'00103	2'083	0'913
105'81	122'48	1'44	0'86	0'00137	2'088	0'710
136'32	124'23	1'85	1'10	0'00183	2'094	0'536
230'66	129'48	3'13	1'78	0'00352	2'112	0'254
343'28	136'48	4'66	2'52	0'00640	2'135	0'110
446'51	141'54	6'07	3'15	0'01089	2'151	0'047
593'16	151'26	8'06	3'92	0'02742	2'180	0'009
736'16	158'65	10'00	4'64	-	2'200	-

A-4-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'32	120'74	0'14	0'09	0'00012	2'082	3'449
21'40	125'47	0'29	0'17	0'00024	2'099	2'373
32'30	128'14	0'44	0'25	0'00035	2'108	1'854
41'21	130'80	0'56	0'32	0'00045	2'117	1'577
49'53	133'27	0'67	0'37	0'00054	2'125	1'383
62'88	135'53	0'85	0'46	0'00068	2'132	1'150
81'75	137'79	1'10	0'59	0'00090	2'139	0'919
106'14	139'84	1'43	0'76	0'00119	2'146	0'714
135'58	142'71	1'82	0'95	0'00156	2'154	0'546
220'40	150'72	3'09	1'52	0'00296	2'178	0'260
343'32	159'96	4'62	2'15	0'00537	2'204	0'112
446'29	169'61	6'01	2'63	0'00887	2'229	0'049
589'15	192'00	7'93	3'07	0'01995	2'283	0'010
742'95	248'67	10'00	2'99	-	2'396	-

TABLA 19

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'00	129'17	0'11	0'06	0'00009	2'111	3'821
22'26	139'98	0'31	0'16	0'00023	2'146	2'283
32'59	143'86	0'45	0'23	0'00033	2'158	1'810
41'88	146'51	0'58	0'29	0'00042	2'166	1'529
50'92	148'55	0'71	0'34	0'00051	2'172	1'326
60'15	151'00	0'83	0'40	0'00060	2'179	1'165
80'84	154'47	1'12	0'52	0'00082	2'189	0'904
106'05	158'55	1'47	0'67	0'00109	2'200	0'694
137'03	162'63	1'90	0'84	0'00144	2'211	0'521
228'87	172'83	3'17	1'32	0'00269	2'238	0'249
345'90	187'12	4'79	1'85	0'00492	2'272	0'102
443'14	199'97	6'14	2'23	0'00798	2'301	0'045
594'45	232'83	8'23	2'55	0'02003	2'367	0'007
721'92	327'51	10'00	2'20	-	2'515	-

A-14-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
7'36	136'75	0'11	0'05	0'00008	2'136	3'903
16'84	144'96	0'24	0'12	0'00017	2'161	2'612
28'53	150'76	0'41	0'19	0'00028	2'178	1'924
43'83	156'17	0'63	0'28	0'00043	2'194	1'441
56'50	159'57	0'81	0'35	0'00055	2'203	1'189
79'00	163'38	1'14	0'48	0'00078	2'213	0'893
104'34	169'19	1'50	0'62	0'00104	2'228	0'679
136'80	174'39	1'97	0'78	0'00140	2'242	0'499
228'59	188'61	3'29	1'21	0'00259	2'276	0'234
341'24	202'82	4'91	1'68	0'00472	2'307	0'096
445'12	220'64	6'40	2'02	0'00803	2'344	0'038
586'99	262'29	8'44	2'24	0'02040	2'419	0'005
695'64	390'83	10'00	1'78	-	2'595	-

TABLA 20

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'61	117'48	0'12	0'07	0'00010	2'070	3'712
20'86	121'90	0'29	0'17	0'00024	2'086	2'379
30'90	124'31	0'43	0'25	0'00036	2'095	1'882
40'93	125'31	0'56	0'33	0'00048	2'098	1'562
52'74	126'31	0'73	0'42	0'00062	2'101	1'299
63'04	127'72	0'87	0'49	0'00074	2'106	1'128
81'17	129'93	1'12	0'62	0'00097	2'114	0'907
105'32	131'94	1'45	0'80	0'00128	2'120	0'704
136'03	134'15	1'87	1'01	0'00171	2'128	0'530
227'51	137'96	3'13	1'65	0'00330	2'140	0'255
343'63	143'18	4'72	2'40	0'00625	2'156	0'106
444'39	148'20	6'11	3'00	0'01060	2'171	0'046
587'74	156'64	8'08	3'75	0'02687	2'195	0'009
727'37	166'48	10'00	4'37	-	2'221	-

A-4-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'37	117'66	0'12	0'07	0'00010	2'071	3'735
23'82	125'45	0'33	0'19	0'00027	2'098	2'186
36'66	127'30	0'51	0'29	0'00042	2'105	1'667
44'42	128'52	0'62	0'35	0'00051	2'109	1'459
52'99	130'16	0'74	0'41	0'00061	2'114	1'280
64'18	131'80	0'90	0'49	0'00075	2'120	1'098
87'35	132'83	1'22	0'66	0'00104	2'123	0'836
106'42	135'08	1'48	0'79	0'00129	2'131	0'686
143'17	137'75	2'00	1'04	0'00181	2'139	0'489
230'22	143'69	3'21	1'60	0'00329	2'157	0'243
345'77	151'28	4'82	2'29	0'00616	2'180	0'100
445'71	158'25	6'22	2'82	0'01038	2'199	0'043
593'89	176'29	8'29	3'37	0'02729	2'246	0'007
716'78	225'28	10'00	3'18	-	2'353	-

TABLA 21

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'64	132'48	0'12	0'07	0'00009	2'122	3'691
25'26	139'36	0'35	0'18	0'00026	2'144	2'117
36'19	142'91	0'50	0'25	0'00037	2'155	1'687
44'48	145'83	0'62	0'31	0'00045	2'164	1'463
56'25	146'87	0'78	0'38	0'00058	2'167	1'226
66'53	149'59	0'92	0'44	0'00068	2'175	1'070
88'63	152'30	1'23	0'58	0'00092	2'183	0'828
116'64	156'89	1'62	0'74	0'00123	2'196	0'625
148'78	160'02	2'07	0'93	0'00163	2'204	0'469
231'52	167'74	3'21	1'38	0'00282	2'225	0'243
347'02	178'59	4'82	1'94	0'00520	2'252	0'101
448'02	190'48	6'22	2'35	0'00863	2'280	0'043
591'37	215'51	8'21	2'74	0'02126	2'333	0'007
720'43	314'82	10'00	2'29	-	2'498	-

A-14-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'41	136'88	0'12	0'06	0'00009	2'136	3'735
24'88	146'95	0'35	0'17	0'00024	2'167	2'136
35'96	150'98	0'50	0'24	0'00035	2'179	1'694
43'31	152'09	0'60	0'28	0'00042	2'182	1'490
56'03	155'22	0'78	0'36	0'00054	2'191	1'230
66'06	156'79	0'92	0'42	0'00064	2'195	1'076
82'79	160'37	1'15	0'52	0'00081	2'205	0'882
113'10	165'07	1'57	0'69	0'00113	2'218	0'646
144'07	168'64	2'00	0'85	0'00148	2'227	0'488
231'87	179'16	3'22	1'29	0'00265	2'253	0'242
347'62	192'35	4'83	1'81	0'00456	2'284	0'100
450'45	204'66	6'26	2'20	0'00816	2'311	0'042
594'88	236'64	8'26	2'51	0'02008	2'374	0'007
720'07	350'93	10'00	2'05	-	2'545	-

TABLA 22

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS

A-1-J₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'96	117'62	0'16	0'09	0'00014	2'070	3'258
32'98	124'60	0'47	0'26	0'00040	2'096	1'760
48'83	127'12	0'70	0'38	0'00059	2'104	1'337
72'25	131'31	1'03	0'55	0'00088	2'118	0'972
99'20	132'71	1'42	0'75	0'00125	2'123	0'720
134'05	133'54	1'92	1'00	0'00178	2'126	0'515
227'12	135'50	3'25	1'68	0'00355	2'132	0'239
343'17	139'97	4'91	2'45	0'00689	2'146	0'096
443'38	143'60	6'34	3'09	0'01210	2'157	0'039
585'37	150'87	8'37	3'88	0'03421	2'179	0'006
699'49	163'44	10'00	4'28	-	2'213	-

A-4-J₅⁸

P (Torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
7'92	121'79	0'11	0'07	0'00009	2'086	3'839
22'90	127'81	0'32	0'18	0'00026	2'107	2'245
35'58	130'01	0'49	0'27	0'00040	2'114	1'708
48'41	133'22	0'67	0'36	0'00054	2'125	1'376
62'44	135'23	0'87	0'46	0'00070	2'131	1'129
80'56	137'44	1'12	0'59	0'00091	2'138	0'906
104'61	139'85	1'45	0'75	0'00121	2'146	0'703
135'84	142'66	1'88	0'95	0'00163	2'154	0'526
230'10	149'28	3'19	1'54	0'00314	2'174	0'246
342'28	157'50	4'75	2'17	0'00573	2'197	0'105
444'12	165'53	6'16	2'68	0'00968	2'219	0'044
586'49	184'19	8'13	3'18	0'02364	2'265	0'008
721'22	236'35	10'00	3'05	-	2'374	-

TABLA 23

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
9'04	125'98	0'13	0'07	0'00010	2'100	3'586
24'85	133'15	0'35	0'19	0'00027	2'124	2'116
39'18	137'01	0'55	0'29	0'00043	2'137	1'580
51'81	139'49	0'73	0'37	0'00057	2'145	1'289
64'37	141'14	0'91	0'46	0'00071	2'150	1'084
80'38	142'25	1'14	0'57	0'00090	2'153	0'893
104'08	144'18	1'47	0'72	0'00120	2'159	0'693
133'72	146'93	1'89	0'91	0'00159	2'167	0'524
227'43	152'45	3'21	1'49	0'00311	2'183	0'243
338'62	161'82	4'78	2'09	0'00565	2'209	0'103
442'88	169'54	6'26	2'61	0'00983	2'229	0'041
593'95	189'39	8'39	3'14	0'02744	2'272	0'006
707'81	241'76	10'00	2'93	-	2'383	-

A-14-J₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
9'04	132'78	0'13	0'07	0'00010	2'123	3'586
24'85	141'80	0'35	0'18	0'00026	2'152	2'116
39'18	145'28	0'55	0'27	0'00040	2'162	1'580
51'81	147'95	0'73	0'35	0'00053	2'170	1'289
64'37	150'61	0'91	0'43	0'00066	2'178	1'084
80'38	152'66	1'14	0'53	0'00084	2'184	0'893
104'08	155'32	1'47	0'67	0'00111	2'191	0'693
133'72	157'84	1'89	0'85	0'00148	2'198	0'524
227'43	165'57	3'21	1'37	0'00286	2'219	0'243
338'62	175'20	4'78	1'93	0'00522	2'244	0'103
442'88	184'42	6'26	2'40	0'00904	2'266	0'041
593'95	203'27	8'39	2'92	0'02551	2'308	0'006
707'81	268'43	10'00	2'64	-	2'429	-

TABLA 24

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS;

A-1-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
15'19	110'76	0'22	0'14	0'00020	2'044	2'778
31'72	110'39	0'45	0'27	0'00039	2'077	1'815
50'33	123'81	0'71	0'41	0'00062	2'093	1'315
76'98	125'41	1'09	0'61	0'00098	2'098	0'925
138'21	129'02	1'96	1'07	0'00189	2'111	0'501
231'27	132'64	3'28	1'74	0'00368	2'123	0'235
343'89	135'04	4'88	2'55	0'00707	2'130	0'097
445'63	137'25	6'32	3'25	0'01254	2'138	0'040
593'87	141'47	8'42	4'20	0'03790	2'151	0'006
705'33	149'89	10'00	4'71	-	2'176	-

A-4-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
7'92	124'22	0'11	0'06	0'00009	2'094	3'839
22'90	127'39	0'32	0'18	0'00026	2'105	2'245
35'58	129'76	0'49	0'27	0'00040	2'113	1'708
48'41	132'13	0'67	0'37	0'00054	2'121	1'376
62'44	134'24	0'87	0'47	0'00071	2'128	1'129
80'56	136'62	1'12	0'59	0'00092	2'136	0'906
104'61	139'78	1'45	0'75	0'00121	2'145	0'703
135'84	141'89	1'88	0'96	0'00164	2'152	0'526
230'10	148'22	3'19	1'55	0'00316	2'171	0'246
342'28	154'55	4'75	2'22	0'00595	2'189	0'105
444'12	161'67	6'16	2'75	0'00995	2'209	0'044
586'49	176'44	8'13	3'32	0'02476	2'247	0'008
721'22	212'05	10'00	3'401	-	2'326	-



TABLA 25

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
9'55	132'73	0'14	0'07	0'00010	2'123	3'491
28'47	139'14	0'40	0'20	0'00030	2'143	1'943
43'81	141'36	0'62	0'31	0'00047	2'150	1'457
62'07	144'42	0'88	0'43	0'00067	2'160	1'114
79'28	146'93	1'12	0'54	0'00086	2'167	0'901
103'59	149'43	1'47	0'69	0'00115	2'174	0'694
134'82	151'38	1'91	0'89	0'00156	2'180	0'516
227'69	156'67	3'23	1'45	0'00304	2'195	0'241
343'07	164'18	4'86	2'09	0'00576	2'215	0'098
437'80	170'86	6'21	2'56	0'00955	2'233	0'043
586'20	185'88	8'31	3'15	0'02632	2'269	0'006
705'39	225'12	10'00	3'13	-	2'352	-

A-14-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
9'55	175'75	0'14	0'05	0'00008	2'235	3'491
28'47	192'12	0'40	0'15	0'00022	2'284	1'943
43'81	199'58	0'62	0'22	0'00033	2'300	1'457
62'07	208'29	0'88	0'30	0'00046	2'319	1'114
79'28	213'67	1'12	0'37	0'00059	2'330	0'901
103'59	221'55	1'47	0'47	0'00078	2'345	0'694
134'82	227'77	1'91	0'59	0'00104	2'358	0'516
227'69	248'70	3'23	0'92	0'00192	2'396	0'241
343'07	268'80	4'86	1'28	0'00353	2'429	0'098
437'80	283'52	6'21	1'54	0'00574	2'453	0'043
586'20	314'81	8'31	1'86	0'01554	2'498	0'006
705'39	373'25	10'00	1'89	-	2'572	-

TABLA 26

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
5'75	110'72	0'08	0'05	0'00007	2'044	4'374
16'87	116'64	0'24	0'14	0'00021	2'067	2'638
27'54	118'55	0'39	0'23	0'00034	2'074	1'991
35'71	120'07	0'50	0'30	0'00044	2'079	1'686
47'73	122'17	0'67	0'39	0'00059	2'087	1'374
59'81	123'51	0'84	0'48	0'00074	2'092	1'154
82'14	125'42	1'16	0'65	0'00104	2'098	0'877
104'83	127'14	1'48	0'82	0'00136	2'104	0'690
135'95	129'24	1'92	1'05	0'00224	2'111	0'515
230'43	134'01	3'25	1'72	0'00359	2'127	0'239
341'47	138'21	4'81	2'47	0'00671	2'141	0'101
442'70	142'60	6'24	3'10	0'01162	2'154	0'042
592'26	150'62	8'34	3'93	0'03344	2'178	0'006
709'84	156'15	10'00	4'55	-	2'194	-

A-4-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
5'75	114'32	0'08	0'05	0'00007	2'058	4'374
16'87	123'06	0'24	0'14	0'00020	2'090	2'638
27'54	125'49	0'39	0'22	0'00032	2'099	1'991
35'71	128'16	0'50	0'28	0'00041	2'108	1'686
47'73	131'07	0'67	0'36	0'00055	2'118	1'374
59'81	133'25	0'84	0'45	0'00069	2'125	1'154
82'14	136'17	1'16	0'60	0'00096	2'134	0'877
104'83	138'35	1'48	0'76	0'00125	2'141	0'690
135'95	141'26	1'92	0'96	0'00205	2'150	0'515
230'43	150'24	3'25	1'53	0'00320	2'177	0'239
341'47	157'04	4'81	2'17	0'00590	2'196	0'101
442'70	166'75	6'24	2'65	0'00994	2'222	0'042
592'26	189'32	8'34	3'13	0'02661	2'277	0'006
709'84	231'31	10'00	-	-	2'364	-

TABLA 27

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'38	125'79	0'12	0'07	0'00010	2'100	3'695
21'31	135'96	0'30	0'16	0'00023	2'133	2'301
33'95	141'46	0'49	0'24	0'00036	2'151	1'728
44'45	144'72	0'64	0'31	0'00047	2'161	1'434
55'70	146'35	0'80	0'38	0'00059	2'165	1'209
74'09	149'81	1'06	0'49	0'00079	2'176	0'952
99'39	152'86	1'42	0'65	0'00108	2'184	0'719
136'50	158'96	1'95	0'86	0'00152	2'201	0'504
230'00	167'31	3'28	1'37	0'00292	2'224	0'234
343'34	179'93	4'90	1'91	0'00534	2'255	0'096
447'60	192'14	6'39	2'33	0'00921	2'284	0'038
593'87	223'28	8'48	2'66	0'02490	2'349	0'005
700'43	289'43	10'00	2'42	-	2'462	-

A-14-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'38	130'32	0'12	0'06	0'00009	2'115	3'695
21'31	140'80	0'30	0'15	0'00022	2'149	2'301
33'95	148'36	0'49	0'23	0'00034	2'171	1'728
44'45	150'98	0'64	0'29	0'00045	2'179	1'434
55'70	152'72	0'80	0'36	0'00057	2'184	1'209
74'09	156'21	1'06	0'47	0'00076	2'194	0'952
99'39	160'58	1'42	0'62	0'00103	2'206	0'719
136'59	165'23	1'95	0'83	0'000147	2'218	0'504
230'00	176'87	3'28	1'30	0'00276	2'248	0'234
343'34	190'54	4'90	1'80	0'00505	2'280	0'096
447'60	205'67	6'39	2'18	0'00861	2'313	0'038
593'87	238'54	8'48	2'49	0'2336	2'378	0'005
700'43	336'57	10'00	2'08	-	2'527	-

TABLA 28

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'62	112'91	0'12	0'08	0'00011	2'053	3'699
23'26	117'95	0'32	0'20	0'00028	2'072	2'227
32'58	118'91	0'45	0'27	0'00040	2'075	1'811
42'06	119'88	0'58	0'35	0'00052	2'079	1'525
51'12	120'85	0'71	0'42	0'00063	2'082	1'323
63'37	122'01	0'88	0'52	0'00079	2'086	1'117
82'60	123'17	1'14	0'67	0'00105	2'091	0'887
105'84	124'34	1'47	0'85	0'00138	2'095	0'696
134'64	125'69	1'86	1'07	0'00182	2'099	0'532
234'10	127'43	3'24	1'84	0'00376	2'105	0'239
342'31	130'53	4'74	2'62	0'00690	2'116	0'105
443'13	132'86	6'13	3'34	0'01194	2'123	0'045
582'78	136'73	8'07	4'26	0'03053	2'136	0'009
722'37	141'19	10'00	5'12	-	2'150	-

A-4-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
8'62	118'65	0'12	0'07	0'00010	2'074	3'699
23'26	127'81	0'32	0'18	0'00026	2'107	3'227
32'58	129'16	0'45	0'25	0'00037	2'111	1'811
42'06	130'51	0'58	0'32	0'00047	2'116	1'525
51'12	132'40	0'71	0'39	0'00058	2'122	1'323
63'37	135'90	0'88	0'47	0'00071	2'133	1'117
82'60	137'25	1'14	0'60	0'00094	2'138	0'887
105'84	138'87	1'47	0'76	0'00124	2'143	0'696
134'64	140'22	1'86	0'96	0'00163	2'147	0'532
234'10	147'77	3'24	1'58	0'00324	2'170	0'239
342'31	154'51	4'74	2'22	0'00583	2'189	0'105
443'13	160'71	6'13	2'76	0'00987	2'206	0'045
582'78	176'08	8'07	3'31	0'02371	2'246	0'009
722'37	205'20	10'00	3'52	-	2'312	-

TABLA 29

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 77°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
3'63	122'51	0'05	0'03	0'00004	2'088	5'277
14'18	134'80	0'20	0'11	0'00015	2'130	2'908
26'73	138'09	0'37	0'19	0'00028	2'140	2'045
37'73	140'29	0'52	0'27	0'00039	2'147	1'639
48'56	142'48	0'68	0'34	0'00051	2'154	1'371
60'98	143'58	0'85	0'42	0'00064	2'157	1'149
82'33	145'12	1'14	0'57	0'00089	2'162	0'886
105'78	146'87	1'47	0'72	0'00117	2'167	0'693
137'97	149'51	1'92	0'92	0'00159	2'175	0'514
230'93	156'97	3'21	1'47	0'00301	2'196	0'244
344'64	164'00	4'79	2'10	0'00561	2'215	0'102
446'99	170'59	6'21	2'62	0'00962	2'232	0'043
593'84	186'61	8'25	3'18	0'02533	2'271	0'007
719'49	242'60	10'00	2'97	-	2'385	-

A-14-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
3'63	136'07	0'05	0'03	0'00004	2'134	5'277
14'18	149'73	0'20	0'09	0'00013	2'175	2'908
26'73	153'22	0'37	0'17	0'00025	2'185	2'045
37'73	156'42	0'52	0'24	0'00035	2'194	1'639
48'56	159'11	0'68	0'31	0'00045	2'202	1'371
60'98	161'36	0'85	0'38	0'00057	2'208	1'149
82'33	163'40	1'14	0'50	0'00079	2'213	0'886
105'78	166'31	1'47	0'64	0'00104	2'221	0'693
137'97	168'92	1'92	0'82	0'00140	2'228	0'514
230'93	177'94	3'21	1'30	0'00266	2'250	0'244
344'64	186'66	4'79	1'85	0'00493	2'271	0'102
446'99	195'96	6'21	2'28	0'00837	2'292	0'043
593'84	213'12	8'25	2'79	0'02218	2'329	0'007
719'49	263'70	10'00	2'73	-	2'421	-

52

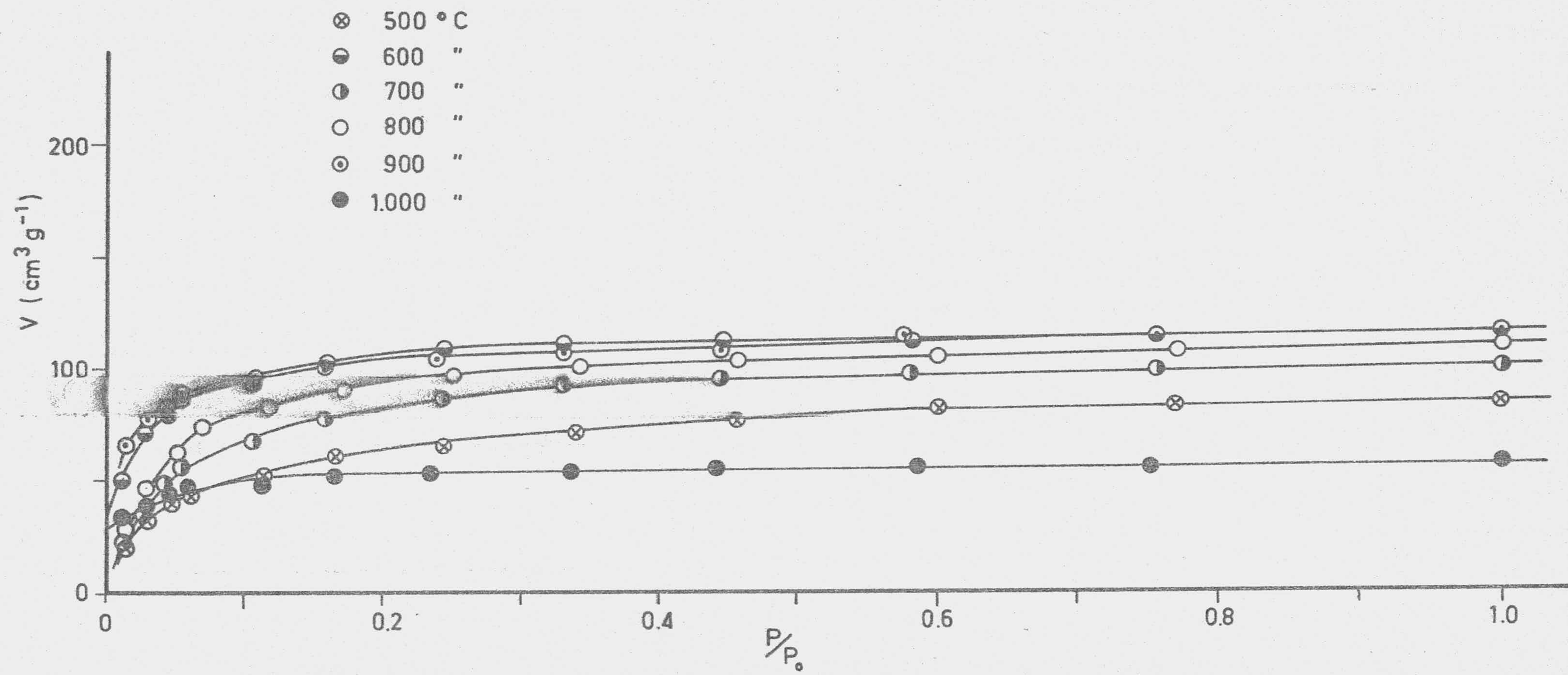


FIGURA 7.- Isothermas de adsorción de N₂ a 77K sobre carbonizados procedentes de MJ.

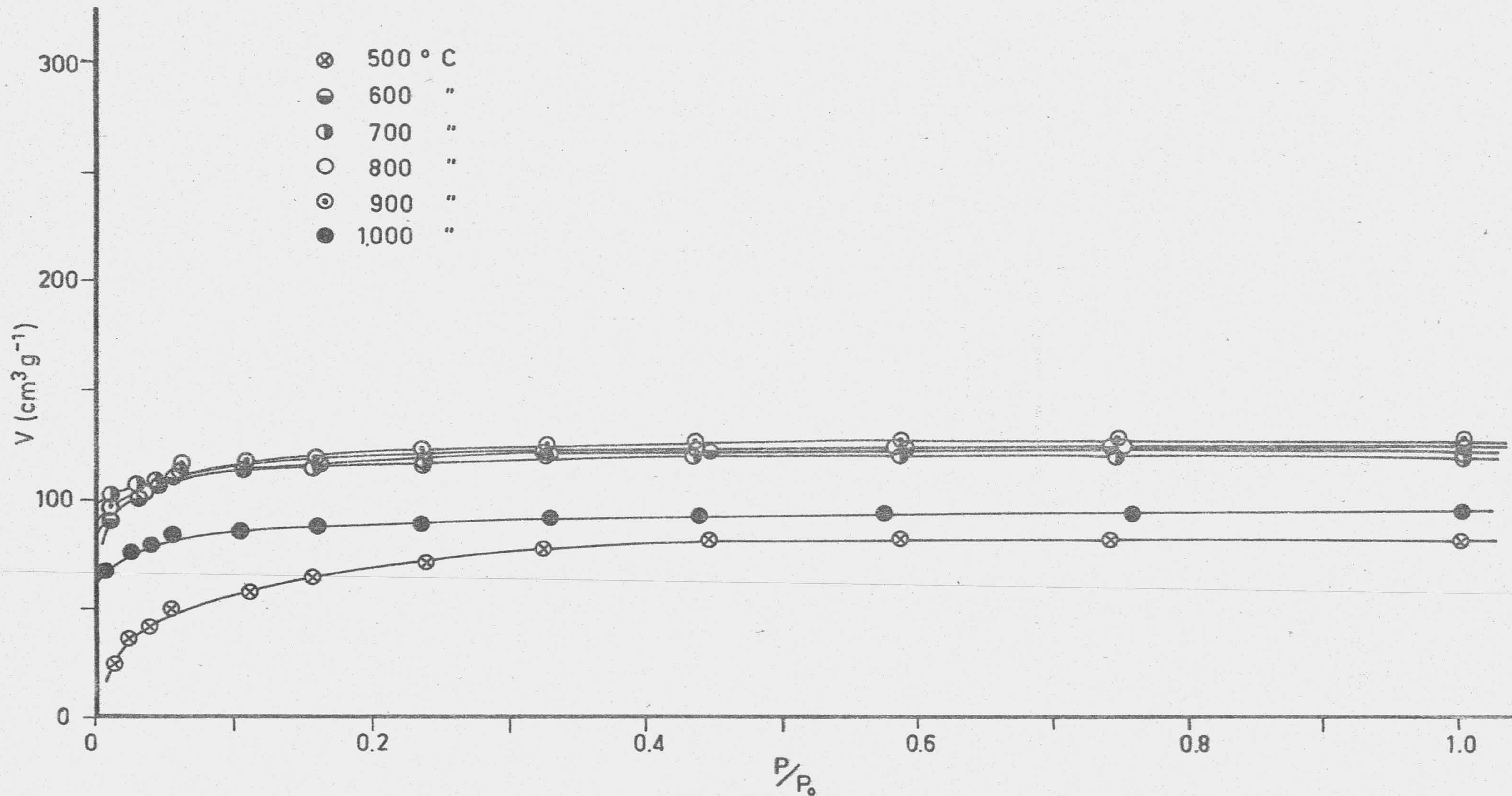


FIGURA 8.- Isothermas de adsorción de N_2 a 77K sobre carbonizados procedentes de M.V.

77

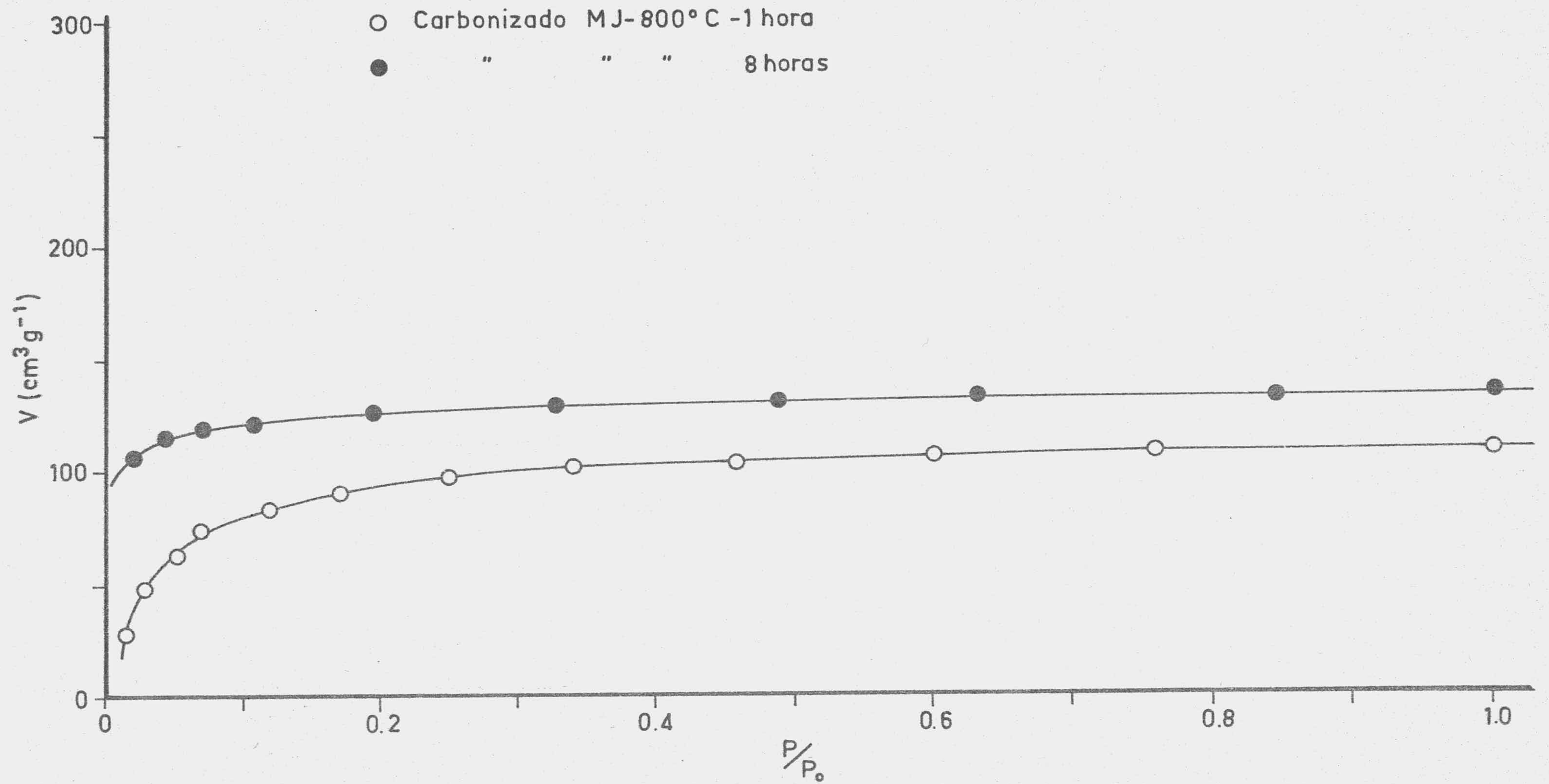


FIGURA 9.- Isotermas de adsorción de N₂ a 77K sobre muestras preparadas con diferentes tiempos de carbonización.

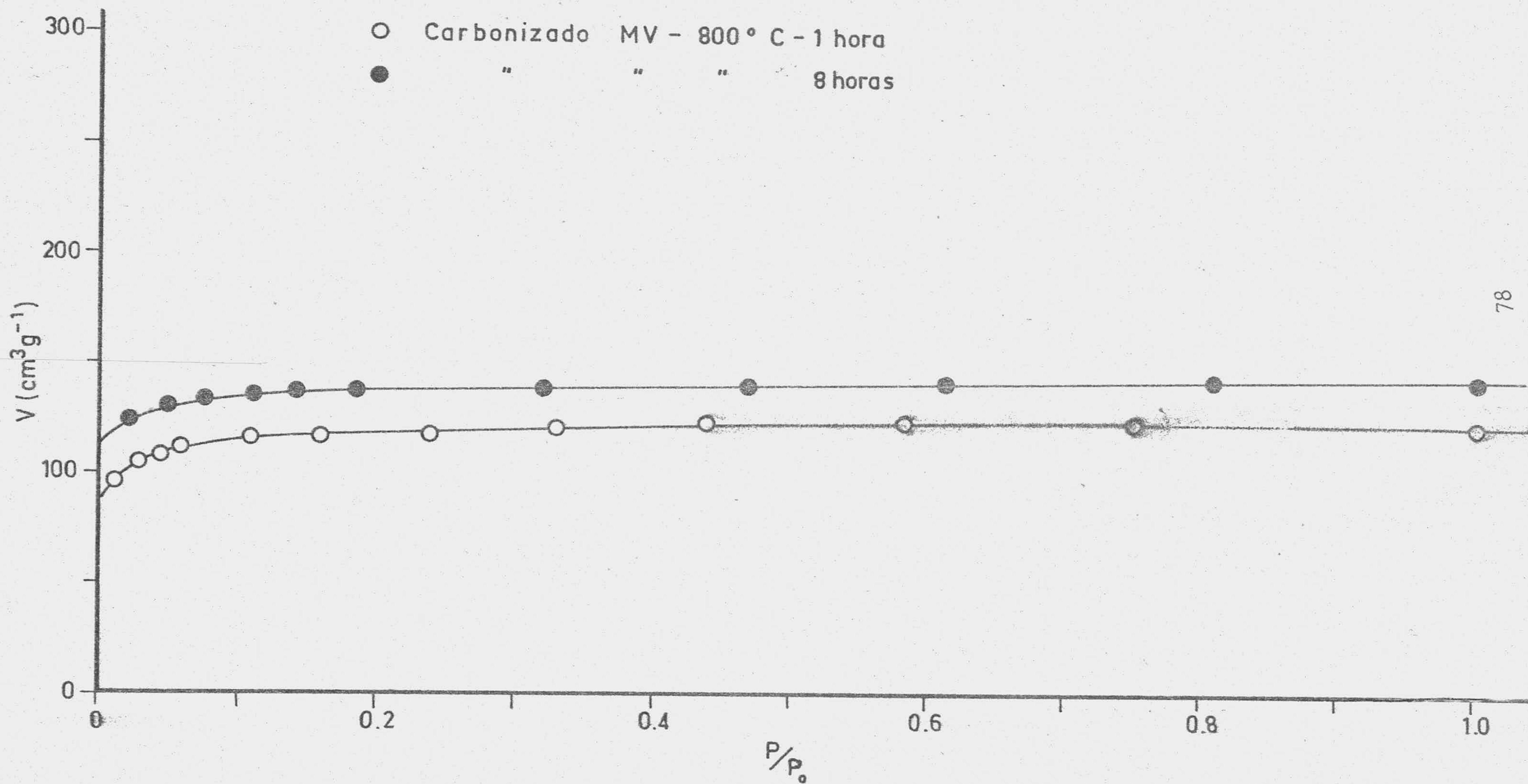


FIGURA 10.- Isotermas de adsorción de N₂ a 77K sobre muestras preparadas con diferentes tiempos de carbonización.

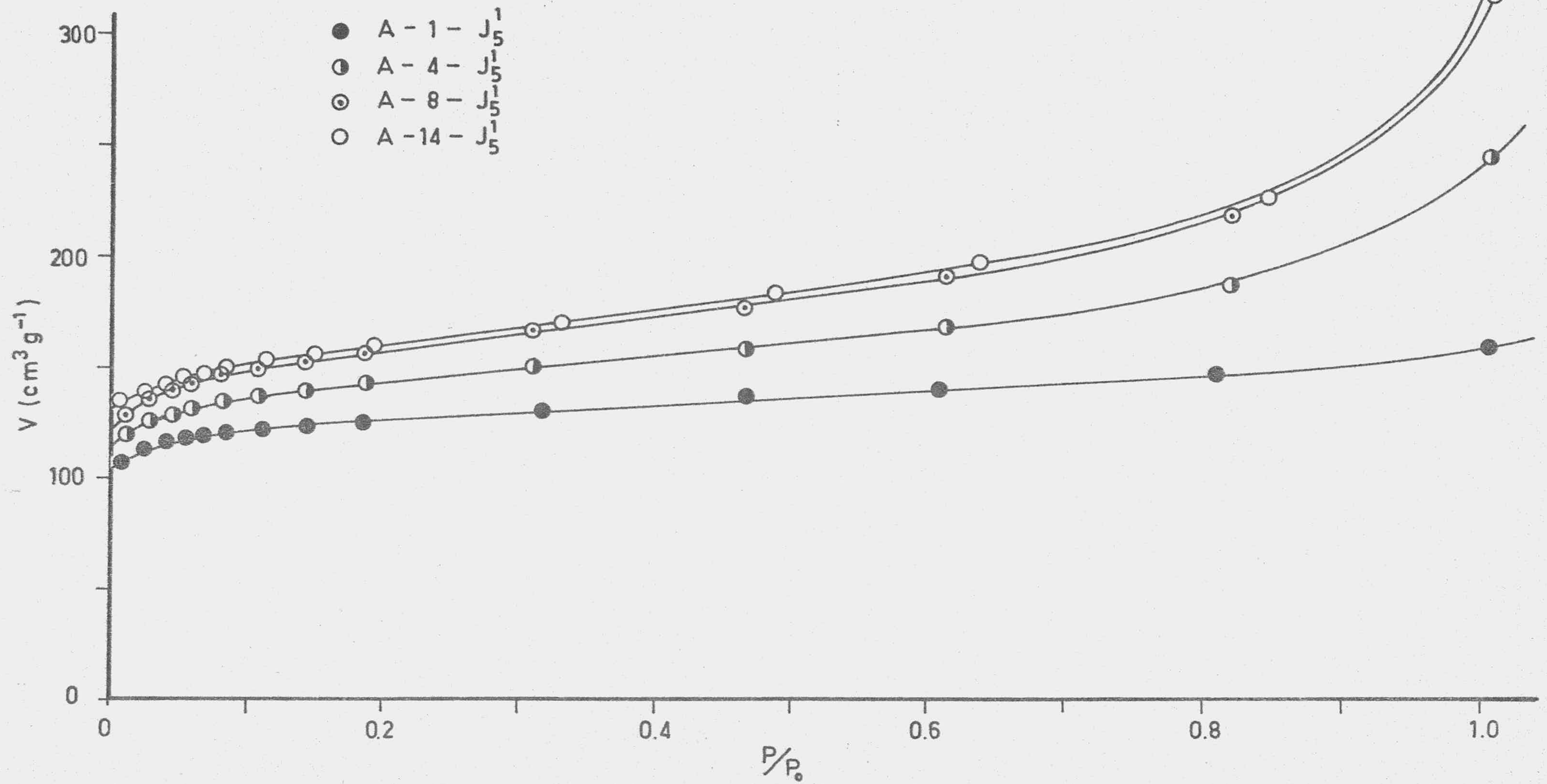


FIGURA 11.- Isotermas de adsorción de N₂ a 77K

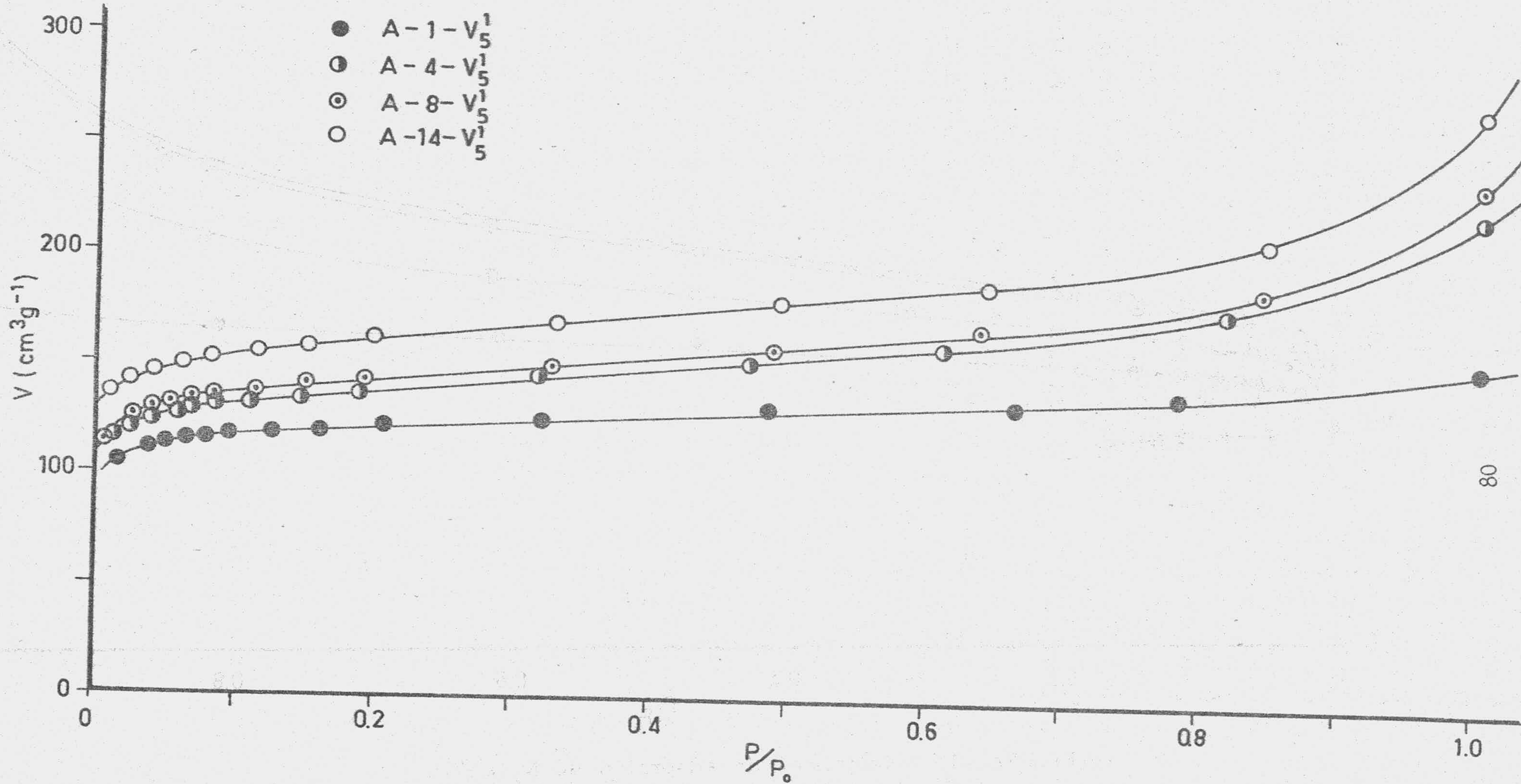
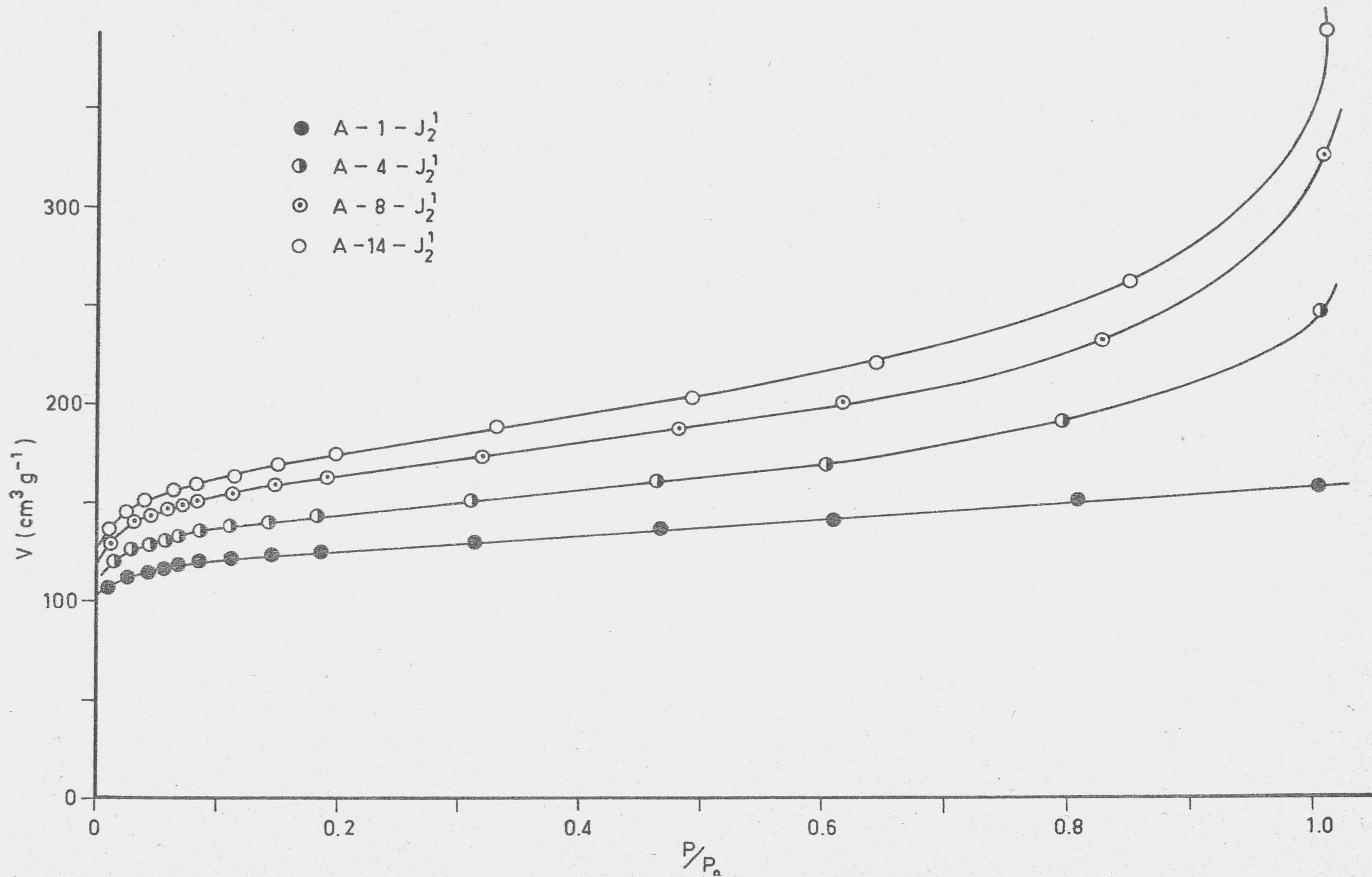


FIGURA 12.- Isothermas de adsorción de N₂ a 77K

FIGURA 13.- Isothermas de adsorción de N₂ a 77K

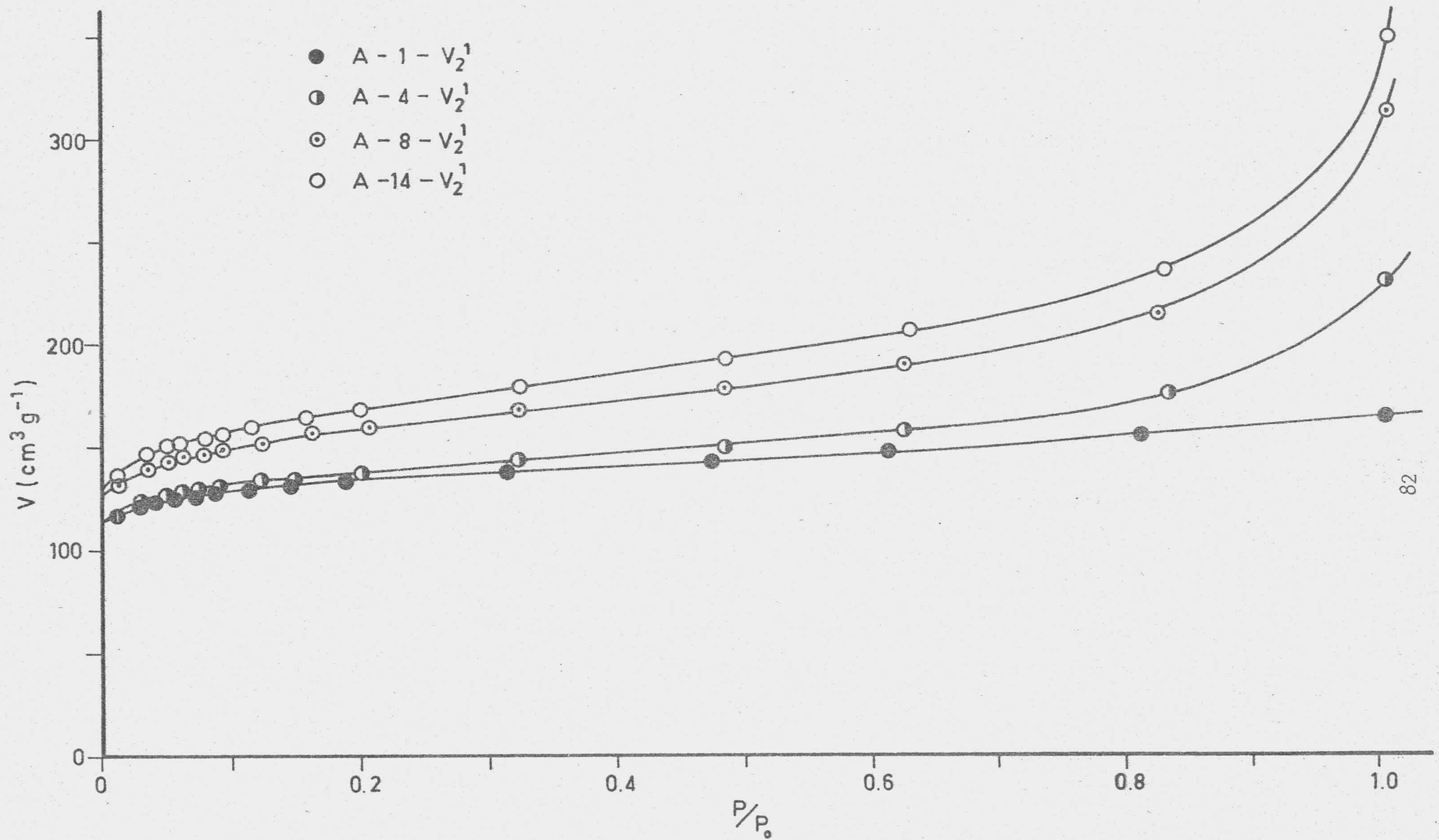


FIGURA 14.- Isothermas de adsorción de N_2 a 77K

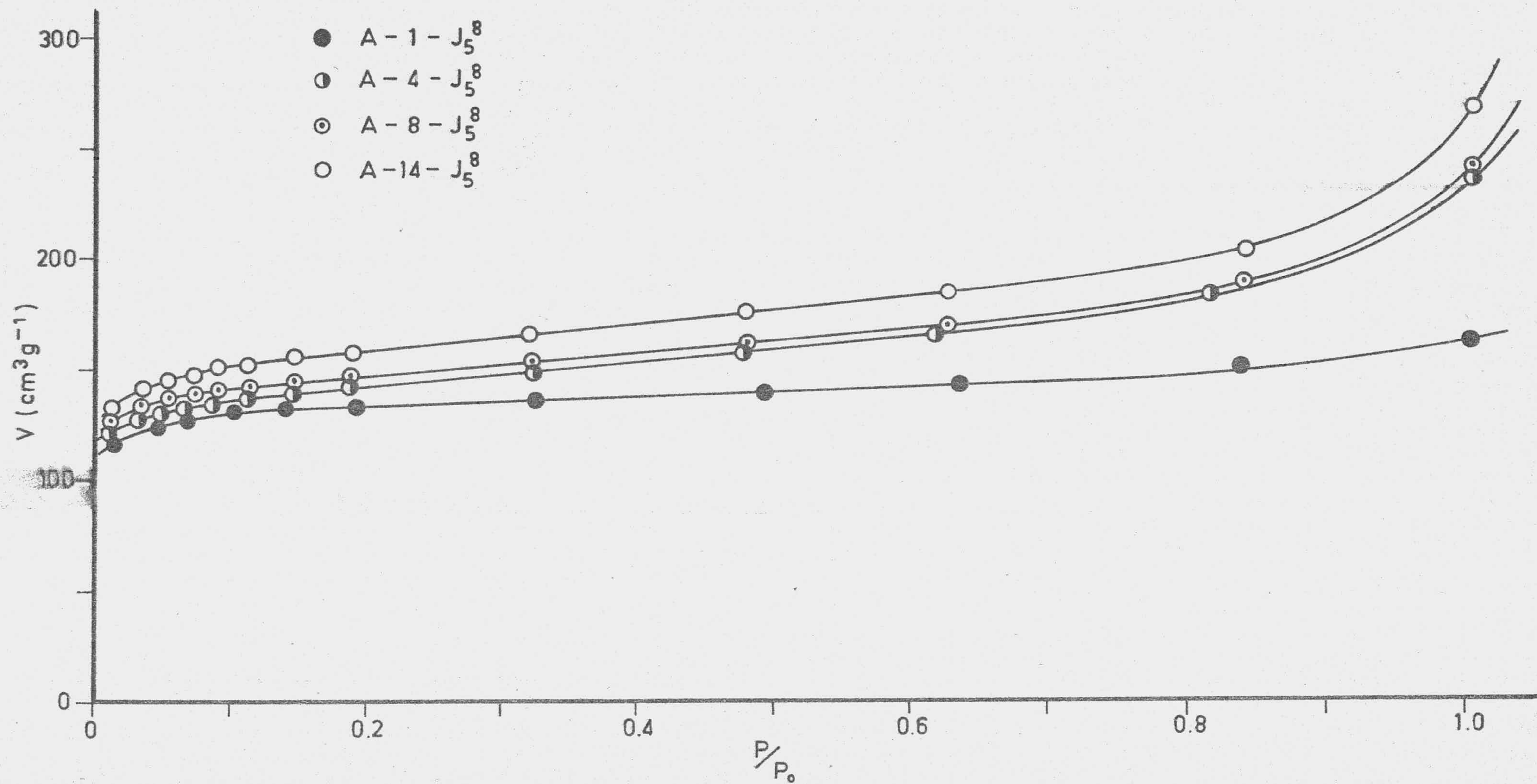


FIGURA 15.- Isothermas de adsorción de N₂ a 77K

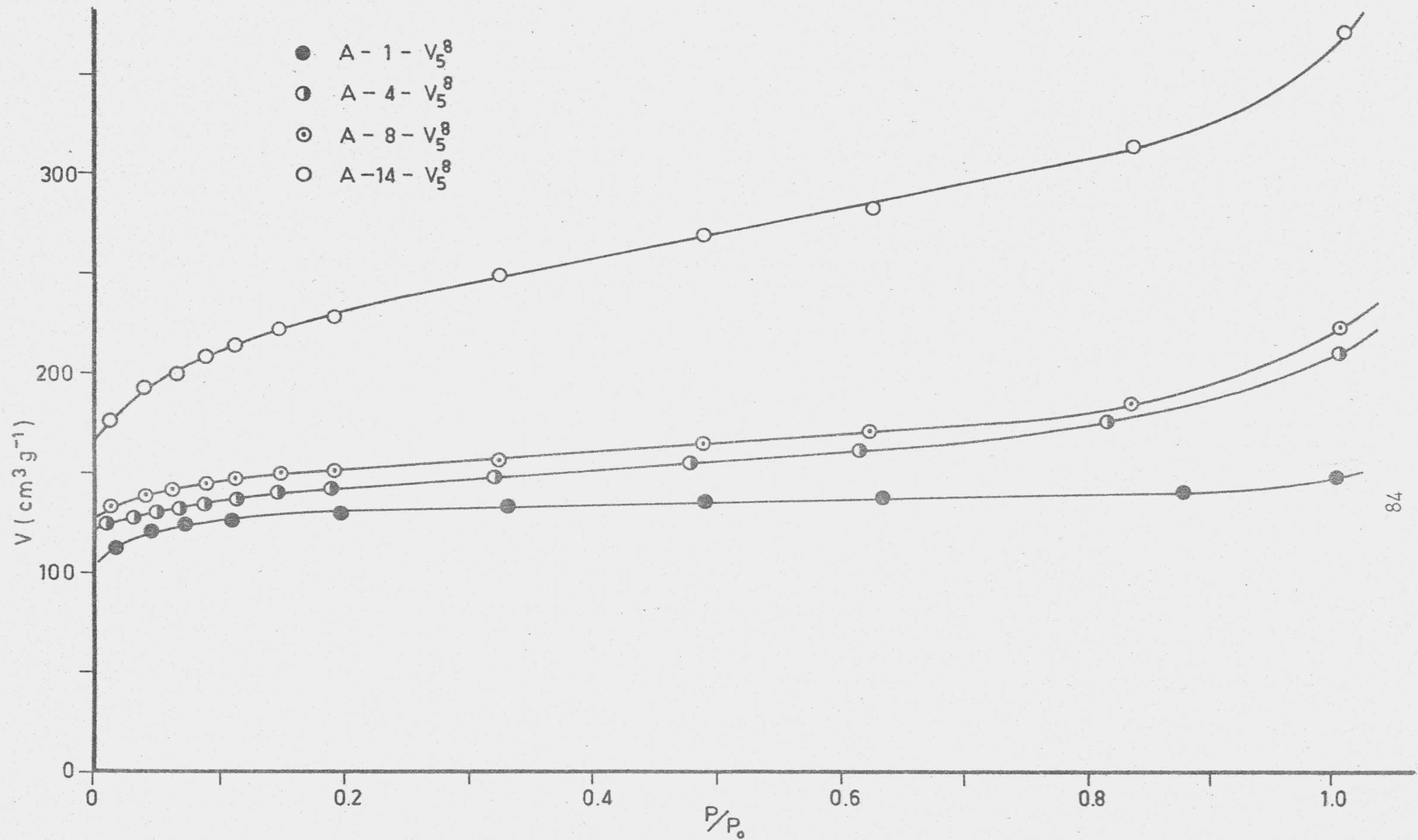
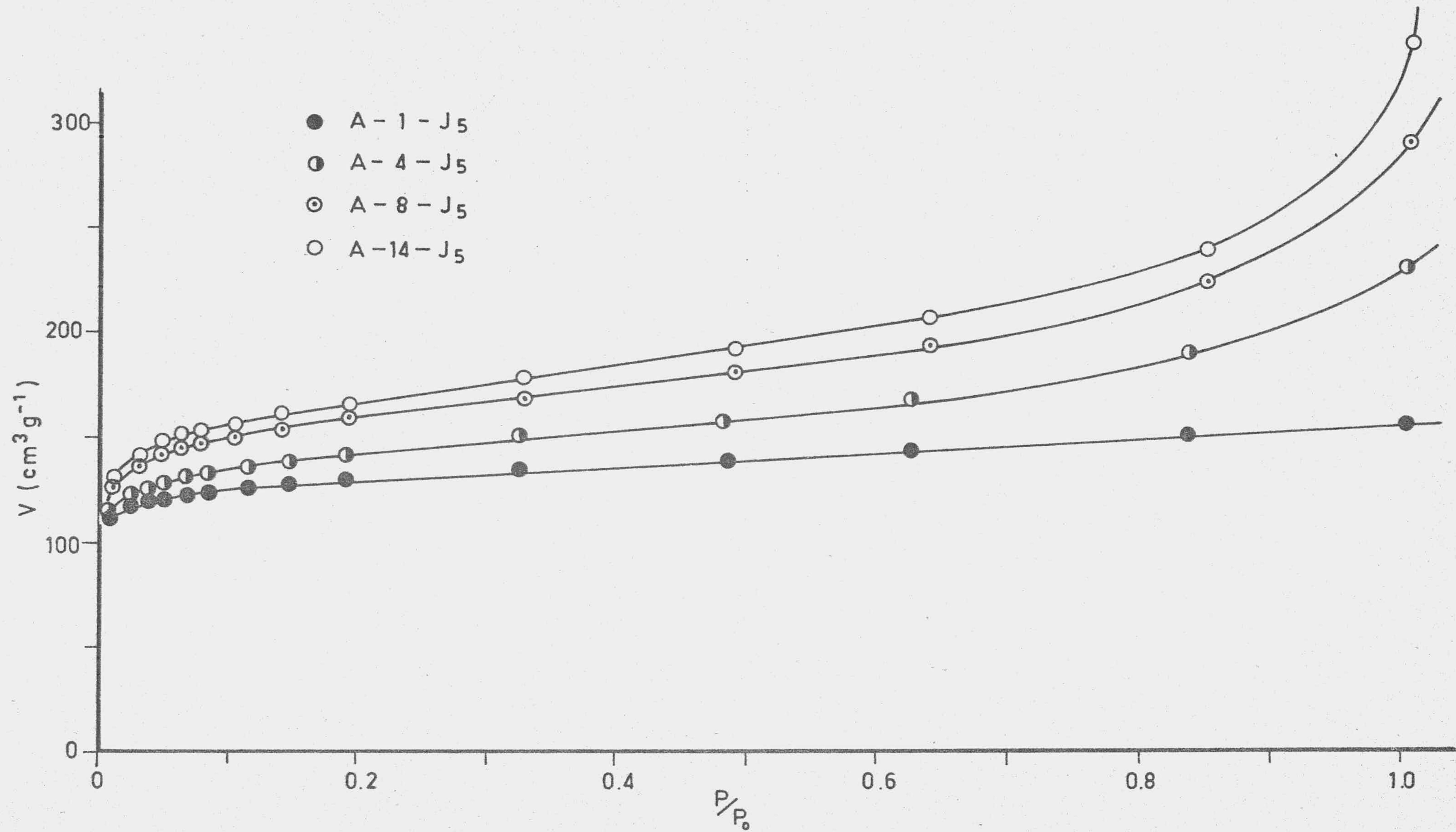


FIGURA 16.- Isothermas de adsorción de N₂ a 77K

FIGURA 17.- Isothermas de adsorción de N_2 a 77K

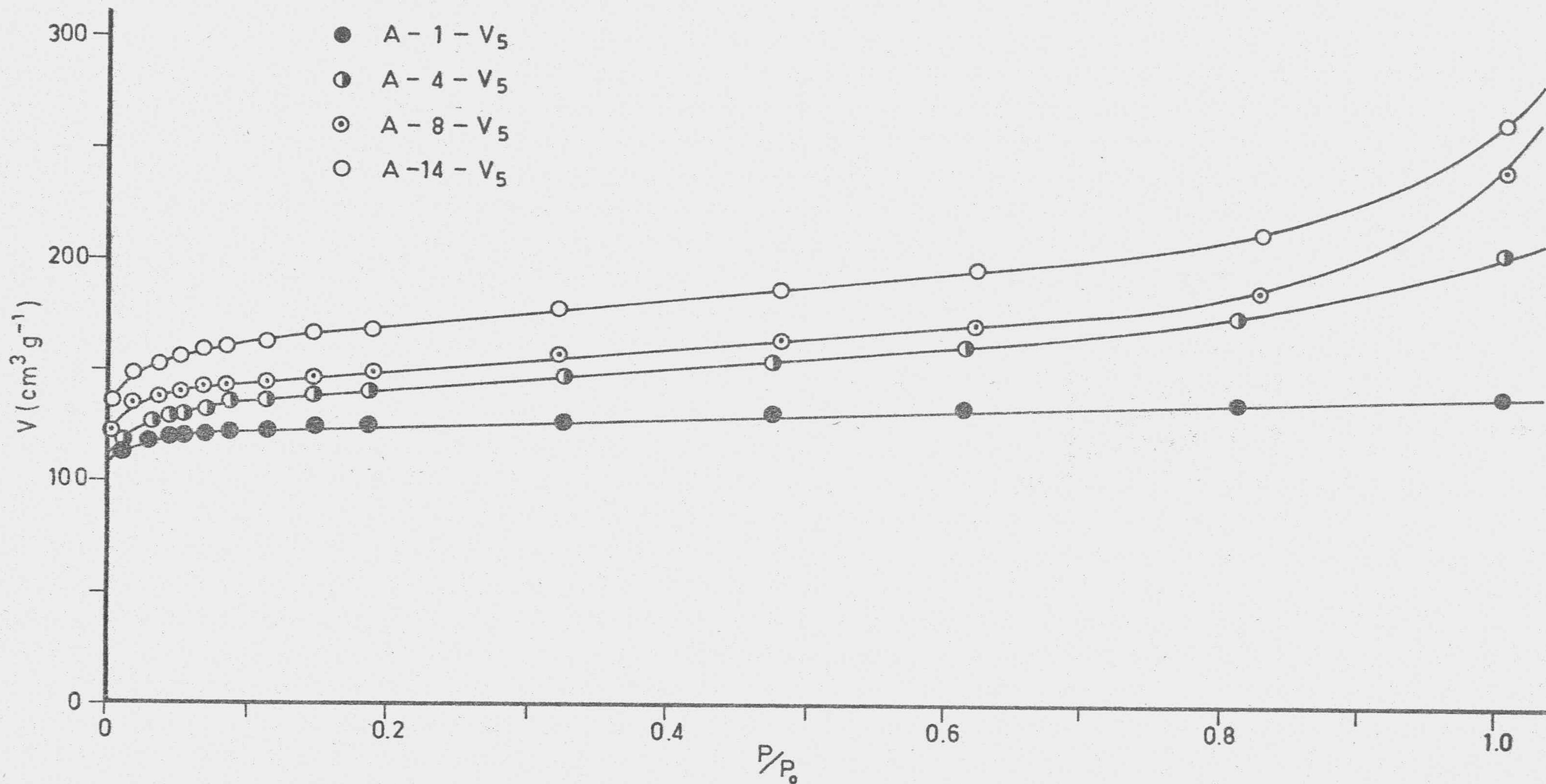


FIGURA 18.- Isothermas de adsorción de N_2 a 77K

TABLA 30

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
12'97	92'20	0'05	0'14	0'00005	1'965	5'387
28'05	100'36	0'10	0'28	0'00010	2'002	3'944
47'96	105'30	0'18	0'46	0'00017	2'022	3'073
67'47	108'42	0'25	0'62	0'00023	2'035	2'575
81'44	111'02	0'30	0'73	0'00028	2'045	2'320
105'39	112'58	0'39	0'94	0'00036	2'051	1'991
136'40	113'36	0'50	1'20	0'00047	2'054	1'688
229'39	115'44	0'85	1'99	0'00080	2'062	1'152
343'30	117'26	1'26	2'93	0'00123	2'069	0'807
447'58	118'56	1'65	3'78	0'00166	2'074	0'613
589'36	119'86	2'17	4'92	0'00231	2'079	0'440
758'41	121'16	2'79	6'26	0'00320	2'083	0'307

A-4-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
12'70	104'68	0'05	0'12	0'00004	2'020	5'429
30'87	112'18	0'11	0'28	0'00010	2'050	3'781
48'49	116'79	0'18	0'42	0'00016	2'067	3'056
63'99	118'81	0'24	0'54	0'00020	2'075	2'650
80'17	120'83	0'30	0'66	0'00025	2'082	2'341
105'38	123'42	0'39	0'85	0'00033	2'091	1'991
137'25	126'02	0'51	1'09	0'00042	2'100	1'681
232'02	128'90	0'86	1'80	0'00072	2'110	1'141
344'82	132'94	1'27	2'59	0'00109	2'124	0'803
445'05	135'82	1'64	3'28	0'00144	2'133	0'617
594'26	138'99	2'19	4'28	0'00202	2'143	0'436
750'76	142'17	2'76	5'28	0'00269	2'153	0'312

TABLA 31

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
12'70	109'63	0'05	0'12	0'00004	2'040	5'429
30'87	118'44	0'11	0'26	0'00010	2'073	3'781
48'49	124'18	0'18	0'39	0'00015	2'094	3'056
63'99	125'81	0'24	0'51	0'00019	2'100	2'650
80'17	129'09	0'30	0'62	0'00024	2'111	2'341
105'38	131'14	0'39	0'80	0'00031	2'118	1'991
137'25	134'63	0'51	1'02	0'00040	2'129	1'681
232'02	139'75	0'85	1'66	0'00067	2'145	1'141
344'82	143'85	1'27	2'40	0'00101	2'158	0'803
445'05	146'51	1'64	3'04	0'00134	2'166	0'617
594'26	150'08	2'19	3'96	0'00187	2'176	0'436
750'76	154'30	2'76	4'87	0'00248	2'188	0'312

A-14-J₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'97	112'06	0'04	0'10	0'00004	2'049	5'730
26'53	120'18	0'10	0'22	0'00008	2'080	4'041
42'04	124'65	0'16	0'34	0'00013	2'096	3'277
57'44	128'10	0'21	0'45	0'00017	2'108	2'805
80'23	131'14	0'30	0'61	0'00023	2'118	2'340
103'65	133'78	0'39	0'77	0'00030	2'126	2'012
135'26	136'42	0'50	0'99	0'00038	2'135	1'697
230'78	142'51	0'85	1'62	0'00065	2'154	1'146
343'81	147'99	1'27	2'32	0'00098	2'170	0'806
446'98	151'24	1'65	2'96	0'00130	2'180	0'614
589'35	155'30	2'17	3'79	0'00178	2'191	0'440
744'94	159'36	2'74	4'67	0'00237	2'202	0'316

TABLA 32

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°k SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'35	88'50	0'04	0'12	0'00004	1'947	5'852
28'75	95'12	0'11	0'30	0'00011	1'978	3'902
47'63	97'77	0'18	0'48	0'00018	1'990	3'084
63'19	99'10	0'23	0'64	0'00024	1'996	2'668
81'32	101'22	0'30	0'80	0'00030	2'005	2'323
106'07	103'34	0'39	1'03	0'00039	2'014	1'983
135'91	105'19	0'50	1'29	0'00050	2'022	1'692
230'69	108'11	0'85	2'13	0'00086	2'034	1'147
343'60	111'02	1'27	3'09	0'00130	2'045	0'806
445'61	113'41	1'64	3'93	0'00173	2'055	0'616
592'82	115'00	2'18	5'15	0'00243	2'061	0'437
744'62	116'59	2'74	6'39	0'00324	2'067	0'316

A-4-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
14'97	108'20	0'05	0'14	0'00005	2'034	5'102
31'97	113'56	0'12	0'28	0'00010	2'055	3'722
51'16	116'77	0'19	0'44	0'00016	2'067	2'976
68'32	118'91	0'25	0'57	0'00022	2'075	2'558
85'90	120'25	0'32	0'71	0'00027	2'080	2'250
105'74	121'86	0'39	0'87	0'00033	2'086	1'987
135'49	123'73	0'50	1'10	0'00042	2'092	1'695
231'35	127'75	0'85	1'81	0'00073	2'106	1'144
339'29	130'16	1'25	2'61	0'00110	2'114	0'816
442'21	132'04	1'63	3'35	0'00147	2'121	0'621
592'99	134'18	2'18	4'42	0'00208	2'128	0'437
747'33	137'12	2'75	5'45	0'00277	2'137	0'314

TABLA 33

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
14'97	108'91	0'06	0'14	0'00005	2'037	5'102
31'97	115'15	0'12	0'28	0'00010	2'061	3'722
51'16	118'77	0'18	0'43	0'00016	2'075	2'976
68'32	120'79	0'25	0'57	0'00021	2'082	2'558
85'90	122'60	0'32	0'70	0'00027	2'088	2'250
105'74	124'41	0'40	0'85	0'00033	2'095	1'987
135'49	126'83	0'50	1'07	0'00041	2'103	1'695
231'35	131'05	0'86	1'77	0'00071	2'117	1'144
339'29	134'27	1'25	2'53	0'00106	2'128	0'816
442'21	136'69	1'63	3'24	0'00142	2'136	0'621
592'99	139'71	2'18	4'24	0'00200	2'145	0'437
747'33	142'53	2'75	5'24	0'00266	2'154	0'314

A-14-V₅¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
13'71	116'94	0'05	0'12	0'00004	2'068	5'276
30'95	125'63	0'11	0'25	0'00009	2'099	3'776
46'77	128'43	0'18	0'36	0'00014	2'109	3'112
64'27	130'68	0'24	0'49	0'00019	2'116	2'644
81'79	132'64	0'30	0'62	0'00023	2'123	2'314
104'81	134'88	0'39	0'78	0'00039	2'130	1'998
136'46	138'53	0'50	0'99	0'00038	2'142	1'687
230'38	144'14	0'85	1'60	0'00064	2'159	1'148
342'94	149'74	1'26	2'29	0'00096	2'175	0'808
450'18	151'99	1'66	2'96	0'00131	2'182	0'609
587'21	155'35	2'16	3'78	0'00178	2'191	0'442
748'39	158'16	2'76	4'73	0'00240	2'199	0'813

TABLA 34

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS

A-1-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
12'97	97'13	0'05	0'13	0'00005	1'987	5'387
28'05	101'62	0'10	0'28	0'00010	2'007	3'944
47'96	105'13	0'18	0'46	0'00017	2'022	3'073
67'47	107'86	0'25	0'63	0'00024	2'033	2'575
81'44	110'20	0'30	0'74	0'00028	2'042	2'320
105'39	111'37	0'39	0'95	0'00036	2'047	1'991
136'40	112'93	0'50	1'21	0'00047	2'053	1'688
229'89	115'66	0'85	1'98	0'00080	2'063	1'152
343'30	118'00	1'26	2'91	0'00123	2'072	0'807
447'58	119'56	1'65	3'74	0'00165	2'078	0'613
589'36	120'92	2'17	4'87	0'00229	2'082	0'440
758'41	122'68	2'79	6'18	0'00316	2'089	0'307

A-4-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
13'45	108'88	0'05	0'12	0'00005	2'037	5'314
30'28	116'30	0'11	0'26	0'00010	2'066	3'813
44'35	119'39	0'16	0'37	0'00014	2'077	3'193
60'76	122'69	0'22	0'50	0'00019	2'089	2'724
82'00	125'17	0'30	0'66	0'00025	2'098	2'311
106'01	127'64	0'39	0'83	0'00032	2'106	1'984
137'25	130'53	0'51	1'05	0'00041	2'116	1'681
230'46	134'24	0'85	1'72	0'00069	2'128	1'148
346'04	137'35	1'27	2'52	0'00106	2'138	0'801
447'35	141'25	1'65	3'17	0'00140	2'150	0'614
596'08	144'14	2'19	4'14	0'00195	2'159	0'434
771'44	147'03	2'84	5'25	0'00270	2'167	0'299

TABLA 35

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
7'17	108'07	0'03	0'07	0'00002	2'034	6'648
25'41	121'01	0'09	0'21	0'00008	2'083	4'117
40'20	126'35	0'15	0'32	0'00012	2'102	3'348
55'37	130'05	0'20	0'43	0'00016	2'114	2'858
70'51	133'54	0'26	0'53	0'00020	2'126	2'514
87'01	136'42	0'32	0'64	0'00024	2'135	2'233
106'47	138'06	0'39	0'77	0'00030	2'140	1'979
138'77	141'35	0'51	0'98	0'00038	2'150	1'669
230'57	148'13	0'85	1'56	0'00063	2'171	1'147
342'02	152'24	1'26	2'25	0'00095	2'183	0'810
446'12	156'35	1'64	2'85	0'00126	2'194	0'615
594'93	161'07	2'19	3'69	0'00174	2'207	0'435
751'73	165'80	2'77	4'53	0'00231	2'220	0'311

A-14-J₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
13'71	116'92	0'05	0'12	0'00004	2'068	5'276
30'95	126'51	0'11	0'24	0'00009	2'102	3'776
46'77	130'91	0'17	0'36	0'00013	2'117	3'112
64'27	134'11	0'24	0'48	0'00018	2'127	2'644
81'79	136'90	0'30	0'60	0'00023	2'136	2'314
104'81	139'90	0'39	0'75	0'00029	2'146	1'998
136'46	144'10	0'50	0'95	0'00037	2'159	1'687
230'38	151'49	0'85	1'52	0'00061	2'180	1'148
342'18	162'49	1'66	2'77	0'00122	2'211	0'609
587'21	168'08	2'16	3'49	0'00164	2'226	0'442
748'39	174'08	2'76	4'30	0'00218	2'241	0'313

TABLA 36

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
10'35	105'29	0'04	0'10	0'00004	2'022	5'852
28'75	111'53	0'11	0'26	0'00010	2'047	3'902
47'63	113'95	0'18	0'42	0'00016	2'057	3'084
63'19	116'56	0'23	0'54	0'00020	2'067	2'668
81'22	117'77	0'30	0'69	0'00026	2'071	2'323
106'07	119'38	0'39	0'89	0'00034	2'077	1'983
135'91	120'99	0'50	1'12	0'00044	2'083	1'692
230'69	124'62	0'85	1'85	0'00074	2'096	1'147
343'60	126'83	1'27	2'71	0'00114	2'103	0'806
445'61	128'64	1'64	3'46	0'00153	2'109	0'616
592'82	130'25	2'18	4'55	0'00214	2'115	0'437
744'62	131'86	2'74	5'65	0'00286	2'120	0'316

A-4-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
15'22	108'84	0'06	0'14	0'0005	2'037	5'069
33'33	113'23	0'12	0'29	0'00011	2'054	3'652
49'67	116'36	0'18	0'43	0'00016	2'066	3'020
65'48	118'45	0'24	0'55	0'00021	2'074	2'617
81'12	120'53	0'30	0'67	0'00026	2'081	2'325
105'71	121'79	0'39	0'87	0'00033	2'086	1'988
136'14	122'84	0'50	1'11	0'00043	2'089	1'690
229'83	125'76	0'85	1'83	0'00074	2'100	1'150
344'18	127'85	1'27	2'69	0'00114	2'107	0'805
446'18	129'10	1'64	3'46	0'00152	2'111	0'615
594'86	130'57	2'19	4'56	0'00215	2'116	0'435
752'70	132'24	2'77	5'69	0'00290	2'121	0'311

TABLA 37

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
14'05	109'31	0'05	0'13	0'0005	2'039	5'227
32'63	116'24	0'12	0'28	0'00010	2'065	3'688
52'36	120'56	0'19	0'43	0'00016	2'081	2'941
68'92	124'31	0'25	0'55	0'00022	2'095	2'546
86'01	126'91	0'32	0'68	0'00026	2'104	2'248
105'36	128'35	0'39	0'82	0'00031	2'108	1'992
134'45	129'79	0'50	1'04	0'00040	2'113	1'704
229'15	134'70	0'85	1'70	0'00068	2'129	1'153
341'56	138'73	1'26	2'46	0'00104	2'142	0'811
442'01	142'20	1'63	3'11	0'00137	2'153	0'622
593'27	145'37	2'18	4'08	0'00192	2'162	0'436
736'52	148'54	2'71	4'96	0'00250	2'172	0'321

A-14-V₂¹

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
14'05	120'21	0'05	0'12	0'00005	2'080	5'227
32'63	128'57	0'12	0'25	0'00009	2'109	3'688
52'36	133'59	0'19	0'39	0'00015	2'126	2'941
68'92	136'93	0'25	0'50	0'00020	2'137	2'546
86'01	139'02	0'32	0'62	0'00024	2'143	2'248
105'36	140'49	0'39	0'75	0'00029	2'148	1'992
134'45	142'16	0'50	0'95	0'00037	2'153	1'704
229'15	149'06	0'84	1'54	0'00062	2'173	1'153
341'56	152'61	1'26	2'24	0'00094	2'184	0'811
442'01	155'54	1'63	2'84	0'00125	2'192	0'622
593'27	159'30	2'18	3'72	0'00175	2'202	0'436
736'52	162'02	2'71	4'55	0'00230	2'210	0'321

TABLA 38

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J⁸₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
13'36	104'91	0'05	0'13	0'00005	2'021	5'327
33'87	110'73	0'13	0'31	0'00011	2'044	3'626
64'87	114'77	0'24	0'57	0'00021	2'060	2'631
110'81	117'30	0'41	0'94	0'00036	2'069	1'930
166'38	120'59	0'61	1'38	0'00054	2'081	1'471
235'85	122'10	0'87	1'93	0'00078	2'087	1'126
314'40	123'62	1'16	2'54	0'00106	2'092	0'877
416'04	124'38	1'53	3'34	0'00145	2'095	0'664
537'19	125'14	1'98	4'29	0'00197	2'097	0'495
696'38	126'15	2'56	5'52	0'00273	2'101	0'349

A-4-J⁸₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
16'12	106'94	0'06	0'15	0'00006	2'029	4'958
37'15	113'96	0'14	0'33	0'00012	2'057	3'474
56'96	117'58	0'21	0'48	0'00018	2'070	2'817
79'73	120'79	0'29	0'66	0'00025	2'082	2'348
105'80	124'40	0'39	0'85	0'00033	2'095	1'987
135'77	127'41	0'50	1'07	0'00041	2'105	1'693
231'10	131'82	0'85	1'75	0'00071	2'120	1'145
342'43	134'43	1'26	2'55	0'00107	2'129	0'809
443'45	136'84	1'63	3'24	0'00143	2'136	0'620
594'39	139'24	2'19	4'27	0'00201	2'144	0'435
753'79	141'45	2'78	5'33	0'00272	2'151	0'310

TABLA 39

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
19'23	114'80	0'07	0'17	0'00006	2'060	4'622
41'65	120'04	0'15	0'35	0'00013	2'079	3'292
63'13	124'18	0'23	0'51	0'00019	2'094	2'669
80'33	126'94	0'30	0'63	0'00024	2'104	2'338
104'02	128'87	0'38	0'81	0'00031	2'110	2'007
136'48	130'25	0'50	1'05	0'00041	2'115	1'687
229'84	134'11	0'85	1'71	0'00069	2'127	1'150
344'00	137'42	1'27	2'50	0'00106	2'138	0'805
442'51	140'46	1'57	3'15	0'00139	2'148	0'648
592'99	142'94	2'18	4'15	0'00241	2'155	0'437
731'34	145'15	2'69	5'04	0'00254	2'162	0'325

A-14-J₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ × 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
19'23	118'23	0'07	0'16	0'00006	2'073	4'622
41'65	125'20	0'15	0'33	0'00012	2'098	3'292
63'13	130'32	0'23	0'48	0'00018	2'115	2'669
80'33	132'37	0'30	0'61	0'00023	2'122	2'338
104'02	135'24	0'38	0'77	0'00029	2'131	2'007
136'48	137'29	0'50	0'99	0'00039	2'138	1'687
229'84	143'44	0'85	1'60	0'00064	2'157	1'150
344'00	146'51	1'27	2'35	0'00099	2'166	0'805
442'51	148'97	1'57	2'97	0'00131	2'173	0'648
592'99	152'25	2'18	3'89	0'00226	2'183	0'437
731'34	155'73	2'69	4'70	0'00237	2'192	0'325

TABLA 40

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
13'36	105'22	0'05	0'13	0'00005	2'022	5'292
33'87	109'18	0'13	0'31	0'00012	2'038	3'626
64'87	113'15	0'24	0'57	0'00022	2'054	2'631
110'81	115'86	0'41	0'96	0'00037	2'064	1'930
166'38	118'99	0'62	1'40	0'00055	2'076	1'471
235'85	120'04	0'82	1'96	0'00079	2'079	1'126
314'40	120'66	1'46	2'61	0'00108	2'082	0'877
416'04	121'29	1'53	3'43	0'00149	2'084	0'684
537'19	121'92	1'98	4'41	0'00202	2'086	0'495
696'38	122'33	2'56	5'69	0'00282	2'088	0'349

A-4-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
16'12	111'03	0'06	0'15	0'00005	2'045	4'958
37'15	117'10	0'14	0'32	0'00012	2'069	3'474
56'96	119'47	0'21	0'48	0'00018	2'077	2'817
79'73	122'38	0'29	0'65	0'00025	2'088	2'348
105'80	126'60	0'39	0'84	0'00032	2'102	1'987
135'77	129'50	0'50	1'05	0'00041	2'112	1'693
231'10	133'19	0'85	1'74	0'00070	2'124	1'145
342'43	135'56	1'26	2'53	0'00106	2'132	0'809
443'45	137'94	1'63	3'21	0'00141	2'140	0'620
594'39	140'05	2'19	4'24	0'00200	2'146	0'435
753'79	142'42	2'78	5'29	0'00270	2'154	0'310

TABLA 41

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
18'50	117'69	0'07	0'16	0'00006	2'071	4'695
41'11	122'14	0'15	0'34	0'00013	2'087	3'312
59'52	126'02	0'22	0'47	0'0018	2'100	2'753
80'42	128'80	0'30	0'62	0'00024	2'110	2'337
104'87	131'30	0'39	0'80	0'00031	2'118	1'997
136'06	132'41	0'50	1'03	0'00040	2'122	1'691
228'78	135'46	0'84	1'69	0'00068	2'132	1'1155
343'76	139'35	1'27	2'47	0'00104	2'144	0'806
445'35	143'23	1'64	3'11	0'00137	2'156	0'617
597'34	146'01	2'20	4'09	0'00193	2'164	0'433
745'81	148'51	2'75	5'02	0'00255	2'172	0'315

A-14-V₅⁸

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
18'50	148'85	0'07	0'12	0'00005	2'173	4'695
41'11	162'93	0'15	0'25	0'00009	2'212	3'312
59'52	169'56	0'22	0'35	0'00013	2'229	2'753
80'42	175'56	0'30	0'46	0'00017	2'244	2'337
104'87	179'50	0'39	0'58	0'00022	2'254	1'997
136'06	184'88	0'50	0'74	0'00029	2'267	1'691
228'78	195'23	0'84	1'17	0'00047	2'291	1'155
343'76	205'58	1'27	1'67	0'00070	2'313	0'806
445'35	212'41	1'64	2'10	0'00092	2'327	0'617
597'34	221'94	2'20	2'69	0'00127	2'346	0'433
745'81	230'42	2'75	2'24	0'00164	2'363	0'315

TABLA 42

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
3'92	93'19	0'01	0'04	0'00002	1'969	8'069
15'88	101'19	0'06	0'16	0'00006	2'005	4'987
28'62	103'86	0'11	0'28	0'00010	2'016	3'910
50'68	106'34	0'19	0'48	0'00018	2'027	2'990
68'42	108'63	0'25	0'63	0'00024	2'036	2'556
100'12	110'91	0'37	0'90	0'00034	2'045	2'055
137'54	113'39	0'51	1'21	0'00047	2'055	1'678
232'57	116'25	0'86	2'00	0'00081	2'065	1'139
345'16	118'34	1'27	2'92	0'00123	2'073	0'803
446'97	120'25	1'65	3'72	0'00164	2'080	0'614
595'84	121'97	2'19	4'89	0'00230	2'086	0'434
757'56	123'68	2'79	6'13	0'00313	2'092	0'307

A-4-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
3'92	96'82	0'01	0'04	0'00001	1'986	8'069
15'88	105'07	0'06	0'15	0'00006	2'021	4'987
28'62	109'19	0'11	0'26	0'00010	2'038	3'910
50'68	112'59	0'19	0'45	0'00017	2'052	2'990
68'42	115'50	0'25	0'59	0'00022	2'063	2'556
100'12	118'90	0'37	0'84	0'00032	2'075	2'055
137'54	121'08	0'51	1'14	0'00044	2'083	1'678
232'57	125'94	0'86	1'85	0'00074	2'100	1'139
345'16	129'58	1'27	2'66	0'00112	2'113	0'803
446'97	132'00	1'65	3'39	0'00149	2'121	0'614
595'84	134'92	2'19	4'42	0'00208	2'130	0'434
757'56	138'07	2'79	5'49	0'00280	2'140	0'307

TABLA 43

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'97	110'07	0'03	0'06	0'00002	2'042	6'725
20'05	118'45	0'07	0'17	0'00006	2'074	4'545
32'84	123'35	0'12	0'27	0'00010	2'091	3'677
45'79	126'62	0'17	0'36	0'00014	2'103	3'144
57'41	129'27	0'21	0'44	0'00017	2'111	2'805
74'29	132'13	0'27	0'56	0'00021	2'121	2'443
100'12	135'19	0'37	0'74	0'00028	2'131	2'055
137'15	137'85	0'51	0'99	0'00039	2'139	1'682
230'86	143'36	0'85	1'61	0'00065	2'156	1'146
344'35	147'45	1'27	2'34	0'00098	2'169	0'804
446'80	150'92	1'65	2'96	0'00130	2'179	0'614
593'97	155'21	2'19	3'83	0'00180	2'191	0'436
766'96	159'50	2'82	4'81	0'00247	2'203	0'302

A-14-J₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'97	114'28	0'03	0'06	0'00002	2'058	6'725
20'05	123'63	0'07	0'16	0'00006	2'092	4'545
32'84	128'89	0'12	0'25	0'00009	2'110	3'677
45'79	132'11	0'17	0'35	0'00013	2'121	3'144
57'41	134'45	0'21	0'43	0'00016	2'129	2'805
74'29	138'83	0'27	0'54	0'00020	2'142	2'443
100'12	142'34	0'37	0'70	0'00027	2'153	2'055
137'15	145'85	0'51	0'94	0'00036	2'164	1'682
230'86	150'81	0'85	1'53	0'00062	2'178	1'146
344'35	155'78	1'27	2'21	0'00093	2'193	0'804
446'80	159'29	1'65	2'80	0'00124	2'202	0'614
593'97	164'84	2'19	3'60	0'00170	2'217	0'436
766'96	168'94	2'82	4'54	0'00233	2'228	0'302

TABLA 44

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'09	99'23	0'02	0'06	0'00002	1'997	7'021
21'47	105'18	0'08	0'20	0'00008	2'022	4'418
32'46	108'26	0'12	0'30	0'00011	2'034	3'690
42'42	109'79	0'16	0'39	0'00014	2'041	3'265
51'28	111'13	0'19	0'46	0'00017	2'046	2'971
62'16	111'71	0'23	0'56	0'00021	2'048	2'690
80'73	112'67	0'30	0'72	0'00027	2'052	2'332
105'11	114'21	0'39	0'92	0'00035	2'058	1'995
136'51	115'55	0'50	1'18	0'00046	2'063	1'686
231'47	118'04	0'85	1'96	0'00079	2'072	1'144
341'82	119'77	1'26	2'85	0'00120	2'078	0'809
452'42	120'73	1'67	3'75	0'00166	2'082	0'604
595'78	121'50	2'19	4'90	0'00231	2'085	0'435
744'67	122'08	2'74	6'10	0'00309	2'087	0'316

A-4-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'09	103'25	0'02	0'06	0'00002	2'014	7'021
21'47	114'05	0'08	0'19	0'00007	2'057	4'418
32'46	117'18	0'12	0'28	0'00010	2'069	3'690
42'42	119'46	0'16	0'36	0'00013	2'077	3'265
51'28	128'88	0'19	0'42	0'00016	2'082	2'971
62'16	122'02	0'23	0'51	0'00019	2'086	2'690
80'73	124'01	0'30	0'65	0'00025	2'093	2'332
105'11	126'28	0'39	0'83	0'00032	2'101	1'995
136'51	128'56	0'50	1'06	0'00041	2'109	1'686
231'47	132'26	0'85	1'75	0'00070	2'121	1'144
341'82	134'82	1'26	2'54	0'00107	2'130	0'809
452'42	136'52	1'67	3'31	0'00146	2'135	0'604
595'78	139'65	2'19	4'27	0'00201	2'145	0'435
744'67	141'93	2'74	5'25	0'00266	2'152	0'316

TABLA 45

DATOS DE ADSORCION DE N₂ A 90°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'24	105'56	0'02	0'06	0'00002	2'023	6'963
16'97	116'48	0'06	0'15	0'00005	2'066	4'859
30'34	121'29	0'11	0'25	0'00009	2'084	3'810
39'24	123'48	0'14	0'32	0'00012	2'092	3'386
49'40	125'66	0'18	0'39	0'00015	2'099	3'028
61'01	126'97	0'23	0'48	0'00018	2'104	2'718
80'14	128'28	0'30	0'62	0'00024	2'108	2'341
106'04	131'56	0'39	0'81	0'00031	2'119	1'984
136'22	132'77	0'50	1'03	0'00040	2'123	1'689
230'61	136'59	0'85	1'69	0'00068	2'135	1'147
345'41	140'30	1'27	2'46	0'00104	2'147	0'802
446'39	141'83	1'64	3'15	0'00139	2'152	0'615
591'41	143'36	2'18	4'13	0'00194	2'156	0'438
750'57	145'99	2'76	5'14	0'00262	2'164	0'312

A-14-V₅

P (torr)	V (cm ³ g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ¹	P/V	$\frac{P}{V(P_0 - P)}$	Log V	Log ² P/P ₀
6'24	117'08	0'02	0'05	0'00002	2'068	6'963
16'97	128'68	0'06	0'13	0'00005	2'110	4'859
30'34	134'18	0'11	0'23	0'00008	2'128	3'810
39'24	137'08	0'14	0'29	0'00011	2'137	3'386
49'40	139'98	0'18	0'35	0'00013	2'146	3'028
61'01	141'43	0'23	0'43	0'00016	2'151	2'718
80'14	142'30	0'30	0'56	0'00021	2'153	2'341
106'04	146'36	0'39	0'72	0'00028	2'165	1'984
136'22	148'67	0'50	0'92	0'00036	2'172	1'689
230'61	153'31	0'85	1'50	0'00061	2'186	1'147
345'41	157'95	1'27	2'19	0'00092	2'199	0'802
446'39	160'27	1'64	2'79	0'00123	2'205	0'615
591'41	162'30	2'18	3'64	0'00172	2'210	0'438
750'57	165'49	2'76	4'54	0'00231	2'219	0'312

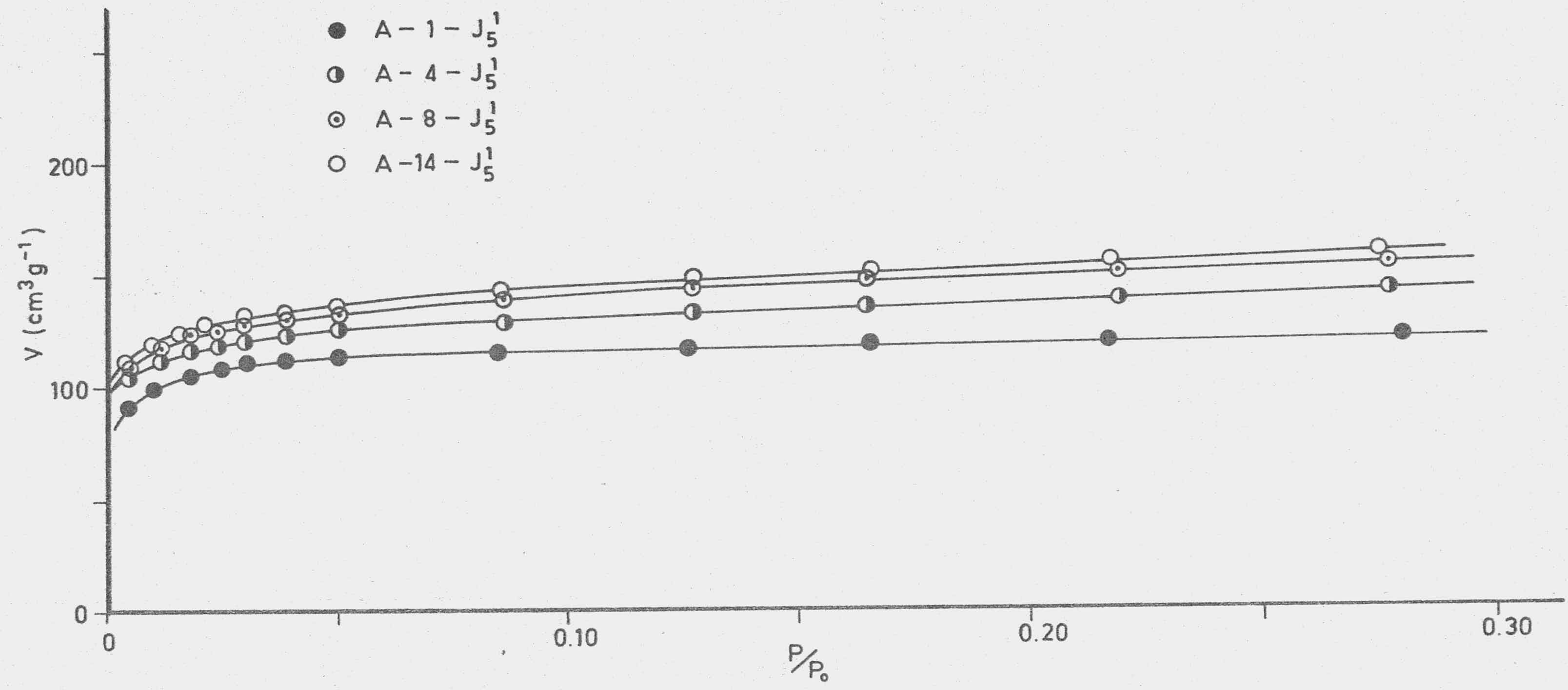


FIGURA 19.- Isothermas de adsorción de N_2 a 90K

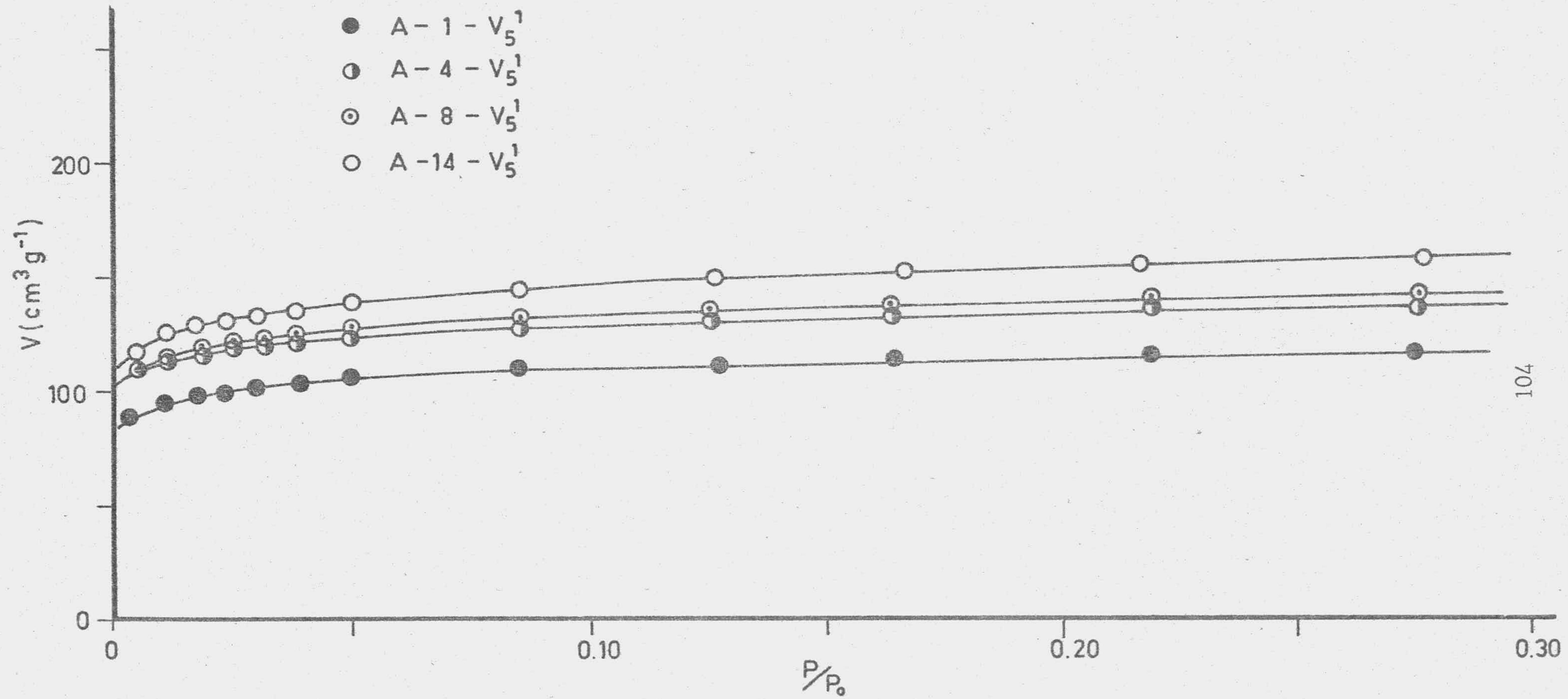


FIGURA 20.- Isotermas de adsorción de N₂ a 90K

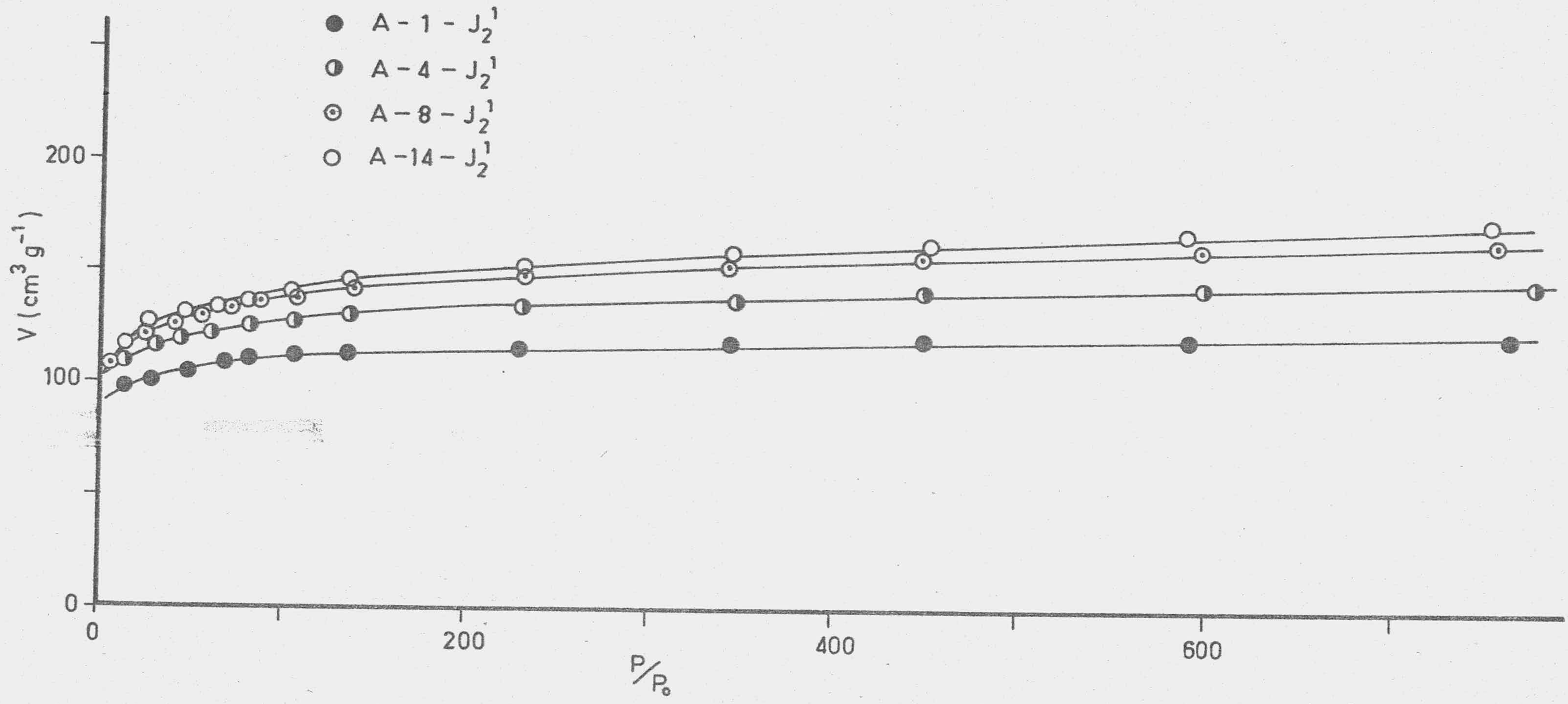


FIGURA 21.- Isothermas de adsorción de N₂ a 90K

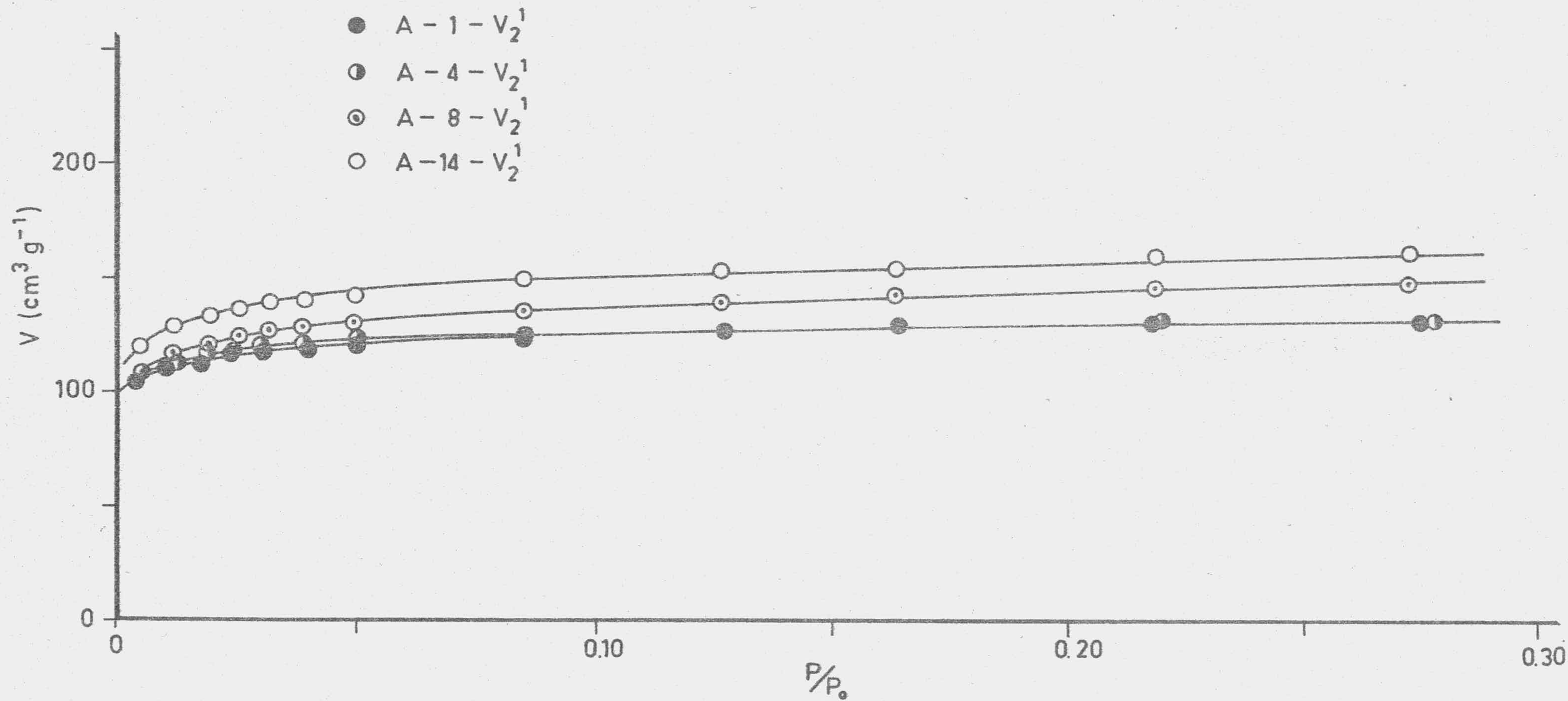


FIGURA 22.- Isothermas de adsorción de N_2 a 90K

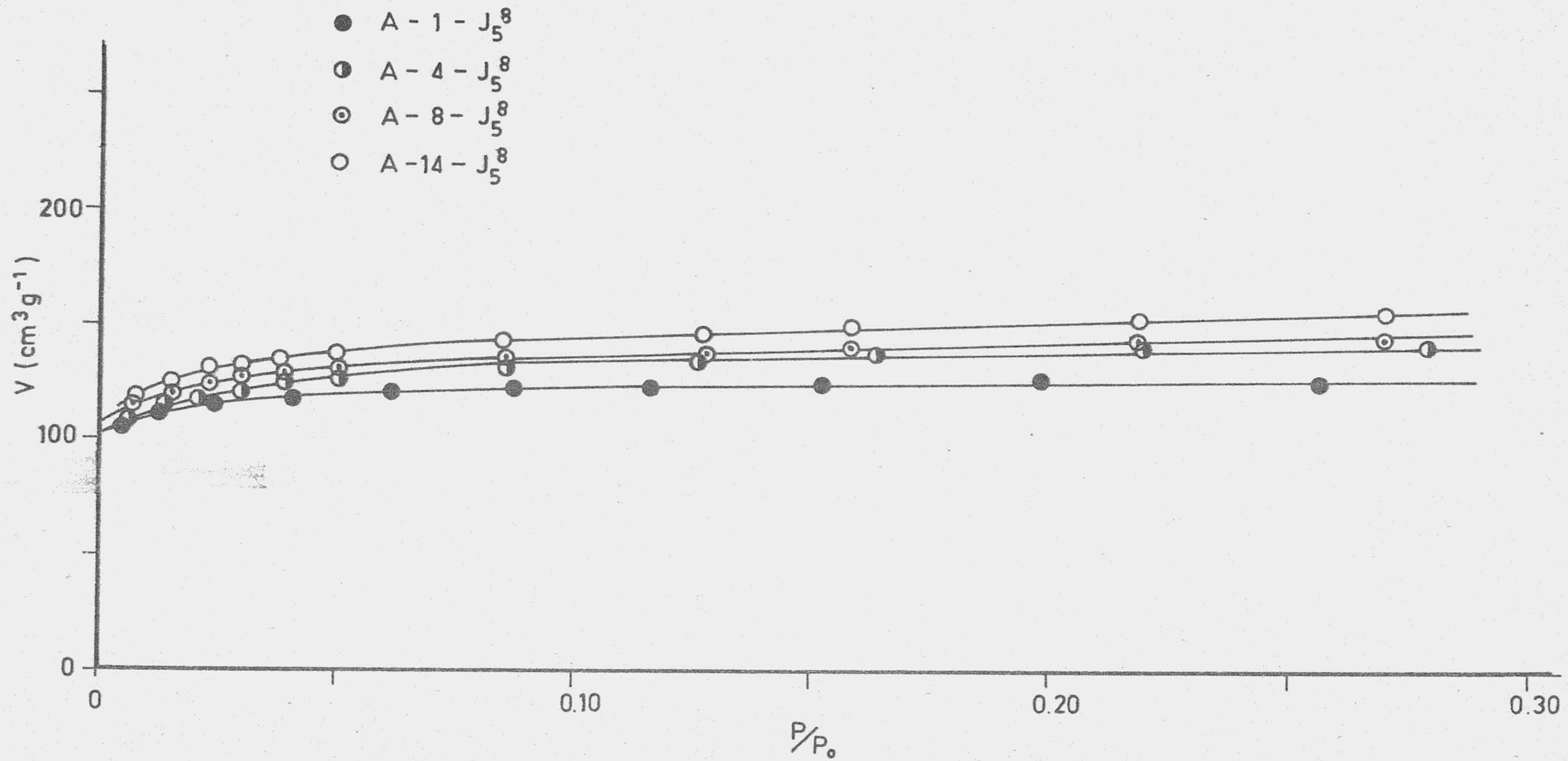


FIGURA 23.- Isothermas de adsorción de N₂ a 90K

107

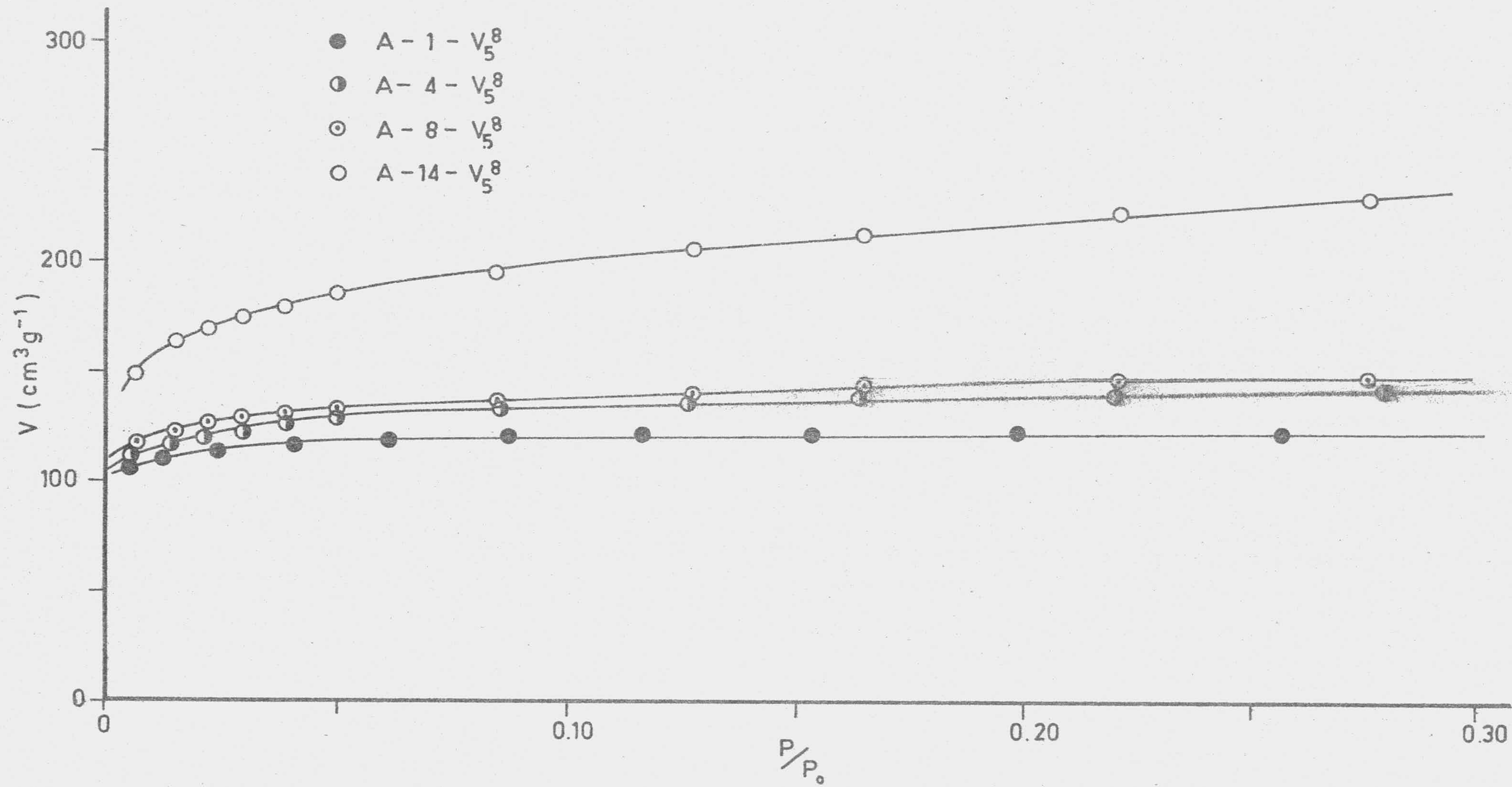
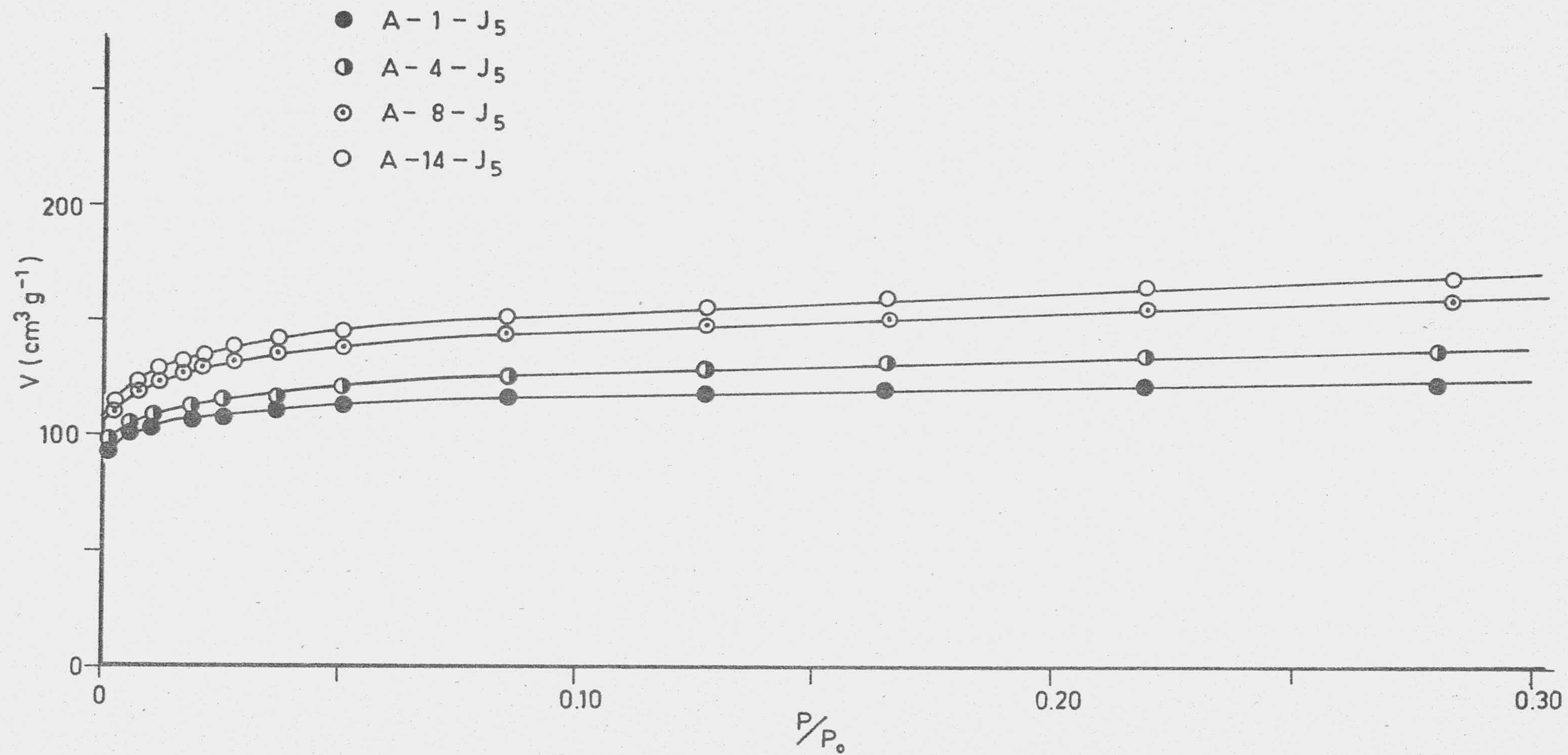


FIGURA 24.- Isothermas de adsorción de N_2 a 90K

FIGURA 25.- Isothermas de adsorción de N_2 a 90K

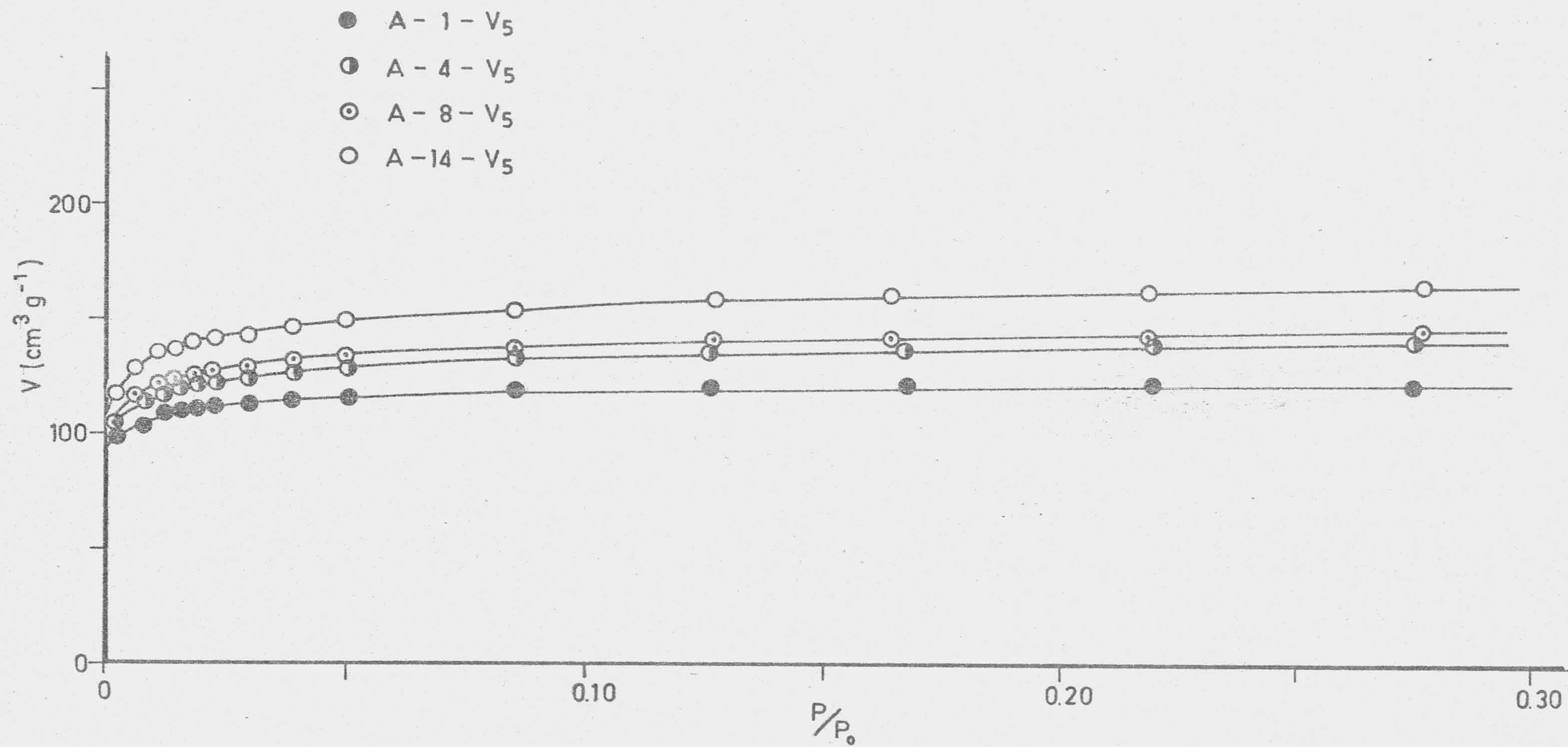


FIGURA 26.- Isothermas de adsorción de N₂ a 90K

en las tablas 46 a 61, y que al representarlos han dado como resultado las gráficas de las figuras 27 a 34.

3.5.- POROSIMETRIA DE MERCURIO

El estudio de la distribución de tamaño de poros, en la zona de macroporos y de mesoporos hasta 37 Å de radio en las muestras preparadas por nosotros, se ha realizado mediante la técnica de porosimetría de mercurio, descrita en el capítulo II. Los resultados obtenidos del volumen acumulado de poros en función de la presión se recogen juntamente con los valores calculados de los radios de poros en las tablas 62 a 115. Por otra parte, también se han realizado las representaciones correspondientes del volumen acumulado de poros frente al radio de los mismos, obteniéndose las figuras 35 a 45.

3.6.- ADSORCION DE p-NITROFENOL

Como indicábamos en el apartado 2.7, antes de proceder a la adsorción del p-nitrofenol, realizamos experiencias sobre algunas muestras significativas con el fin de determinar el tiempo necesario para que se alcanzara el equilibrio entre el adsorbato en disolución acuosa y el adsorbente. Los resultados experimentales obtenidos se representan en la Figura 46.

Una vez conocido el tiempo de equilibrio para las diferentes muestras de una serie de carbones activos se procedió a la obtención de las isotermas de adsorción de todas las muestras activadas así como de algunos carbonizados. Los datos obtenidos están recogidos en las tablas 116 a 125 y las correspondientes representaciones gráficas en las figuras 47 a 55.

TABLA 46

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

a-1-I₅¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
49'83	17'90	19'06	2'78	1'253	7'398
97'01	25'74	37'11	3'77	1'411	5'907
143'85	31'37	55'03	4'59	1'497	5'105
209'21	37'34	80'03	5'60	1'572	4'396
288'93	42'11	110'52	6'86	1'624	3'828
369'06	45'69	141'18	8'08	1'660	3'423
449'80	48'42	172'06	9'29	1'685	3'113
529'43	51'31	202'52	10'32	1'710	2'868
610'62	53'02	233'58	11'52	1'724	2'662
718'58	55'92	274'88	12'85	1'748	2'436

A-4-J₅¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
49'83	19'02	19'06	2'62	1'279	7'398
97'01	25'78	37'11	3'76	1'411	5'907
143'85	31'28	55'03	4'60	1'495	5'105
209'21	36'07	80'03	5'80	1'557	4'396
288'93	41'14	110'52	7'02	1'614	3'828
369'06	45'50	141'18	8'11	1'658	3'423
449'80	48'46	172'06	9'28	1'685	3'113
529'43	51'70	202'52	10'24	1'713	2'868
610'62	54'10	233'58	11'29	1'733	2'662
718'58	56'63	274'88	12'69	1'753	2'436

TABLA 47

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₅¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ¹	P/V	Log V	Log ² P/P _o
49'83	19'62	19'06	2'54	1'293	7'398
97'01	27'83	37'11	3'49	1'445	5'907
143'85	32'60	55'03	4'41	1'513	5'105
209'21	37'51	80'03	5'58	1'574	4'396
288'93	43'21	110'52	6'69	1'636	3'828
369'06	47'18	141'18	7'82	1'674	3'423
449'80	50'10	172'06	8'98	1'700	3'113
529'43	53'68	202'52	9'86	1'730	2'868
610'62	56'06	233'58	10'89	1'749	2'662
718'58	59'25	274'88	12'13	1'773	2'436

A-14-J₅¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
14'88	11'15	5'69	1'33	1'047	10'528
28'69	16'51	10'97	1'74	1'218	8'759
38'98	19'41	14'91	2'01	1'288	7'989
50'19	22'45	19'20	2'24	1'351	7'381
68'14	26'36	26'07	2'58	1'421	6'677
101'54	32'45	38'84	3'13	1'511	5'811
142'62	37'81	54'56	3'77	1'578	5'122
209'73	43'75	80'07	4'79	1'641	4'395
288'07	50'41	110'19	5'71	1'703	3'833
366'01	54'32	140'01	6'74	1'735	3'437
447'69	57'80	171'25	7'75	1'762	3'120
529'40	61'27	202'51	8'64	1'787	2'868
609'38	64'03	233'10	9'52	1'806	2'665
688'13	66'34	263'23	10'37	1'822	2'495

TABLA 48

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅¹

P (torr)	(cm ³ V _g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
7'56	9'75	2'89	0'78	0'989	12'523
25'39	17'32	9'71	1'47	1'239	9'076
44'28	22'56	16'94	1'96	1'353	7'679
57'10	25'91	21'84	2'20	1'413	7'079
72'44	28'38	27'71	2'55	1'453	6'540
114'85	35'37	43'93	3'25	1'549	5'556
170'15	41'19	65'09	4'13	1'615	4'781
238'29	45'85	91'15	5'20	1'661	4'163
316'21	51'96	120'95	6'09	1'716	3'676
402'36	55'74	153'91	7'22	1'746	3'286
493'14	58'65	188'64	8'41	1'768	2'973
584'85	60'98	223'72	9'59	1'785	2'723
693'04	63'75	265'51	10'87	1'804	2'486

A-4-V₅¹

P (torr)	(cm ³ V _g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'69	10'26	4'86	1'24	1'011	10'982
22'90	14'04	8'76	1'63	1'147	9'349
34'93	17'01	13'36	2'05	1'231	8'261
50'85	24'58	19'45	2'43	1'321	7'350
68'36	26'15	26'15	2'78	1'391	6'670
103'57	30'25	39'62	3'42	1'481	5'770
144'10	35'65	55'12	4'04	1'552	5'102
208'38	42'13	79'71	4'95	1'625	4'404
288'47	47'53	110'35	6'07	1'677	3'831
367'24	52'12	140'48	6'91	1'717	3'431
447'40	56'04	171'14	7'98	1'748	3'121
530'77	58'33	203'03	9'10	1'766	2'864
610'71	61'30	233'61	9'96	1'787	2'662
688'72	63'20	263'45	10'90	1'801	2'494

TABLA 49

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o × 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'82	10'28	4'90	1'25	1'012	10'952
28'86	15'24	11'04	1'89	1'183	8'744
46'30	20'91	17'71	2'21	1'320	7'572
64'13	24'27	24'53	2'64	1'385	6'814
115'64	32'60	44'24	3'55	1'513	5'542
150'23	37'21	57'47	4'04	1'571	5'020
207'42	41'64	79'34	4'98	1'620	4'412
283'14	46'24	108'31	6'12	1'665	3'863
372'69	51'21	142'56	7'28	1'709	3'408
464'28	55'46	177'64	8'37	1'744	3'064
534'54	57'76	204'48	9'25	1'762	2'854
614'54	59'71	235'08	10'29	1'776	2'653
728'60	64'14	278'71	11'36	1'807	2'418

A-14-V₅¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o × 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
11'64	10'69	4'45	1'09	1'029	11'232
34'01	19'05	13'01	1'79	1'280	8'327
53'91	23'30	20'62	2'31	1'367	7'213
74'83	28'09	28'62	2'66	1'449	6'468
105'16	33'03	40'23	3'18	1'519	5'738
144'41	38'37	55'24	3'76	1'586	5'097
207'93	44'67	79'54	4'65	1'650	4'408
290'00	49'88	110'93	5'81	1'698	3'822
366'87	53'85	140'34	6'81	1'731	3'433
449'18	57'97	171'82	7'75	1'763	3'115
527'15	62'49	201'65	8'44	1'796	2'874
610'11	64'95	233'38	9'39	1'813	2'663
688'61	67'01	263'41	10'28	1'826	2'494

TABLA 50

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
46'60	18'96	17'83	2'46	1'278	7'557
88'16	23'54	33'72	3'75	1'372	6'111
142'92	31'06	54'67	4'60	1'492	5'118
207'17	37'44	79'25	5'53	1'573	4'414
287'12	42'02	109'83	6'83	1'623	3'839
368'06	45'78	140'79	8'04	1'661	3'428
448'35	48'72	171'51	9'20	1'688	3'118
530'00	51'66	202'74	10'26	1'713	2'866
613'65	53'46	234'74	11'48	1'728	2'655
716'21	56'57	273'97	12'66	1'753	2'441

A-4-J₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
46'60	19'56	17'83	2'38	1'291	7'557
88'16	24'78	33'72	3'56	1'394	6'111
142'92	31'82	54'67	4'49	1'503	5'113
207'17	37'82	79'25	5'48	1'578	4'414
287'12	43'69	109'83	6'57	1'640	3'839
268'06	47'48	140'79	7'75	1'677	3'428
448'35	50'09	171'51	8'95	1'700	3'118
530'00	53'74	202'74	9'86	1'730	2'866
613'65	55'95	234'74	10'97	1'748	2'655
716'21	58'82	273'97	12'18	1'770	2'441

TABLA 51

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-J₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
46'60	19'85	17'83	2'35	1'298	7'557
88'16	24'19	33'72	3'64	1'384	6'111
142'92	32'08	54'67	4'46	1'506	5'118
207'17	38'13	79'25	5'43	1'581	4'414
287'12	43'13	109'83	6'66	2'635	3'839
368'06	47'99	140'79	7'67	1'681	3'428
448'35	50'49	171'51	8'88	1'703	3'118
530'00	54'57	202'74	9'71	1'737	2'866
613'65	57'33	234'74	10'70	1'758	2'655
716'21	61'27	273'97	11'69	1'787	2'441

A-14-I₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
13'72	12'93	5'25	1'06	1'112	10'758
25'46	17'07	9'74	1'49	1'232	9'069
47'46	23'47	18'15	2'02	1'371	7'513
72'51	28'62	27'74	2'53	1'457	6'538
106'88	34'02	40'88	3'14	1'532	5'705
144'45	39'16	52'26	3'69	1'593	5'097
209'31	44'56	80'07	4'70	1'649	4'396
288'67	50'59	110'42	5'71	1'704	3'830
366'03	54'60	140'02	6'70	1'737	3'437
447'56	58'87	171'20	7'60	1'770	3'120
531'90	60'88	203'47	8'74	1'784	2'861
611'12	63'77	233'77	9'58	1'805	2'661
687'07	66'40	262'82	10'35	1'822	2'497

TABLA 52

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
7'56	8'66	2'89	0'87	0'938	12'523
25'39	15'56	9'71	1'63	1'192	9'076
44'28	20'71	16'94	2'14	1'316	7'679
57'10	24'22	21'84	2'36	1'384	7'079
72'44	28'01	27'71	2'59	1'447	6'540
114'85	34'10	43'93	3'37	1'533	5'556
170'15	40'33	65'09	4'22	1'606	4'781
238'29	45'74	91'15	5'21	1'660	4'163
316'21	50'21	120'95	6'30	1'701	3'676
402'36	54'81	153'91	7'34	1'739	3'286
493'14	58'06	188'64	8'49	1'764	2'973
584'85	61'44	223'72	9'52	1'788	2'723
693'04	64'69	265'51	10'71	1'811	2'486

A-4-V₂¹

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'69	10'22	4'86	1'24	1'009	10'982
22'90	13'27	8'76	1'73	1'123	9'349
34'93	16'86	13'36	2'07	1'227	8'261
50'85	20'70	19'45	2'46	1'316	7'350
68'36	24'15	26'15	2'83	1'383	6'670
103'57	29'46	39'62	3'52	1'469	5'770
144'10	34'77	55'12	4'14	1'541	5'102
208'38	41'14	79'71	5'07	1'614	4'404
288'47	46'85	110'35	6'16	1'671	3'831
367'24	51'23	140'48	7'17	1'710	3'431
447'40	54'95	171'14	8'14	1'740	3'121
530'77	57'73	203'03	9'19	1'761	2'864
610'71	60'52	233'61	10'09	1'782	2'662
688'72	62'71	263'45	11'02	1'796	2'494

TABLA 53

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₂¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'96	12'52	4'96	1'04	1'098	10'921
26'32	18'64	10'07	1'41	1'270	8'982
39'06	22'07	14'94	1'77	1'344	7'984
51'70	25'50	19'78	1'99	1'407	7'311
69'58	28'49	26'62	2'44	1'455	6'630
105'10	34'00	40'20	3'09	1'531	5'740
144'81	38'78	55'39	3'73	1'589	5'092
209'64	46'09	80'19	4'55	1'664	4'393
288'74	52'50	110'45	5'50	1'720	3'829
368'08	56'08	140'80	6'56	1'749	3'428
449'03	59'81	172'13	7'51	1'777	3'112
530'98	62'34	203'11	8'52	1'795	2'864
608'84	64'88	232'90	9'38	1'812	2'666
690'33	66'82	264'07	10'33	1'825	2'491

A-14-V₂¹

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
7'56	8'79	2'89	0'86	0'944	12'523
25'39	16'24	9'71	1'56	1'211	9'076
44'28	20'46	16'94	2'16	1'311	7'679
57'10	23'51	21'84	2'43	1'371	7'079
72'44	26'72	27'71	2'71	1'427	6'540
114'85	33'66	43'93	3'41	1'527	5'556
170'15	39'91	65'09	4'26	1'601	4'781
238'29	46'34	91'15	5'14	1'666	4'163
316'21	51'07	120'95	6'19	1'708	3'676
402'36	55'64	153'91	7'23	1'745	3'286
493'14	60'04	188'64	8'21	1'778	2'973
584'85	62'40	223'72	9'37	1'795	2'723
693'04	66'63	265'51	10'40	1'824	2'486

TABLA 54

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J-⁸/₅

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o × 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
42'79	19'99	16'37	2'14	1'301	7'762
94'32	26'28	36'08	3'59	1'420	5'967
149'36	32'73	57'13	4'56	1'515	5'032
211'00	38'21	80'71	5'52	1'582	4'381
288'51	43'47	110'36	6'65	1'637	3'831
365'54	46'91	139'83	7'79	1'671	3'439
448'42	51'26	171'53	8'75	1'710	3'118
530'02	54'49	202'75	9'73	1'736	2'866
612'10	56'91	234'14	10'76	1'755	2'659
714'34	59'33	273'25	12'04	1'773	2'444

A-4-J-⁸/₅

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o × 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
47'54	19'07	18'19	2'49	1'280	7'509
92'76	25'94	35'48	3'58	1'414	6'002
143'93	32'64	55'06	4'41	1'514	5'104
208'55	39'17	79'78	5'32	1'593	4'402
287'40	44'67	109'94	6'43	1'650	3'837
366'95	47'42	140'37	7'74	1'676	3'433
448'08	52'91	171'40	8'47	1'724	3'119
530'08	56'01	202'77	9'46	1'748	2'866
609'93	57'90	233'31	10'53	1'763	2'664
707'90	59'44	270'79	11'91	1'774	2'457

TABLA 55

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS :

A-8-J₅⁸

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
42'79	18'37	16'37	2'33	1'247	7'762
94'32	27'10	36'08	3'48	1'409	5'967
149'36	34'13	57'13	4'38	1'533	5'032
211'00	39'74	80'71	5'31	1'599	4'381
288'51	45'47	110'36	6'35	1'658	3'831
365'54	49'90	139'83	7'33	1'698	3'439
448'42	53'94	171'53	8'31	1'722	3'118
530'02	56'93	202'75	9'31	1'755	2'866
612'10	60'06	234'14	10'19	1'779	2'659
714'34	63'32	273'25	11'28	1'801	2'444

A-14-J₅⁸

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
47'54	23'50	18'19	2'02	1'371	7'509
92'76	29'01	35'48	3'20	1'463	6'002
143'93	34'66	55'06	4'15	1'540	5'104
208'55	42'01	79'78	4'96	1'623	4'402
287'40	47'65	109'94	6'03	1'678	3'837
366'95	51'59	140'37	7'11	1'713	3'433
448'08	57'10	171'40	7'85	1'757	3'119
530'08	60'25	202'77	8'80	1'780	2'866
609'93	62'62	233'31	9'74	1'797	2'664
707'90	64'65	270'79	10'95	1'811	2'457

TABLA 56

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅⁸

P (torr)	(cm ³ V/g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P ₀
50'49	20'45	19'31	2'47	1'311	7'367
94'54	26'57	36'16	3'56	1'424	5'962
144'34	33'82	55'21	4'27	1'529	5'098
208'03	40'26	79'58	5'17	1'605	4'407
288'16	45'90	110'23	6'28	1'662	3'833
370'92	49'93	141'89	7'43	1'698	3'415
448'37	52'99	171'51	8'46	1'724	3'118
529'68	57'01	202'62	9'29	1'756	2'867
612'32	59'43	234'23	10'30	1'774	2'658
705'49	62'00	269'87	11'38	1'792	2'461

A-4-V₅⁸

P (torr)	(cm ³ V/g ⁻¹)	P/P ₀ x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P ₀
50'49	22'16	19'31	2'28	1'346	7'367
94'54	28'30	36'16	3'34	1'452	5'962
144'34	34'81	55'21	4'15	1'542	5'098
208'03	41'57	79'58	5'00	1'619	4'407
288'16	46'70	110'23	6'17	1'669	3'833
370'92	51'59	141'89	7'19	1'713	3'415
448'37	54'59	171'51	8'21	1'737	3'118
529'68	58'47	202'62	9'06	1'767	2'867
612'32	61'10	234'23	10'02	1'786	2'658
705'49	63'23	269'87	11'16	1'801	2'461

TABLA 57

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅⁸

P (torr)	(cm ³ V _g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
47'54	23'18	18'19	2'05	1'365	7'509
92'76	31'61	35'48	2'93	1'500	6'002
143'93	38'46	55'05	3'74	1'585	5'104
208'55	45'18	79'78	4'62	1'655	4'402
287'40	50'97	109'94	5'64	1'707	3'837
366'95	55'19	140'37	6'65	1'742	3'433
448'08	60'45	171'40	7'41	1'781	3'119
530'08	63'22	202'77	8'38	1'801	2'866
609'93	66'25	233'31	9'21	1'821	2'664
707'90	68'75	270'79	10'30	1'837	2'457

A-14-V₅⁸

P (torr)	(cm ³ V _g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
50'49	20'34	19'31	2'48	1'308	7'367
94'54	26'08	36'16	3'63	1'416	5'962
144'34	33'17	55'21	4'35	1'521	5'098
208'03	40'96	79'58	5'08	1'612	4'407
288'16	48'19	110'23	5'98	1'683	3'833
370'92	53'38	141'89	6'95	1'727	3'415
448'37	57'75	171'51	7'76	1'762	3'118
529'68	61'98	202'62	8'55	1'792	2'867
612'32	66'21	234'23	9'25	1'821	2'658
705'49	69'63	269'87	10'13	1'843	2'461

TABLA 58

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
46'55	17'60	17'81	2'64	1'246	7'559
89'23	25'99	34'13	3'43	1'415	6'085
144'26	31'58	55'18	4'57	1'499	5'099
208'96	38'49	79'93	5'43	1'586	4'399
288'79	43'10	110'47	6'70	1'634	3'829
367'91	47'38	140'74	7'77	1'676	3'428
446'19	50'83	170'68	8'78	1'706	3'125
529'80	52'80	202'66	10'03	1'723	2'867
609'91	54'61	233'31	11'17	1'737	2'664
689'58	57'58	263'78	11'98	1'760	2'492

A-4-J₅

P (torr)	(cm ³ V g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
37'76	15'52	14'44	2'43	1'191	8'067
83'75	24'97	32'04	3'35	1'397	6'222
141'76	32'40	54'23	4'38	1'511	5'134
209'50	37'53	80'14	5'58	1'574	4'394
287'53	42'28	109'99	6'80	1'626	3'836
366'87	46'44	140'34	7'90	1'667	3'433
447'10	51'84	171'07	8'62	1'715	3'122
528'60	54'54	202'20	9'69	1'737	2'870
609'94	56'97	233'32	10'71	1'756	2'664
687'53	59'40	263'00	11'57	1'774	2'497

TABLA 59

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-I₅

P (torr)	(cm ³ Vg ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
37'76	13'61	14'44	2'77	1'134	8'067
83'75	22'23	32'04	3'77	1'347	6'222
141'76	30'32	54'23	4'68	1'482	5'134
209'50	36'01	80'14	5'82	1'556	4'394
287'53	42'04	109'99	6'84	1'624	3'836
366'87	45'31	140'34	8'10	1'656	3'433
447'10	49'79	171'03	8'98	1'697	3'122
528'60	53'07	202'20	9'96	1'725	2'870
609'94	56'00	233'32	10'89	1'748	2'664
687'53	58'75	263'00	11'70	1'769	2'497

A-14-I₅

P (torr)	(cm ³ Vg ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
37'76	15'56	14'44	2'43	1'192	8'067
83'75	25'55	32'04	3'28	1'407	6'222
141'76	33'62	54'32	4'22	1'527	5'134
209'50	39'20	80'14	5'34	1'593	4'394
287'53	46'10	109'99	6'24	1'664	3'836
366'87	49'78	140'34	7'37	1'697	3'433
447'10	54'62	171'03	8'19	1'737	3'122
528'60	58'14	202'20	9'09	1'764	2'870
609'94	60'79	233'32	10'03	1'784	2'664
687'53	63'58	263'00	10'81	1'803	2'497

TABLA 60

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅

P (torr)	(cm ³ Vg ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
14'88	12'95	5'69	1'15	1'112	10'528
28'69	17'68	10'97	1'62	1'247	8'759
38'98	20'19	14'91	1'93	1'305	7'989
50'19	22'97	19'20	2'19	1'361	7'381
68'14	26'73	26'07	2'55	1'427	6'677
101'54	32'44	38'84	3'13	1'511	5'811
142'62	36'90	54'56	3'87	1'567	5'122
209'73	43'30	80'07	4'84	1'636	4'395
288'07	49'15	110'19	5'86	1'692	3'833
366'01	53'75	140'01	6'81	1'730	3'437
447'69	57'09	171'25	7'84	1'757	3'120
529'40	59'73	202'51	8'86	1'776	2'868
609'38	62'24	233'10	9'79	1'794	2'665
688'13	63'77	263'23	10'79	1'805	2'495

A-4-V₅

P (torr)	(cm ³ Vg ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'96	13'55	4'96	0'96	1'132	10'921
26'32	18'51	10'07	1'42	1'267	8'982
39'06	22'15	14'94	1'76	1'345	7'984
51'70	25'29	19'78	2'04	1'403	7'311
69'58	29'09	26'62	2'39	1'464	6'630
105'10	34'54	40'20	3'04	1'538	5'740
144'81	39'33	55'39	3'68	1'595	5'092
209'64	45'78	80'19	4'58	1'661	4'392
288'74	51'07	110'45	5'65	1'708	3'829
368'08	56'03	140'80	6'57	1'748	3'428
449'03	59'66	171'76	7'53	1'776	3'115
530'98	62'97	203'11	8'43	1'799	2'864
608'84	65'12	232'90	9'35	1'814	2'666
690'33	66'11	264'07	10'44	1'820	2'491

TABLA 61

DATOS DE ADSORCION DE CO₂ A 273°K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
14'88	12'11	5'69	1'23	1'083	10'528
28'69	18'16	10'97	1'58	1'259	8'759
38'98	22'03	14'91	1'77	1'343	7'989
50'19	24'05	19'20	2'09	1'381	7'381
68'14	27'25	26'07	2'50	1'435	6'677
101'54	32'80	38'84	3'10	1'516	5'811
142'62	39'37	54'56	3'62	1'595	5'122
209'33	45'75	80'07	4'58	1'660	4'395
288'07	51'63	110'19	5'58	1'713	3'833
366'01	56'00	140'01	6'54	1'748	3'437
447'69	60'38	171'25	7'41	1'781	3'120
529'40	64'08	202'51	8'26	1'807	2'868
609'38	65'59	233'10	9'29	1'817	2'665
688'13	67'78	263'23	10'15	1'831	2'495

A-14-V₅

P (torr)	(cm ³ V ⁻¹ g ⁻¹)	P/P _o x 10 ⁴	P/V	Log V	Log ² P/P _o
12'69	11'49	4'86	1'10	1'060	10'982
22'90	14'67	8'76	1'56	1'166	9'349
34'93	18'56	13'36	1'88	1'269	8'261
50'85	23'51	19'45	2'16	1'371	7'350
68'36	26'87	26'15	2'54	1'429	6'670
103'57	32'70	39'62	3'17	1'515	5'770
144'10	39'59	55'12	3'64	1'598	5'102
208'38	46'84	79'71	4'45	1'671	4'404
288'47	52'85	110'35	5'46	1'723	3'831
367'24	58'15	140'48	6'32	1'765	3'431
447'40	62'75	171'14	7'13	1'798	3'121
530'77	66'10	203'03	8'03	1'820	2'864
610'71	69'93	233'61	8'73	1'845	2'662
688'72	71'76	263'45	9'60	1'856	2'494

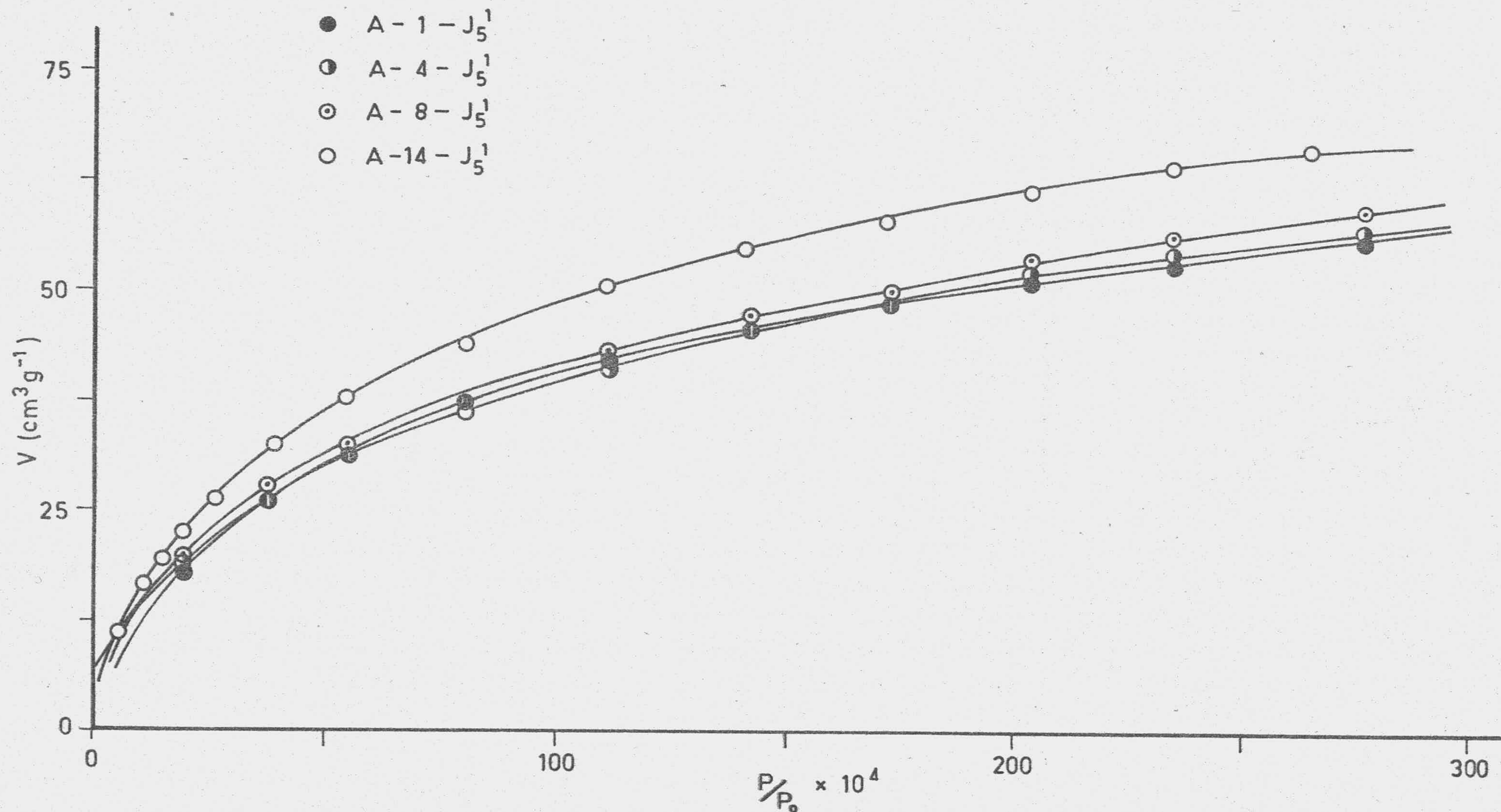


FIGURA 27.- Isothermas de adsorción de CO₂ a 273K

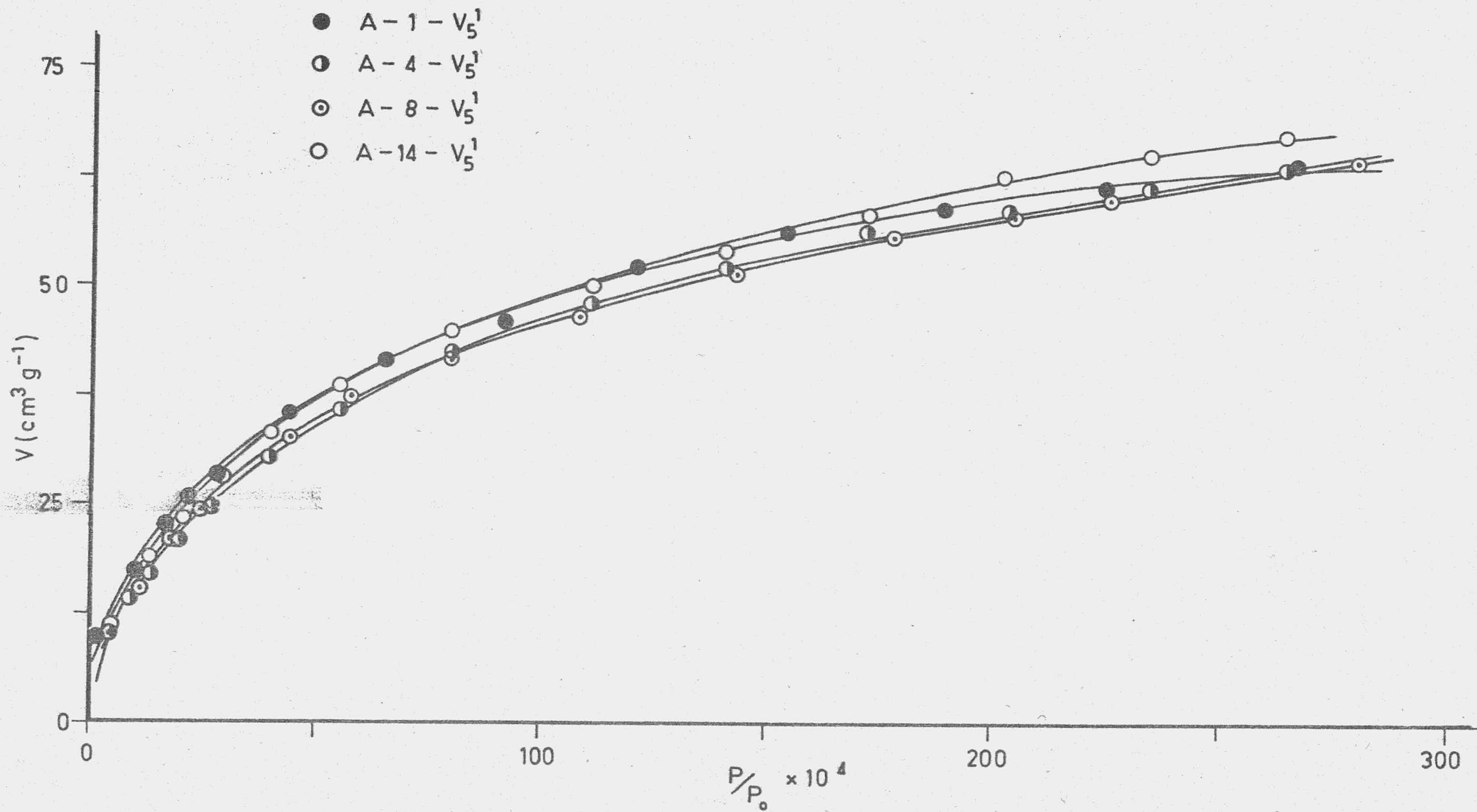


FIGURA 28.- Isotermas de adsorción de CO₂ a 273K

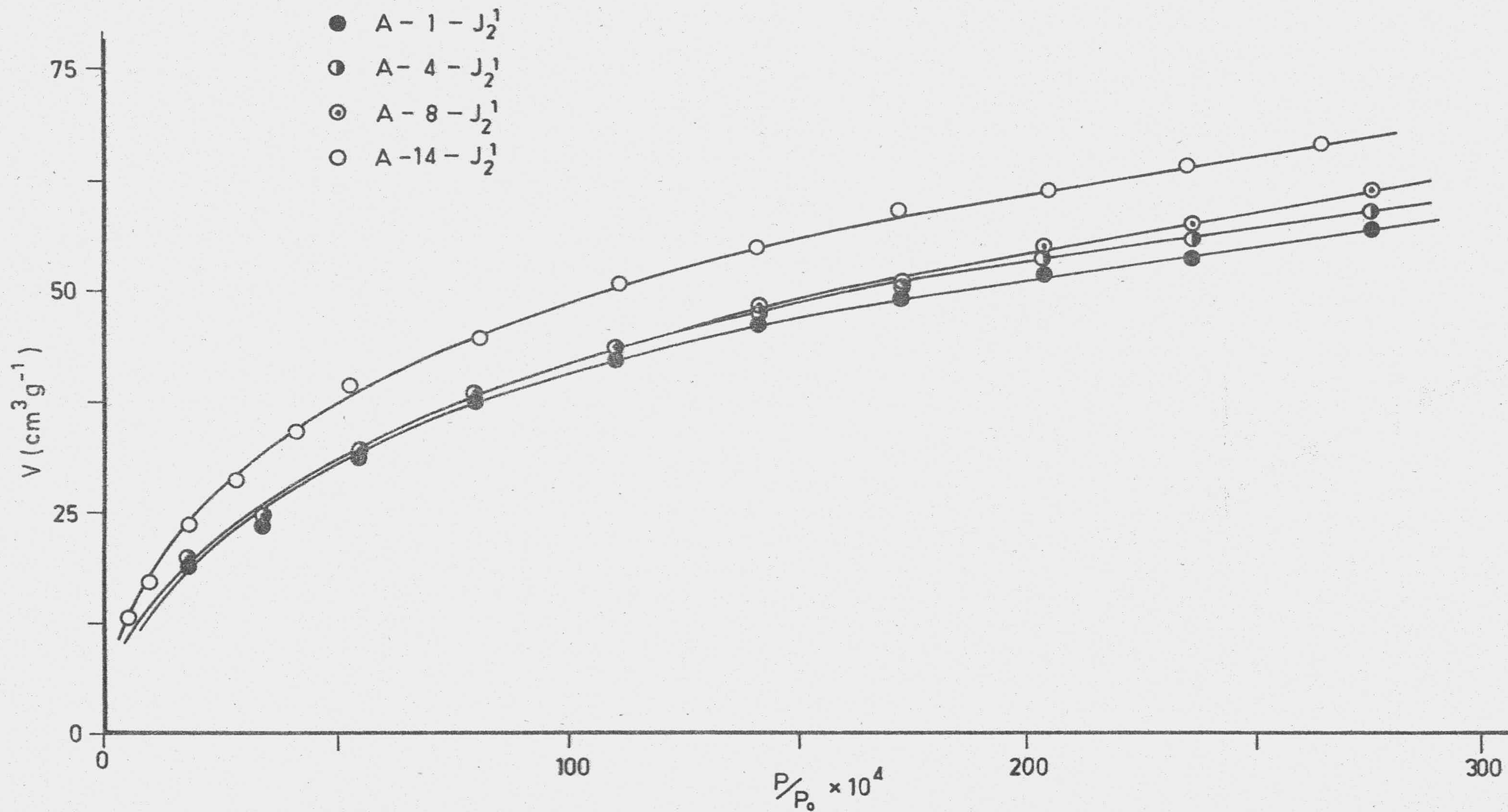


FIGURA 29.- Isothermas de adsorción de CO₂ a 273K

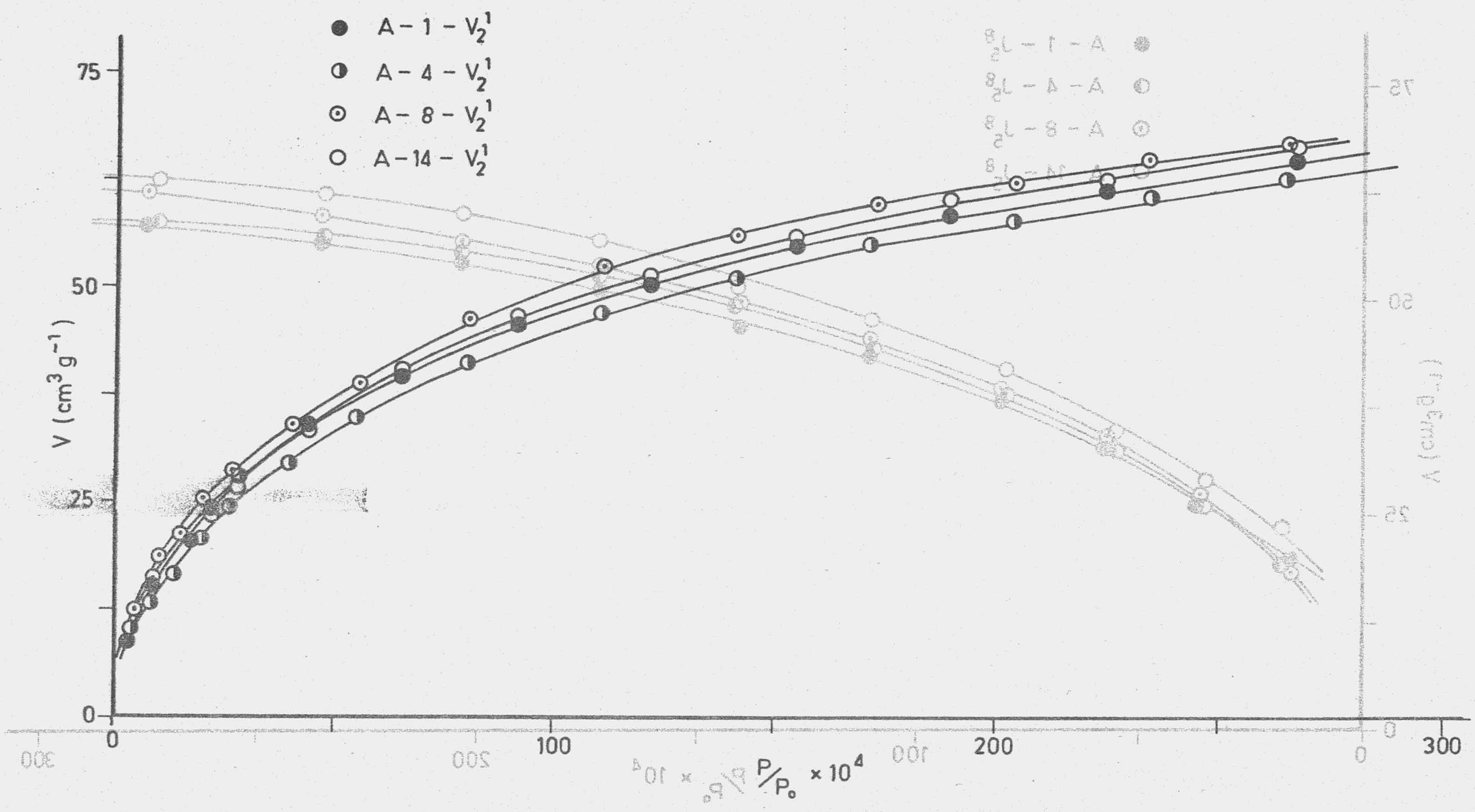


FIGURA 30.- Isothermas de adsorción de CO_2 a 273K
 FIGURA 31.- Isothermas de adsorción de CO_2 a 273K

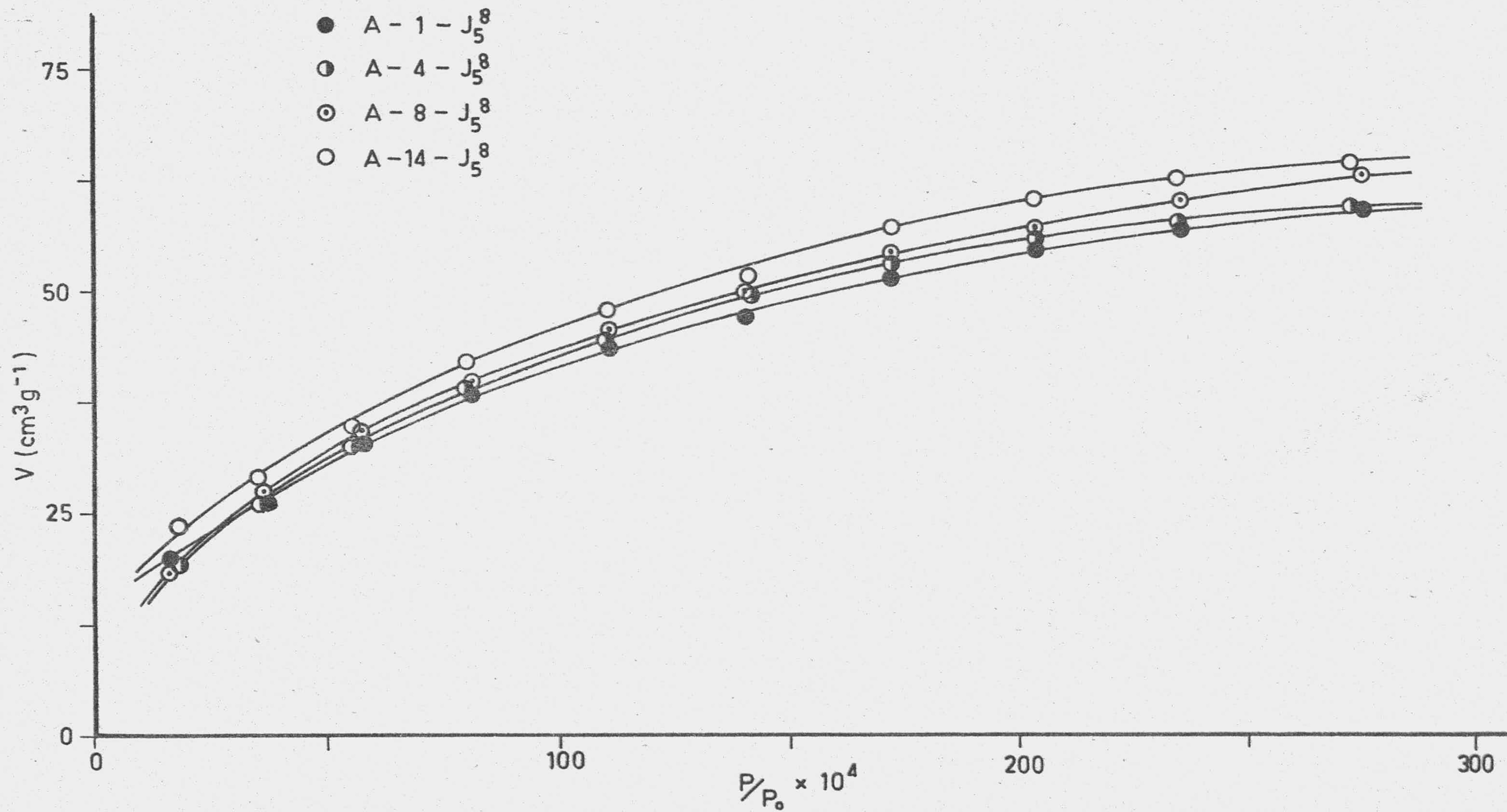


FIGURA 31.- Isotermas de adsorción de CO₂ a 273K

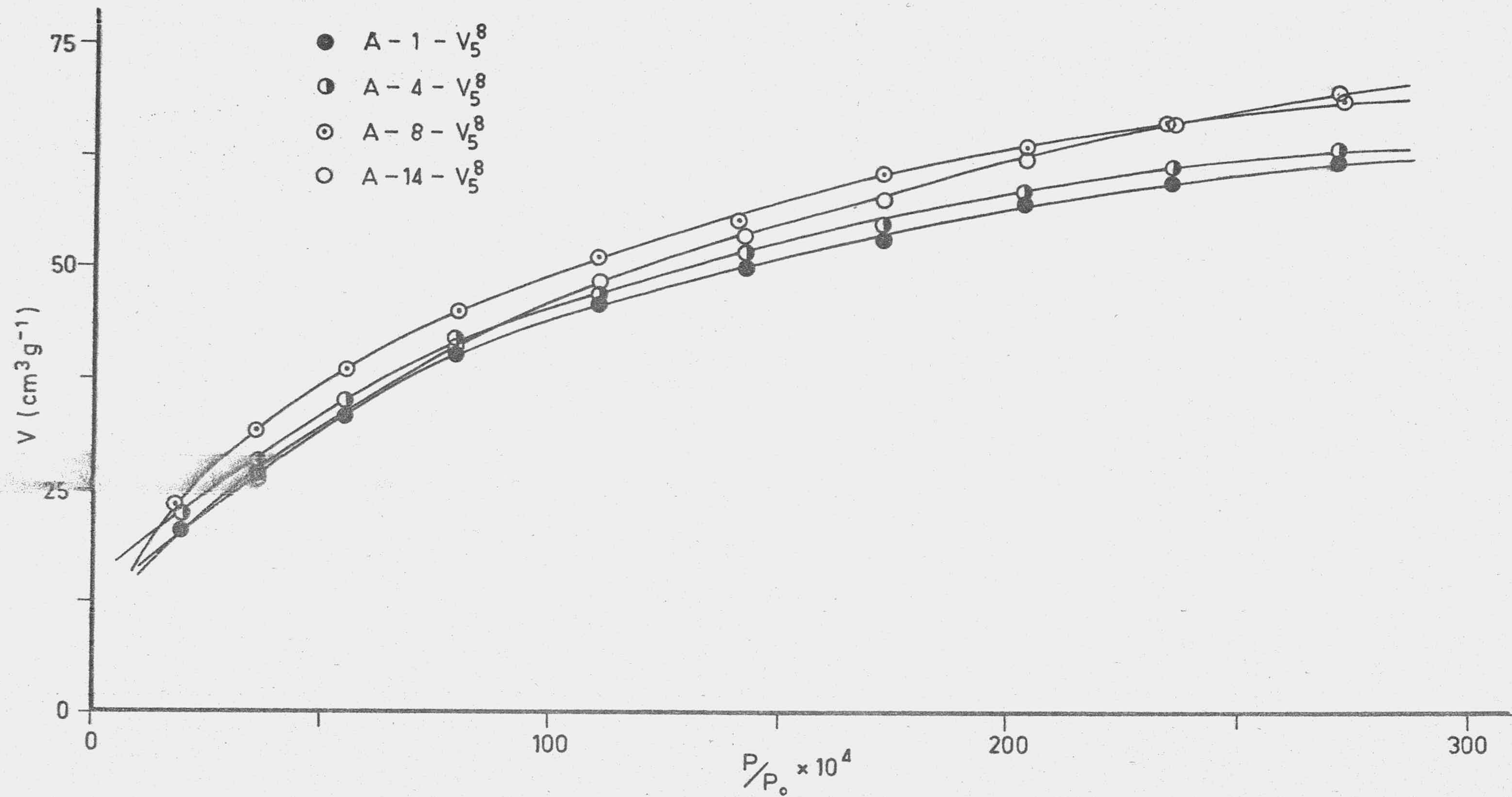


FIGURA 32.- Isotermas de adsorción de CO₂ a 273K

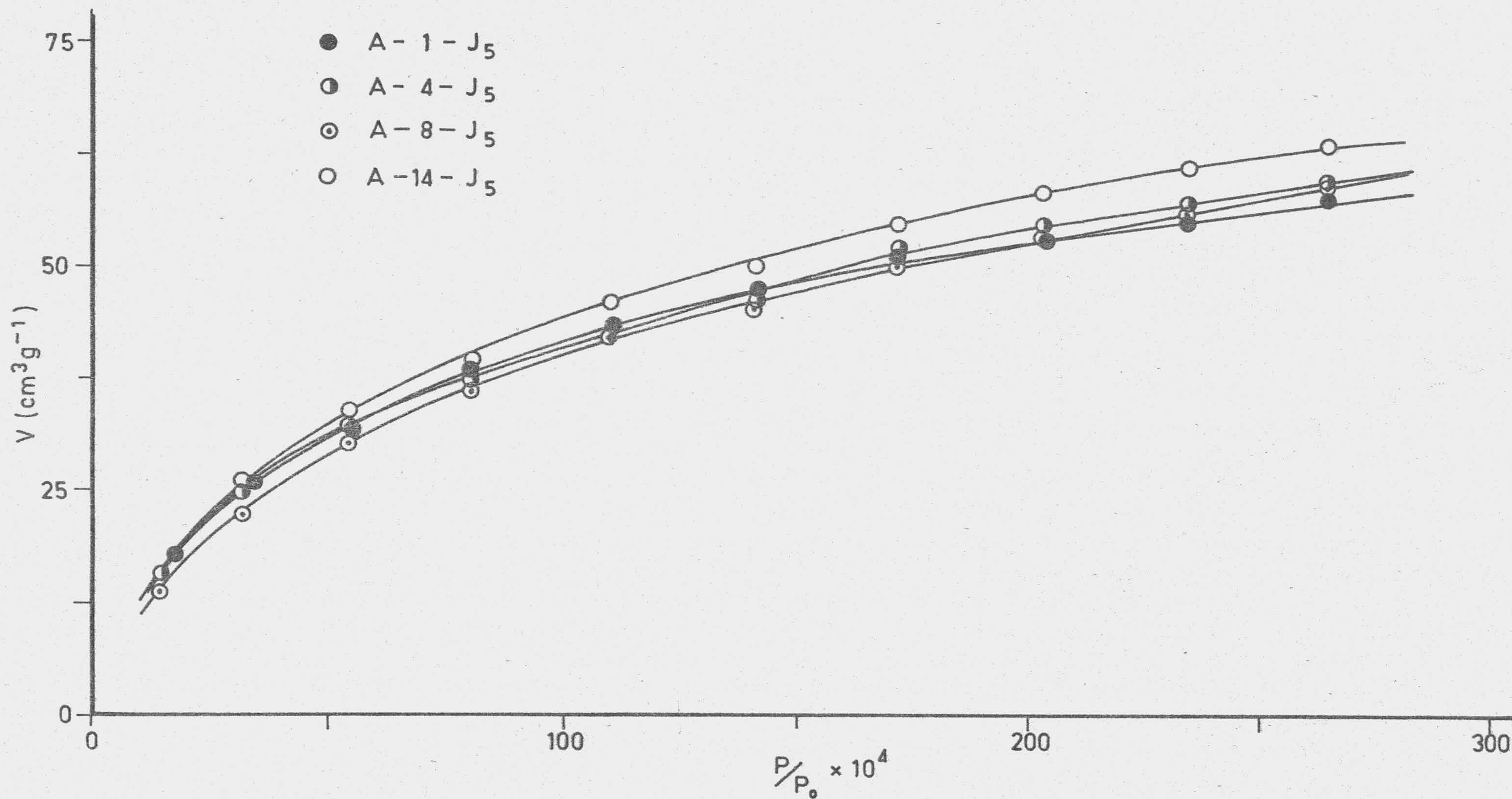


FIGURA 33.- Isothermas de adsorción de CO₂ a 273K

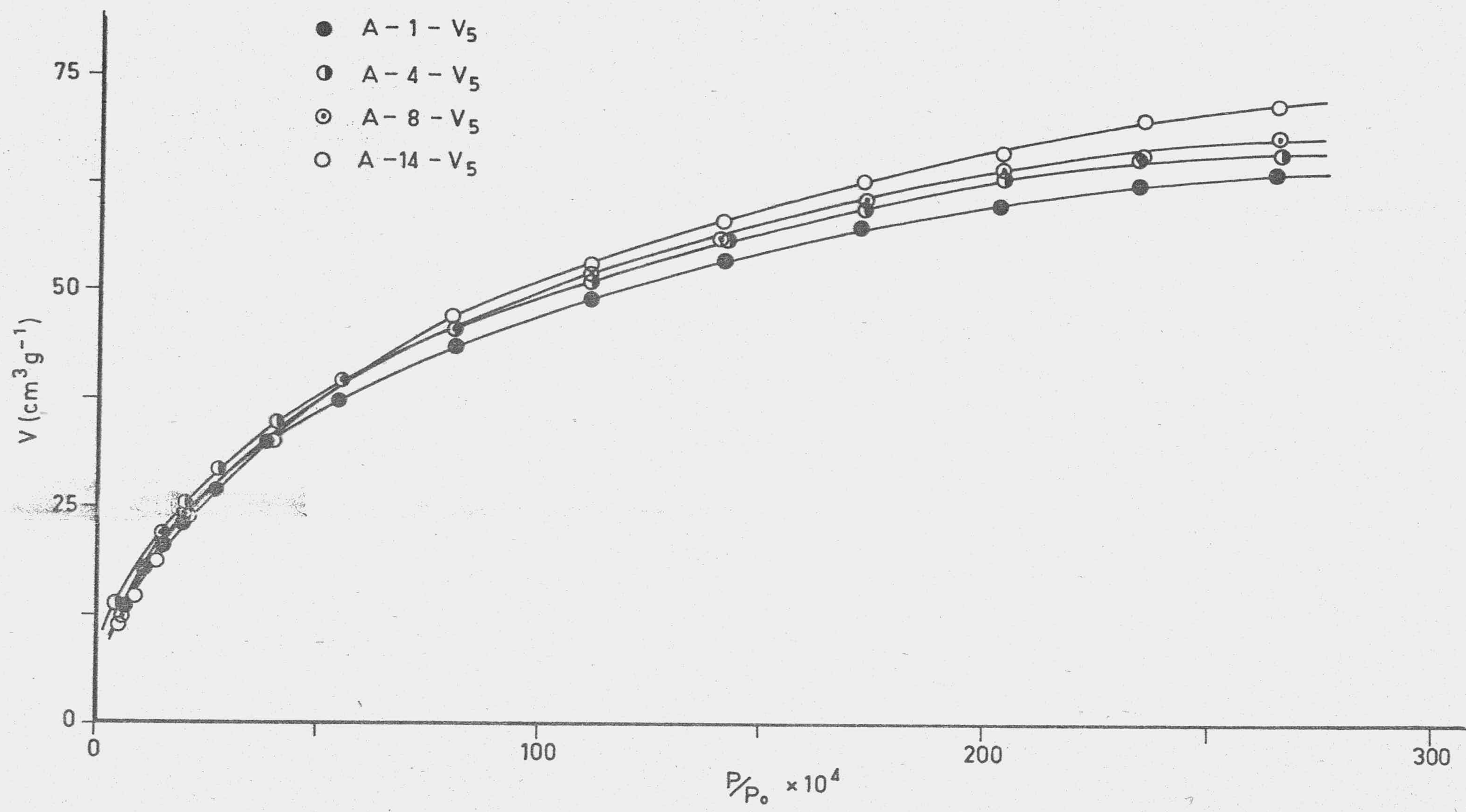


FIGURA 34.- Isotermas de adsorción de CO₂ a 273K

TABLA 62

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA-MJ-110°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'095
2	0'029	37500	0'030
3	0'034	25000	0'062
4	0'042	18750	0'054
5	0'047	15000	0'017
10	0'052	7500	0'090
15	0'068	5000	0'042
20	0'073	3750	0'027
25	0'076	3000	0'033
30	0'078	2500	0'078
35	0'084	2142	0'045
40	0'086	1875	0'051
45	0'089	1666	0'057
50	0'091	1500	0'035
100	0'102	750	0'015
150	0'104	500	0'021
200	0'107	375	0'027
250	0'110	300	0'033
300	0'112	250	0'038
350	0'115	214	0'045
400	0'117	187	0'000
450	0'117	166	0'059
500	0'120	150	0'000
600	0'120	125	0'000
700	0'120	107	0'000
800	0'120	94	0'000
900	0'120	83	0'000
1000	0'120	75	0'000
1100	0'120	68	0'000
1200	0'120	63	0'000
1300	0'120	58	0'000
1400	0'120	54	0'000
1500	0'120	50	0'000
1600	0'120	47	0'000
1700	0'120	44	0'000
1800	0'120	42	0'000
1900	0'123	39	0'081
2000	0'125	37	0'113

TABLA 63

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-200°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'058
2	0'017	37500	0'056
3	0'027	25000	0'040
4	0'032	18750	0'076
5	0'039	15000	0'016
10	0'044	7500	0'056
15	0'054	5000	0'059
20	0'062	3750	0'025
25	0'064	3000	0'031
30	0'067	2500	0'037
35	0'069	2142	0'085
40	0'074	1875	0'048
45	0'076	1666	0'000
50	0'076	1500	0'041
100	0'088	750	0'028
150	0'093	500	0'059
200	0'101	375	0'051
250	0'106	300	0'031
300	0'108	250	0'036
350	0'111	214	0'042
400	0'114	187	0'047
450	0'116	166	0'056
500	0'118	150	0'000
600	0'118	125	0'000
700	0'118	107	0'044
800	0'121	94	0'000
900	0'121	83	0'000
1000	0'121	75	0'000
1100	0'121	68	0'000
1200	0'121	63	0'000
1300	0'121	58	0'000
1400	0'121	54	0'000
1500	0'121	50	0'000
1600	0'121	47	0'000
1700	0'121	44	0'000
1800	0'121	42	0'000
1900	0'123	39	0'077
2000	0'123	37	0'214

TABLA 64

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-300°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'077
2	0'023	37500	0'053
3	0'032	25000	0'057
4	0'039	18750	0'072
5	0'046	15000	0'092
10	0'074	7500	0'066
15	0'085	5000	0'074
20	0'096	3750	0'072
25	0'102	3000	0'088
30	0'109	2500	0'035
35	0'111	2142	0'079
40	0'116	1875	0'000
45	0'116	1666	0'050
50	0'118	1500	0'054
100	0'134	750	0'053
150	0'144	500	0'074
200	0'153	375	0'047
250	0'158	300	0'058
300	0'162	250	0'068
350	0'166	214	0'119
400	0'173	187	0'044
450	0'176	166	0'000
500	0'176	150	0'088
600	0'183	125	0'070
700	0'188	107	0'083
800	0'192	94	0'043
900	0'195	83	0'053
1000	0'197	75	0'055
1100	0'199	68	0'000
1200	0'199	63	0'129
1300	0'203	58	0'000
1400	0'203	54	0'070
1500	0'206	50	0'171
1600	0'211	47	0'000
1700	0'211	44	0'116
1800	0'213	42	0'072
1900	0'216	39	0'000
2000	0'215	37	0'000

TABLA 65

DATOS DE PORESIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-400°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'101
2	0'030	37500	0'037
3	0'037	25000	0'104
4	0'050	18750	0'089
5	0'058	15000	0'043
10	0'071	7500	0'061
15	0'082	5000	0'087
20	0'093	3750	0'067
25	0'100	3000	0'082
30	0'106	2500	0'065
35	0'111	2142	0'075
40	0'115	1875	0'085
45	0'119	1666	0'047
50	0'122	1500	0'043
100	0'135	750	0'061
150	0'146	500	0'034
200	0'150	375	0'112
250	0'161	300	0'055
300	0'165	250	0'096
350	0'172	214	0'075
400	0'176	187	0'125
450	0'183	166	0'099
500	0'187	150	0'000
600	0'187	125	0'066
700	0'191	107	0'155
800	0'200	94	0'000
900	0'200	83	0'000
1000	0'200	75	0'000
1100	0'200	68	0'000
1200	0'200	63	0'000
1300	0'200	58	0'141
1400	0'205	54	0'132
1500	0'209	50	0'162
1600	0'213	47	0'075
1700	0'215	44	0'109
1800	0'218	42	0'136
1900	0'222	39	0'094
2000	0'224	37	0'000

TABLA 66

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-500°C-1hora

$P(\text{Kg/cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'089
2	0'026	37500	0'055
3	0'036	25000	0'096
4	0'048	18750	0'074
5	0'055	15000	0'063
10	0'074	7500	0'054
15	0'084	5000	0'077
20	0'093	3750	0'049
25	0'098	3000	0'060
30	0'103	2500	0'072
35	0'108	2142	0'041
40	0'111	1875	0'000
45	0'111	1666	0'104
50	0'115	1500	0'056
100	0'132	750	0'041
150	0'139	500	0'038
200	0'144	375	0'049
250	0'149	300	0'061
300	0'153	250	0'071
350	0'158	214	0'124
400	0'166	187	0'092
450	0'171	166	0'055
500	0'173	150	0'091
600	0'180	125	0'073
700	0'185	107	0'086
800	0'189	94	0'044
900	0'192	83	0'055
1000	0'195	75	0'114
1100	0'199	68	0'000
1200	0'199	63	0'066
1300	0'202	58	0'000
1400	0'202	54	0'073
1500	0'204	50	0'089
1600	0'207	47	0'083
1700	0'209	44	0'240
1800	0'214	42	0'075
1900	0'216	39	0'000
2000	0'216	37	0'000

TABLA 67

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-600°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'082
2	0'025	37500	0'097
3	0'042	25000	0'058
4	0'049	18750	0'075
5	0'056	15000	0'048
10	0'071	7500	0'069
15	0'083	5000	0'078
20	0'093	3750	0'101
25	0'103	3000	0'093
30	0'110	2500	0'073
35	0'115	2142	0'042
40	0'118	1875	0'048
45	0'120	1666	0'106
50	0'125	1500	0'057
100	0'142	750	0'041
150	0'149	500	0'039
200	0'155	375	0'050
250	0'159	300	0'062
300	0'164	250	0'072
350	0'169	214	0'042
400	0'172	187	0'094
450	0'177	166	0'112
500	0'182	150	0'000
600	0'018	125	0'037
700	0'184	107	0'087
800	0'188	94	0'000
900	0'188	83	0'000
1000	0'188	75	0'058
1100	0'191	68	0'000
1200	0'191	63	0'000
1300	0'191	58	0'000
1400	0'191	54	0'149
1500	0'196	50	0'182
1600	0'201	47	0'000
1700	0'201	44	0'122
1800	0'203	42	0'153
1900	0'208	39	0'000
2000	0'208	37	0'000

TABLA 68

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-700°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'082
2	0'024	37500	0'069
3	0'037	25000	0'098
4	0'049	18750	0'050
5	0'054	15000	0'065
10	0'074	7500	0'056
15	0'084	5000	0'059
20	0'091	3750	0'051
25	0'096	3000	0'094
30	0'103	2500	0'074
35	0'108	2142	0'085
40	0'113	1875	0'000
45	0'113	1666	0'054
50	0'116	1500	0'041
100	0'128	750	0'028
150	0'132	500	0'019
200	0'135	375	0'000
250	0'135	300	0'062
300	0'140	250	0'036
350	0'143	214	0'042
400	0'145	187	0'047
450	0'148	166	0'055
500	0'150	150	0'062
600	0'155	125	0'037
700	0'158	107	0'044
800	0'160	94	0'046
900	0'163	83	0'056
1000	0'165	75	0'117
1100	0'169	68	0'000
1200	0'169	63	0'137
1300	0'175	58	0'079
1400	0'177	54	0'000
1500	0'177	50	0'273
1600	0'185	47	0'000
1700	0'185	44	0'369
1800	0'192	42	0'000
1900	0'192	39	0'107
2000	0'194	37	0'000

TABLA 69

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-800°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'096
2	0'029	37500	0'054
3	0'038	25000	0'058
4	0'046	18750	0'074
5	0'052	15000	0'047
10	0'067	7500	0'054
15	0'077	5000	0'115
20	0'091	3750	0'047
25	0'096	3000	0'061
30	0'101	2500	0'072
35	0'105	2142	0'083
40	0'110	1875	0'094
45	0'115	1666	0'052
50	0'117	1500	0'039
100	0'129	750	0'040
150	0'137	500	0'035
200	0'141	375	0'024
250	0'144	300	0'030
300	0'146	250	0'000
350	0'146	214	0'041
400	0'149	187	0'046
450	0'151	166	0'163
500	0'158	150	0'000
600	0'158	125	0'000
700	0'158	107	0'043
800	0'161	94	0'000
900	0'161	83	0'000
1000	0'161	75	0'000
1100	0'161	68	0'000
1200	0'161	63	0'000
1300	0'161	58	0'077
1400	0'163	54	0'073
1500	0'165	50	0'089
1600	0'168	47	0'165
1700	0'173	44	0'119
1800	0'175	42	0'149
1900	0'179	39	0'000
2000	0'179	37	0'000

TABLA 70

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-900°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'063
2	0'019	37500	0'095
3	0'036	25000	0'076
4	0'045	18750	0'074
5	0'052	15000	0'095
10	0'081	7500	0'068
15	0'093	5000	0'115
20	0'107	3750	0'123
25	0'119	3000	0'091
30	0'127	2500	0'107
35	0'134	2142	0'082
40	0'139	1875	0'093
45	0'143	1666	0'000
50	0'143	1500	0'071
100	0'165	750	0'041
150	0'172	500	0'038
200	0'177	375	0'000
250	0'177	300	0'030
300	0'179	250	0'105
350	0'186	214	0'041
400	0'188	187	0'046
450	0'191	166	0'000
500	0'191	150	0'091
600	0'198	125	0'036
700	0'200	107	0'043
800	0'203	94	0'088
900	0'208	83	0'054
1000	0'210	75	0'114
1100	0'215	68	0'000
1200	0'215	63	0'066
1300	0'217	58	0'077
1400	0'219	54	0'000
1500	0'219	50	0'088
1600	0'222	47	0'000
1700	0'222	44	0'239
1800	0'227	42	0'000
1900	0'227	39	0'104
2000	0'229	37	0'000

TABLA 71

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-1000°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'078
2	0'023	37500	0'048
3	0'032	25000	0'068
4	0'040	18750	0'044
5	0'045	15000	0'042
10	0'058	7500	0'048
15	0'066	5000	0'068
20	0'075	3750	0'066
25	0'081	3000	0'081
30	0'087	2500	0'032
35	0'089	2142	0'110
40	0'096	1875	0'042
45	0'098	1666	0'093
50	0'102	1500	0'042
100	0'115	750	0'036
150	0'121	500	0'034
200	0'126	375	0'022
250	0'128	300	0'054
300	0'132	250	0'031
350	0'134	214	0'037
400	0'136	187	0'041
450	0'138	166	0'097
500	0'143	150	0'000
600	0'142	125	0'000
700	0'142	107	0'038
800	0'144	94	0'000
900	0'144	83	0'000
1000	0'144	75	0'051
1100	0'146	68	0'000
1200	0'146	63	0'000
1300	0'146	58	0'069
1400	0'149	54	0'064
1500	0'151	50	0'158
1600	0'155	47	0'000
1700	0'155	44	0'107
1800	0'158	42	0'067
1900	0'159	39	0'097
2000	0'162	37	0'000

TABLA 72

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-110°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'075
2	0'023	37500	0'090
3	0'038	25000	0'162
4	0'059	18750	0'139
5	0'072	15000	0'135
10	0'113	7500	0'128
15	0'135	5000	0'162
20	0'156	3750	0'116
25	0'167	3000	0'114
30	0'176	2500	0'101
35	0'183	2142	0'078
40	0'187	1875	0'000
45	0'187	1666	0'049
50	0'190	1500	0'052
100	0'201	750	0'026
150	0'210	500	0'018
200	0'212	375	0'000
250	0'212	300	0'000
300	0'212	250	0'033
350	0'215	214	0'039
400	0'217	187	0'044
450	0'219	166	0'000
500	0'219	150	0'029
600	0'221	125	0'000
700	0'221	107	0'043
800	0'224	94	0'000
900	0'224	83	0'000
1000	0'224	75	0'000
1100	0'224	68	0'000
1200	0'224	63	0'059
1300	0'226	58	0'000
1400	0'026	54	0'000
1500	0'026	50	0'084
1600	0'228	47	0'000
1700	0'228	44	0'113
1800	0'230	42	0'000
1900	0'230	39	0'000
2000	0'230	37	0'000

TABLA 73

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-200°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'015
2	0'004	37500	0'212
3	0'042	25000	0'230
4	0'070	18750	0'188
5	0'089	15000	0'173
10	0'141	7500	0'193
15	0'175	5000	0'271
20	0'209	3750	0'242
25	0'232	3000	0'297
30	0'256	2500	0'311
35	0'276	2142	0'135
40	0'284	1875	0'256
45	0'297	1666	0'113
50	0'303	1500	0'147
100	0'347	750	0'089
150	0'363	500	0'104
200	0'376	375	0'027
250	0'378	300	0'099
300	0'386	250	0'077
350	0'391	214	0'217
400	0'394	187	0'050
450	0'396	166	0'059
500	0'399	150	0'066
600	0'404	125	0'000
700	0'404	107	0'047
800	0'407	94	0'000
900	0'407	83	0'000
1000	0'407	75	0'062
1100	0'410	68	0'000
1200	0'410	63	0'073
1300	0'412	58	0'000
1400	0'412	54	0'000
1500	0'412	50	0'290
1600	0'420	47	0'000
1700	0'420	44	0'131
1800	0'423	42	0'000
1900	0'423	39	0'000
2000	0'423	37	0'000



TABLA 74

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-300°C-1hora

$P(\text{Kg/cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'147
2	0'044	37500	0'201
3	0'080	25000	0'248
4	0'111	18750	0'114
5	0'122	15000	0'169
10	0'173	7500	0'176
15	0'204	5000	0'230
20	0'233	3750	0'183
25	0'250	3000	0'224
30	0'268	2500	0'198
35	0'281	2142	0'153
40	0'290	1875	0'087
45	0'295	1666	0'148
50	0'301	1500	0'103
100	0'332	750	0'126
150	0'355	500	0'177
200	0'377	375	0'114
250	0'388	300	0'140
300	0'399	250	0'130
350	0'408	214	0'149
400	0'417	187	0'083
450	0'421	166	0'147
500	0'428	150	0'084
600	0'434	125	0'065
700	0'439	107	0'116
800	0'445	94	0'041
900	0'448	83	0'000
1000	0'448	75	0'105
1100	0'452	68	0'000
1200	0'452	63	0'000
1300	0'452	58	0'072
1400	0'454	54	0'000
1500	0'454	50	0'246
1600	0'461	47	0'000
1700	0'461	44	0'000
1800	0'461	42	0'069
1900	0'463	39	0'097
2000	0'465	37	0'000

TABLA 75

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-400°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'130
2	0'039	37500	0'221
3	0'078	25000	0'187
4	0'101	18750	0'134
5	0'114	15000	0'138
10	0'156	7500	0'281
15	0'205	5000	0'541
20	0'273	3750	0'509
25	0'322	3000	0'461
30	0'359	2500	0'349
35	0'382	2142	0'358
40	0'403	1875	0'153
45	0'411	1666	0'282
50	0'424	1500	0'173
100	0'476	750	0'162
150	0'504	500	0'187
200	0'528	375	0'134
250	0'541	300	0'197
300	0'556	250	0'115
350	0'564	214	0'134
400	0'572	187	0'050
450	0'574	166	0'177
500	0'582	150	0'000
600	0'582	125	0'039
700	0'585	107	0'093
800	0'590	94	0'000
900	0'590	83	0'118
1000	0'595	75	0'062
1100	0'598	68	0'076
1200	0'600	63	0'000
1300	0'600	58	0'000
1400	0'600	54	0'079
1500	0'603	50	0'096
1600	0'606	47	0'000
1700	0'606	44	0'260
1800	0'611	42	0'163
1900	0'616	39	0'000
2000	0'616	37	0'000

TABLA 76

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MERCURIO: MV-500°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'168
2	0'050	37500	0'143
3	0'076	25000	0'121
4	0'098	18750	0'156
5	0'114	15000	0'168
10	0'164	7500	0'229
15	0'204	5000	0'464
20	0'263	3750	0'416
25	0'303	3000	0'383
30	0'333	2500	0'301
35	0'353	2142	0'308
40	0'371	1875	0'297
45	0'386	1666	0'226
50	0'396	1500	0'185
100	0'452	750	0'172
150	0'482	500	0'202
200	0'507	375	0'156
250	0'523	300	0'192
300	0'538	250	0'186
350	0'550	214	0'131
400	0'558	187	0'146
450	0'565	166	0'057
500	0'568	150	0'128
600	0'578	125	0'038
700	0'581	107	0'135
800	0'588	94	0'047
900	0'591	83	0'000
1000	0'591	75	0'060
1100	0'593	68	0'000
1200	0'593	63	0'000
1300	0'593	58	0'081
1400	0'596	54	0'000
1500	0'596	50	0'000
1600	0'596	47	0'087
1700	0'598	44	0'126
1800	0'601	42	0'000
1900	0'601	39	0'110
2000	0'603	37	0'000

TABLA 77

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-600°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'164
2	0'049	37500	0'183
3	0'082	25000	0'119
4	0'096	18750	0'178
5	0'114	15000	0'156
10	0'161	7500	0'211
15	0'198	5000	0'316
20	0'237	3750	0'306
25	0'267	3000	0'313
30	0'292	2500	0'258
35	0'309	2142	0'256
40	0'324	1875	0'194
45	0'334	1666	0'215
50	0'344	1500	0'140
100	0'386	750	0'126
150	0'408	500	0'178
200	0'430	375	0'204
250	0'450	300	0'219
300	0'467	250	0'218
350	0'482	214	0'213
400	0'494	187	0'238
450	0'507	166	0'225
500	0'517	150	0'063
600	0'521	125	0'187
700	0'534	107	0'177
800	0'544	94	0'000
900	0'544	83	0'000
1000	0'544	75	0'059
1100	0'546	68	0'000
1200	0'546	63	0'000
1300	0'546	58	0'080
1400	0'549	54	0'075
1500	0'551	50	0'183
1600	0'556	47	0'000
1700	0'556	44	0'360
1800	0'563	42	0'162
1900	0'568	39	0'000
2000	0'568	37	0'000

TABLA 78

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-700°C-1hora

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'118
2	0'035	37500	0'131
3	0'058	25000	0'200
4	0'083	18750	0'165
5	0'099	15000	0'176
10	0'152	7500	0'170
15	0'182	5000	0'408
20	0'233	3750	0'392
25	0'271	3000	0'418
30	0'304	2500	0'328
35	0'326	2142	0'310
40	0'344	1875	0'255
45	0'357	1666	0'217
50	0'367	1500	0'150
100	0'412	750	0'102
150	0'430	500	0'104
200	0'443	375	0'155
250	0'458	300	0'165
300	0'471	250	0'147
350	0'481	214	0'172
400	0'491	187	0'135
450	0'498	166	0'250
500	0'509	150	0'127
600	0'519	125	0'182
700	0'531	107	0'089
800	0'536	94	0'093
900	0'541	83	0'114
1000	0'546	75	0'143
1100	0'552	68	0'059
1200	0'554	63	0'083
1300	0'557	58	0'000
1400	0'557	54	0'152
1500	0'562	50	0'370
1600	0'572	47	0'069
1700	0'574	44	0'000
1800	0'574	42	0'000
1900	0'574	39	0'000
2000	0'574	37	0'000

TABLA 79

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-800°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'101
2	0'031	37500	0'136
3	0'055	25000	0'122
4	0'070	18750	0'112
5	0'081	15000	0'138
10	0'122	7500	0'211
15	0'159	5000	0'367
20	0'205	3750	0'427
25	0'247	3000	0'387
30	0'277	2500	0'358
35	0'301	2142	0'263
40	0'316	1875	0'214
45	0'327	1666	0'190
50	0'336	1500	0'123
100	0'373	750	0'074
150	0'386	500	0'105
200	0'399	375	0'022
250	0'401	300	0'083
300	0'408	250	0'160
350	0'419	214	0'075
400	0'423	187	0'210
450	0'434	166	0'099
500	0'439	150	0'111
600	0'447	125	0'198
700	0'460	107	0'078
800	0'465	94	0'162
900	0'473	83	0'099
1000	0'478	75	0'104
1100	0'482	68	0'000
1200	0'482	63	0'000
1300	0'482	58	0'211
1400	0'489	54	0'132
1500	0'493	50	0'000
1600	0'493	47	0'000
1700	0'493	44	0'109
1800	0'493	42	0'068
1900	0'497	39	0'000
2000	0'497	37	0'000

TABLA 80

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-900°C-1hora

$P(\text{Kg/cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'179
2	0'054	37500	0'131
3	0'077	25000	0'185
4	0'100	18750	0'132
5	0'113	15000	0'128
10	0'152	7500	0'175
15	0'182	5000	0'370
20	0'229	3750	0'371
25	0'265	3000	0'390
30	0'296	2500	0'307
35	0'316	2142	0'399
40	0'339	1875	0'151
45	0'347	1666	0'335
50	0'362	1500	0'120
100	0'398	750	0'050
150	0'409	500	0'103
200	0'422	375	0'079
250	0'429	300	0'065
300	0'434	250	0'151
350	0'445	214	0'133
400	0'452	187	0'049
450	0'455	166	0'351
500	0'470	150	0'033
600	0'473	125	0'195
700	0'486	107	0'138
800	0'494	94	0'048
900	0'496	83	0'058
1000	0'499	75	0'000
1100	0'499	68	0'000
1200	0'499	63	0'071
1300	0'501	58	0'249
1400	0'509	54	0'078
1500	0'512	50	0'190
1600	0'517	47	0'000
1700	0'517	44	0'257
1800	0'522	42	0'241
1900	0'530	39	0'112
2000	0'532	37	0'000

TABLA 81

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-1000°C-1hora

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'165
2	0'050	37500	0'113
3	0'070	25000	0'179
4	0'092	18750	0'128
5	0'105	15000	0'132
10	0'144	7500	0'269
15	0'192	5000	0'558
20	0'261	3750	0'539
25	0'314	3000	0'504
30	0'353	2500	0'446
35	0'383	2142	0'421
40	0'408	1875	0'244
45	0'421	1666	0'271
50	0'433	1500	0'165
100	0'483	750	0'071
150	0'495	500	0'080
200	0'505	375	0'051
250	0'510	300	0'063
300	0'515	250	0'073
350	0'520	214	0'086
400	0'525	187	0'096
450	0'530	166	0'113
500	0'535	150	0'095
600	0'543	125	0'113
700	0'550	107	0'133
800	0'558	94	0'092
900	0'562	83	0'057
1000	0'565	75	0'119
1100	0'570	68	0'000
1200	0'570	63	0'138
1300	0'575	58	0'000
1400	0'575	54	0'000
1500	0'575	50	0'092
1600	0'577	47	0'000
1700	0'577	44	0'249
1800	0'582	42	0'000
1900	0'582	39	0'000
2000	0'582	37	0'000

TABLA 82

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MJ-800°C-8horas

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'113
2	0'034	37500	0'131
3	0'057	25000	0'104
4	0'070	18750	0'144
5	0'084	15000	0'163
10	0'133	7500	0'210
15	0'170	5000	0'224
20	0'198	3750	0'216
25	0'219	3000	0'205
30	0'235	2500	0'194
35	0'248	2142	0'138
40	0'256	1875	0'098
45	0'261	1666	0'174
50	0'269	1500	0'096
100	0'298	750	0'057
150	0'308	500	0'064
200	0'316	375	0'021
250	0'318	300	0'038
300	0'321	250	0'044
350	0'324	214	0'086
400	0'329	187	0'038
450	0'331	166	0'000
500	0'331	150	0'076
600	0'337	125	0'030
700	0'339	107	0'143
800	0'347	94	0'056
900	0'350	83	0'045
1000	0'352	75	0'071
1100	0'355	68	0'000
1200	0'355	63	0'139
1300	0'360	58	0'097
1400	0'363	54	0'061
1500	0'365	50	0'111
1600	0'368	47	0'172
1700	0'373	44	0'000
1800	0'373	42	0'094
1900	0'376	39	0'000
2000	0'376	37	0'000

TABLA 83

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: MV-800°C-8horas

$P(\text{Kg}/\text{cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'170
2	0'051	37500	0'145
3	0'077	25000	0'143
4	0'094	18750	0'132
5	0'107	15000	0'153
10	0'153	7500	0'174
15	0'184	5000	0'327
20	0'225	3750	0'368
25	0'260	3000	0'420
30	0'293	2500	0'343
35	0'316	2142	0'352
40	0'337	1875	0'150
45	0'344	1666	0'277
50	0'357	1500	0'161
100	0'406	750	0'101
150	0'424	500	0'102
200	0'436	375	0'026
250	0'439	300	0'258
300	0'459	250	0'188
350	0'472	214	0'176
400	0'482	187	0'196
450	0'493	166	0'116
500	0'498	150	0'162
600	0'510	125	0'155
700	0'521	107	0'137
800	0'528	94	0'047
900	0'531	83	0'116
1000	0'536	75	0'243
1100	0'546	68	0'000
1200	0'546	63	0'071
1300	0'549	58	0'000
1400	0'549	54	0'077
1500	0'551	50	0'095
1600	0'554	47	0'088
1700	0'556	44	0'128
1800	0'559	42	0'080
1900	0'561	39	0'000
2000	0'561	37	0'000

TABLA 84

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-J₅¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'143
2	0'043	37500	0'114
3	0'063	25000	0'128
4	0'079	18750	0'103
5	0'089	15000	0'153
10	0'135	7500	0'131
15	0'158	5000	0'192
20	0'182	3750	0'165
25	0'198	3000	0'165
30	0'211	2500	0'194
35	0'224	2142	0'121
40	0'231	1875	0'196
45	0'241	1666	0'065
50	0'244	1500	0'110
100	0'277	750	0'074
150	0'290	500	0'056
200	0'297	375	0'000
250	0'297	300	0'038
300	0'300	250	0'059
350	0'304	214	0'103
400	0'310	187	0'000
450	0'310	166	0'159
500	0'317	150	0'076
600	0'323	125	0'061
700	0'327	107	0'107
800	0'333	94	0'074
900	0'337	83	0'136
1000	0'343	75	0'000
1100	0'343	68	0'206
1200	0'350	63	0'000
1300	0'350	58	0'194
1400	0'356	54	0'212
1500	0'363	50	0'000
1600	0'363	47	0'103
1700	0'366	44	0'200
1800	0'370	42	0'094
1900	0'373	39	0'130
2000	0'376	37	0'000

TABLA 85

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-J $\frac{1}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'252
2	0'076	37500	0'142
3	0'101	25000	0'248
4	0'132	18750	0'268
5	0'158	15000	0'249
10	0'233	7500	0'324
15	0'290	5000	0'248
20	0'321	3750	0'392
25	0'359	3000	0'165
30	0'372	2500	0'179
35	0'384	2142	0'224
40	0'397	1875	0'255
45	0'410	1666	0'391
50	0'428	1500	0'150
100	0'473	750	0'102
150	0'491	500	0'104
200	0'504	375	0'000
250	0'504	300	0'076
300	0'510	250	0'191
350	0'523	214	0'103
400	0'529	187	0'135
450	0'536	166	0'136
500	0'542	150	0'076
600	0'548	125	0'197
700	0'561	107	0'107
800	0'567	94	0'111
900	0'573	83	0'159
1000	0'580	75	0'143
1100	0'586	68	0'382
1200	0'599	63	0'500
1300	0'617	58	0'419
1400	0'630	54	0'394
1500	0'643	50	0'444
1600	0'655	47	0'241
1700	0'662	44	0'900
1800	0'680	42	0'406
1900	0'693	39	0'565
2000	0'706	37	0'000

TABLA 86

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-J $\frac{1}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'319
2	0'096	37500	0'182
3	0'128	25000	0'256
4	0'160	18750	0'196
5	0'179	15000	0'236
10	0'250	7500	0'250
15	0'294	5000	0'208
20	0'320	3750	0'196
25	0'339	3000	0'405
30	0'371	2500	0'283
35	0'390	2142	0'121
40	0'397	1875	0'118
45	0'403	1666	0'152
50	0'410	1500	0'213
100	0'474	750	0'142
150	0'499	500	0'208
200	0'525	375	0'196
250	0'544	300	0'241
300	0'563	250	0'191
350	0'576	214	0'224
400	0'589	187	0'115
450	0'595	166	0'159
500	0'602	150	0'405
600	0'634	125	0'182
700	0'646	107	0'464
800	0'672	94	0'833
900	0'717	83	0'864
1000	0'755	75	0'762
1100	0'787	68	0'941
1200	0'819	63	1'250
1300	0'864	58	1'032
1400	0'896	54	0'970
1500	0'928	50	0'481
1600	0'941	47	0'448
1700	0'954	44	0'950
1800	0'973	42	0'844
1900	1'000	39	0'478
2000	1'011	37	0'000

TABLA 87

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-J₅¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'049
2	0'015	37500	0'085
3	0'030	25000	0'176
4	0'052	18750	0'227
5	0'074	15000	0'296
10	0'163	7500	0'295
15	0'215	5000	0'296
20	0'252	3750	0'299
25	0'281	3000	0'380
30	0'311	2500	0'328
35	0'333	2142	0'259
40	0'348	1875	0'137
45	0'355	1666	0'478
50	0'377	1500	0'246
100	0'451	750	0'256
150	0'496	500	0'296
200	0'533	375	0'227
250	0'555	300	0'557
300	0'599	250	0'221
350	0'614	214	0'517
400	0'644	187	0'288
450	0'659	166	0'500
500	0'681	150	0'658
600	0'733	125	0'894
700	0'792	107	1'446
800	0'873	94	1'241
900	0'940	83	1'182
1000	0'992	75	0'881
1100	1'029	68	0'647
1200	1'051	63	1'222
1300	1'095	58	0'484
1400	1'110	54	0'455
1500	1'125	50	0'000
1600	1'125	47	0'241
1700	1'132	44	0'000
1800	1'132	42	0'000
1900	1'132	39	1'957
2000	1'177	37	0'000

TABLA 89

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-V $\frac{1}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'276
2	0'083	37500	0'159
3	0'111	25000	0'280
4	0'146	18750	0'144
5	0'160	15000	0'252
10	0'236	7500	0'318
15	0'292	5000	0'552
20	0'361	3750	0'794
25	0'438	3000	0'532
30	0'480	2500	0'612
35	0'521	2142	0'483
40	0'549	1875	0'549
45	0'577	1666	0'152
50	0'584	1500	0'299
100	0'674	750	0'199
150	0'709	500	0'168
200	0'730	375	0'072
250	0'737	300	0'266
300	0'758	250	0'191
350	0'771	214	0'241
400	0'785	187	0'135
450	0'792	166	0'159
500	0'799	150	0'089
600	0'806	125	0'106
700	0'813	107	0'250
800	0'827	94	0'000
900	0'827	83	0'477
1000	0'848	75	0'167
1100	0'855	68	0'206
1200	0'862	63	0'389
1300	0'876	58	0'452
1400	0'890	54	0'212
1500	0'897	50	0'259
1600	0'904	47	0'207
1700	0'910	44	2'100
1800	0'952	42	0'437
1900	0'966	39	0'913
2000	0'987	37	0'000

TABLA 90

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-V $\frac{1}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'259
2	0'078	37500	0'244
3	0'121	25000	0'224
4	0'149	18750	0'144
5	0'163	15000	0'332
10	0'263	7500	0'563
15	0'362	5000	1'024
20	0'490	3750	0'588
25	0'547	3000	0'354
30	0'575	2500	0'313
35	0'596	2142	0'379
40	0'618	1875	0'275
45	0'632	1666	0'304
50	0'646	1500	0'259
100	0'724	750	0'244
150	0'767	500	0'168
200	0'788	375	0'144
250	0'802	300	0'367
300	0'831	250	0'309
350	0'852	214	0'259
400	0'867	187	0'115
450	0'873	166	0'500
500	0'895	150	0'354
600	0'923	125	0'424
700	0'951	107	0'893
800	1'001	94	0'537
900	1'030	83	0'636
1000	1'058	75	0'500
1100	1'079	68	0'647
1200	1'101	63	0'583
1300	1'122	58	0'256
1400	1'129	54	0'424
1500	1'143	50	0'259
1600	1'150	47	0'241
1700	1'157	44	0'350
1800	1'164	42	0'250
1900	1'172	39	0'000
2000	1'172	37	0'000

TABLA 91

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-V $\frac{1}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'581
2	0'175	37500	0'250
3	0'219	25000	0'640
4	0'299	18750	0'309
5	0'329	15000	0'581
10	0'504	7500	0'580
15	0'606	5000	0'760
20	0'701	3750	0'526
25	0'752	3000	0'734
30	0'810	2500	0'881
35	0'869	2142	0'500
40	0'898	1875	0'706
45	0'934	1666	0'804
50	0'971	1500	0'558
100	1'139	750	0'375
150	1'205	500	0'464
200	1'263	375	0'454
250	1'307	300	0'456
300	1'343	250	0'426
350	1'372	214	0'638
400	1'409	187	0'423
450	1'431	166	0'500
500	1'453	150	0'734
600	1'511	125	1'000
700	1'577	107	0'786
800	1'621	94	0'944
900	1'672	83	0'159
1000	1'679	75	0'524
1100	1'701	68	0'441
1200	1'716	63	0'389
1300	1'730	58	0'710
1400	1'752	54	0'000
1500	1'752	50	0'000
1600	1'752	47	0'000
1700	1'752	44	2'200
1800	1'796	42	0'688
1900	1'818	39	0'304
2000	1'825	37	0'000

TABLA 92

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-J $\frac{1}{2}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'256
2	0'077	37500	0'108
3	0'096	25000	0'200
4	0'121	18750	0'134
5	0'134	15000	0'173
10	0'186	7500	0'250
15	0'230	5000	0'208
20	0'256	3750	0'134
25	0'269	3000	0'241
30	0'288	2500	0'194
35	0'301	2142	0'103
40	0'307	1875	0'137
45	0'314	1666	0'130
50	0'320	1500	0'106
100	0'352	750	0'108
150	0'371	500	0'056
200	0'378	375	0'062
250	0'384	300	0'000
300	0'384	250	0'000
350	0'384	214	0'103
400	0'390	187	0'000
450	0'390	166	0'159
500	0'397	150	0'000
600	0'397	125	0'091
700	0'403	107	0'125
800	0'410	94	0'000
900	0'410	83	0'136
1000	0'416	75	0'143
1100	0'422	68	0'000
1200	0'422	63	0'194
1300	0'429	58	0'000
1400	0'429	54	0'182
1500	0'435	50	0'000
1600	0'435	47	0'000
1700	0'435	44	0'350
1800	0'442	42	0'187
1900	0'448	39	0'261
2000	0'454	37	0'000

TABLA 93

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-J₂¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'183
2	0'055	37500	0'102
3	0'073	25000	0'248
4	0'104	18750	0'124
5	0'116	15000	0'183
10	0'171	7500	0'176
15	0'202	5000	0'144
20	0'220	3750	0'258
25	0'245	3000	0'152
30	0'257	2500	0'179
35	0'269	2142	0'103
40	0'275	1875	0'255
45	0'288	1666	0'130
50	0'294	1500	0'120
100	0'330	750	0'074
150	0'343	500	0'048
200	0'349	375	0'062
250	0'355	300	0'228
300	0'373	250	0'088
350	0'379	214	0'121
400	0'386	187	0'000
450	0'386	166	0'273
500	0'398	150	0'000
600	0'398	125	0'182
700	0'410	107	0'214
800	0'422	94	0'241
900	0'435	83	0'136
1000	0'441	75	0'143
1100	0'447	68	0'353
1200	0'459	63	0'500
1300	0'477	58	0'000
1400	0'477	54	0'576
1500	0'496	50	0'222
1600	0'502	47	0'414
1700	0'514	44	0'900
1800	0'532	42	0'406
1900	0'545	39	0'261
2000	0'551	37	0'000

TABLA 94

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-J₂¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'362
2	0'109	37500	0'114
3	0'129	25000	0'328
4	0'170	18750	0'144
5	0'184	15000	0'226
10	0'252	7500	0'153
15	0'279	5000	0'328
20	0'320	3750	0'134
25	0'333	3000	0'430
30	0'367	2500	0'210
35	0'381	2142	0'000
40	0'381	1875	0'255
45	0'394	1666	0'000
50	0'394	1500	0'249
100	0'469	750	0'153
150	0'496	500	0'224
200	0'524	375	0'062
250	0'530	300	0'354
300	0'558	250	0'088
350	0'564	214	0'121
400	0'571	187	0'404
450	0'592	166	0'136
500	0'598	150	0'266
600	0'619	125	0'197
700	0'632	107	0'607
800	0'666	94	0'389
900	0'687	83	0'455
1000	0'707	75	0'976
1100	0'748	68	1'206
1200	0'789	63	1'306
1300	0'836	58	2'000
1400	0'898	54	0'394
1500	0'911	50	1'259
1600	0'945	47	1'655
1700	0'993	44	1'350
1800	1'020	42	0'844
1900	1'047	39	1'174
2000	1'074	37	0'000

TABLA 95

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-J $\frac{1}{2}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'263
2	0'079	37500	0'188
3	0'112	25000	0'368
4	0'158	18750	0'216
5	0'179	15000	0'302
10	0'270	7500	0'358
15	0'333	5000	0'368
20	0'379	3750	0'423
25	0'420	3000	0'418
30	0'453	2500	0'507
35	0'487	2142	0'431
40	0'512	1875	0'314
45	0'528	1666	0'543
50	0'553	1500	0'375
100	0'666	750	0'398
150	0'736	500	0'368
200	0'782	375	0'392
250	0'820	300	0'405
300	0'853	250	0'485
350	0'886	214	0'431
400	0'911	187	0'481
450	0'936	166	0'568
500	0'961	150	0'684
600	1'015	125	0'697
700	1'061	107	0'964
800	1'115	94	1'222
900	1'181	83	1'909
1000	1'265	75	1'476
1100	1'327	68	1'706
1200	1'385	63	1'056
1300	1'423	58	0'935
1400	1'452	54	0'879
1500	1'481	50	0'444
1600	1'493	47	0'586
1700	1'510	44	0'850
1800	1'527	42	0'656
1900	1'548	39	0'522
2000	1'560	37	0'000

TABLA 96

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-V₂¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'219
2	0'066	37500	0'114
3	0'086	25000	0'160
4	0'106	18750	0'062
5	0'112	15000	0'199
10	0'172	7500	0'335
15	0'231	5000	0'736
20	0'323	3750	0'680
25	0'389	3000	0'342
30	0'416	2500	0'493
35	0'449	2142	0'569
40	0'482	1875	0'255
45	0'495	1666	0'283
50	0'508	1500	0'176
100	0'561	750	0'114
150	0'581	500	0'048
200	0'587	375	0'072
250	0'594	300	0'089
300	0'601	250	0'088
350	0'607	214	0'121
400	0'614	187	0'000
450	0'614	166	0'136
500	0'620	150	0'000
600	0'620	125	0'212
700	0'634	107	0'107
800	0'640	94	0'000
900	0'640	83	0'159
1000	0'647	75	0'000
1100	0'647	68	0'176
1200	0'653	63	0'000
1300	0'653	58	0'000
1400	0'653	54	0'000
1500	0'653	50	0'259
1600	0'660	47	0'000
1700	0'660	44	0'000
1800	0'660	42	0'406
1900	0'673	39	0'000
2000	0'673	37	0'000

TABLA 97

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-V $\frac{1}{2}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'229
2	0'069	37500	0'233
3	0'110	25000	0'224
4	0'138	18750	0'216
5	0'159	15000	0'206
10	0'221	7500	0'432
15	0'297	5000	0'768
20	0'393	3750	0'786
25	0'469	3000	0'439
30	0'504	2500	0'612
35	0'545	2142	0'362
40	0'566	1875	0'137
45	0'573	1666	0'283
50	0'586	1500	0'209
100	0'649	750	0'074
150	0'662	500	0'168
200	0'683	375	0'144
250	0'697	300	0'266
300	0'718	250	0'088
350	0'724	214	0'121
400	0'731	187	0'135
450	0'738	166	0'318
500	0'752	150	0'177
600	0'766	125	0'106
700	0'773	107	0'125
800	0'780	94	0'130
900	0'787	83	0'295
1000	0'800	75	0'167
1100	0'807	68	0'206
1200	0'814	63	0'194
1300	0'821	58	0'452
1400	0'835	54	0'424
1500	0'849	50	0'259
1600	0'856	47	0'000
1700	0'856	44	0'300
1800	0'862	42	0'437
1900	0'876	39	0'000
2000	0'876	37	0'000

TABLA 98

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-V₂¹¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'233
2	0'070	37500	0'239
3	0'112	25000	0'392
4	0'161	18750	0'289
5	0'189	15000	0'326
10	0'287	7500	0'597
15	0'392	5000	1'176
20	0'539	3750	0'938
25	0'630	3000	0'532
30	0'672	2500	0'418
35	0'700	2142	0'483
40	0'728	1875	0'412
45	0'749	1666	0'152
50	0'756	1500	0'256
100	0'833	750	0'239
150	0'875	500	0'168
200	0'896	375	0'216
250	0'917	300	0'354
300	0'945	250	0'309
350	0'966	214	0'241
400	0'980	187	0'135
450	0'987	166	0'318
500	1'001	150	0'354
600	1'029	125	0'318
700	1'050	107	0'625
800	1'085	94	0'519
900	1'113	83	0'795
1000	1'148	75	0'833
1100	1'183	68	1'029
1200	1'218	63	0'583
1300	1'239	58	0'452
1400	1'253	54	0'636
1500	1'274	50	0'519
1600	1'288	47	0'241
1700	1'295	44	0'350
1800	1'302	42	0'438
1900	1'316	39	0'609
2000	1'330	37	0'000

TABLA 99

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-V₂¹

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'694
2	0'209	37500	0'409
3	0'281	25000	0'576
4	0'353	18750	0'443
5	0'396	15000	0'645
10	0'590	7500	1'023
15	0'770	5000	1'904
20	1'008	3750	1'186
25	1'123	3000	0'823
30	1'188	2500	0'642
35	1'231	2142	0'621
40	1'267	1875	0'706
45	1'303	1666	0'326
50	1'318	1500	0'429
100	1'447	750	0'409
150	1'519	500	0'344
200	1'562	375	0'299
250	1'591	300	0'544
300	1'634	250	0'426
350	1'663	214	0'741
400	1'706	187	0'423
450	1'728	166	0'977
500	1'771	150	0'646
600	1'822	125	0'970
700	1'886	107	1'286
800	1'958	94	0'667
900	1'994	83	1'000
1000	2'038	75	0'857
1100	2'074	68	0'824
1200	2'102	63	0'417
1300	2'117	58	0'677
1400	2'138	54	0'667
1500	2'160	50	0'259
1600	2'167	47	0'000
1700	2'167	44	0'750
1800	2'182	42	0'219
1900	2'189	39	1'261
2000	2'218	37	0'000

TABLA 100

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-J $\frac{8}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'136
2	0'041	37500	0'102
3	0'059	25000	0'104
4	0'072	18750	0'186
5	0'090	15000	0'076
10	0'113	7500	0'102
15	0'131	5000	0'144
20	0'149	3750	0'134
25	0'162	3000	0'114
30	0'171	2500	0'134
35	0'180	2142	0'155
40	0'189	1875	0'098
45	0'194	1666	0'000
50	0'194	1500	0'073
100	0'216	750	0'108
150	0'235	500	0'000
200	0'235	375	0'093
250	0'244	300	0'000
300	0'244	250	0'059
350	0'248	214	0'086
400	0'253	187	0'077
450	0'257	166	0'000
500	0'257	150	0'114
600	0'266	125	0'076
700	0'271	107	0'071
800	0'275	94	0'000
900	0'275	83	0'114
1000	0'280	75	0'000
1100	0'280	68	0'265
1200	0'289	63	0'111
1300	0'293	58	0'000
1400	0'293	54	0'152
1500	0'298	50	0'148
1600	0'302	47	0'172
1700	0'307	44	0'000
1800	0'307	42	0'000
1900	0'307	39	0'000
2000	0'307	37	0'000

TABLA 101

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-J $\frac{8}{5}$

$P(\text{Kg/cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'140
2	0'042	37500	0'165
3	0'071	25000	0'112
4	0'085	18750	0'093
5	0'094	15000	0'110
10	0'127	7500	0'108
15	0'146	5000	0'224
20	0'174	3750	0'093
25	0'183	3000	0'177
30	0'197	2500	0'149
35	0'207	2142	0'155
40	0'216	1875	0'098
45	0'221	1666	0'196
50	0'230	1500	0'126
100	0'268	750	0'108
150	0'287	500	0'072
200	0'296	375	0'144
250	0'310	300	0'063
300	0'315	250	0'132
350	0'324	214	0'172
400	0'334	187	0'000
450	0'334	166	0'091
500	0'338	150	0'304
600	0'362	125	0'076
700	0'367	107	0'321
800	0'385	94	0'278
900	0'400	83	0'205
1000	0'409	75	0'333
1100	0'423	68	0'559
1200	0'442	63	0'250
1300	0'451	58	0'452
1400	0'465	54	0'727
1500	0'489	50	0'333
1600	0'498	47	0'655
1700	0'517	44	0'950
1800	0'536	42	0'000
1900	0'536	39	0'391
2000	0'545	37	0'000

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-J $\frac{8}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'156
2	0'047	37500	0'159
3	0'075	25000	0'144
4	0'093	18750	0'103
5	0'103	15000	0'153
10	0'149	7500	0'210
15	0'186	5000	0'264
20	0'219	3750	0'237
25	0'242	3000	0'354
30	0'270	2500	0'358
35	0'294	2142	0'241
40	0'308	1875	0'275
45	0'322	1666	0'304
50	0'336	1500	0'183
100	0'391	750	0'216
150	0'429	500	0'224
200	0'457	375	0'186
250	0'475	300	0'177
300	0'489	250	0'353
350	0'513	214	0'310
400	0'531	187	0'538
450	0'559	166	0'318
500	0'573	150	0'468
600	0'610	125	0'576
700	0'648	107	0'500
800	0'676	94	0'426
900	0'699	83	0'432
1000	0'718	75	0'762
1100	0'750	68	0'294
1200	0'760	63	0'389
1300	0'774	58	0'581
1400	0'792	54	0'303
1500	0'802	50	0'148
1600	0'806	47	0'483
1700	0'820	44	0'000
1800	0'820	42	0'000
1900	0'820	39	0'000
2000	0'820	37	0'000

TABLA 103

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-J₅⁸

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'319
2	0'096	37500	0'273
3	0'144	25000	0'328
4	0'185	18750	0'289
5	0'213	15000	0'249
10	0'288	7500	0'313
15	0'343	5000	0'384
20	0'391	3750	0'423
25	0'432	3000	0'430
30	0'466	2500	0'522
35	0'501	2142	0'345
40	0'521	1875	0'549
45	0'549	1666	0'587
50	0'576	1500	0'365
100	0'686	750	0'392
150	0'755	500	0'384
200	0'803	375	0'351
250	0'837	300	0'430
300	0'871	250	0'515
350	0'906	214	0'466
400	0'993	187	0'923
450	0'981	166	0'477
500	1'002	150	0'684
600	1'056	125	0'833
700	1'111	107	0'500
800	1'139	94	0'759
900	1'180	83	0'318
1000	1'194	75	0'476
1100	1'214	68	0'206
1200	1'221	63	0'389
1300	1'235	58	0'000
1400	1'235	54	0'606
1500	1'255	50	0'000
1600	1'255	47	0'483
1700	1'269	44	0'700
1800	1'283	42	0'000
1900	1'283	39	0'000
2000	1'283	37	0'000

TABLA 104

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA:

$P(\text{Kg/cm}^2)$	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	$R(\text{A})$	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'199
2	0'060	37500	0'119
3	0'081	25000	0'168
4	0'102	18750	0'134
5	0'115	15000	0'173
10	0'167	7500	0'239
15	0'209	5000	0'376
20	0'256	3750	0'484
25	0'303	3000	0'494
30	0'342	2500	0'313
35	0'363	2142	0'294
40	0'380	1875	0'333
45	0'397	1666	0'087
50	0'401	1500	0'143
100	0'444	750	0'074
150	0'457	500	0'032
200	0'461	375	0'175
250	0'478	300	0'063
300	0'483	250	0'059
350	0'487	214	0'138
400	0'495	187	0'096
450	0'500	166	0'182
500	0'508	150	0'114
600	0'517	125	0'121
700	0'525	107	0'161
800	0'534	94	0'389
900	0'555	83	0'000
1000	0'555	75	0'095
1100	0'559	68	0'147
1200	0'564	63	0'000
1300	0'564	58	0'129
1400	0'568	54	0'121
1500	0'572	50	0'148
1600	0'576	47	0'172
1700	0'581	44	0'000
1800	0'581	42	0'000
1900	0'581	39	0'000
2000	0'581	37	0'000

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-V $\frac{8}{5}$

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'124
2	0'037	37500	0'108
3	0'056	25000	0'200
4	0'081	18750	0'196
5	0'100	15000	0'206
10	0'162	7500	0'460
15	0'243	5000	0'904
20	0'356	3750	0'639
25	0'418	3000	0'633
30	0'468	2500	0'284
35	0'487	2142	0'207
40	0'499	1875	0'373
45	0'518	1666	0'130
50	0'524	1500	0'126
100	0'562	750	0'176
150	0'593	500	0'152
200	0'612	375	0'124
250	0'624	300	0'152
300	0'636	250	0'279
350	0'655	214	0'224
400	0'668	187	0'231
450	0'680	166	0'000
500	0'680	150	0'241
600	0'699	125	0'091
700	0'705	107	0'232
800	0'718	94	0'222
900	0'730	83	0'432
1000	0'749	75	0'452
1100	0'764	68	0'353
1200	0'780	63	0'167
1300	0'786	58	0'613
1400	0'805	54	0'939
1500	0'836	50	0'222
1600	0'842	47	0'000
1700	0'842	44	1'250
1800	0'867	42	0'000
1900	0'867	39	1'087
2000	0'892	37	0'000

TABLA 106

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-V⁸₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'176
2	0'053	37500	0'153
3	0'080	25000	0'264
4	0'113	18750	0'134
5	0'126	15000	0'246
10	0'200	7500	0'449
15	0'279	5000	0'696
20	0'366	3750	0'546
25	0'419	3000	0'595
30	0'466	2500	0'388
35	0'492	2142	0'345
40	0'512	1875	0'647
45	0'545	1666	0'304
50	0'559	1500	0'262
100	0'638	750	0'267
150	0'685	500	0'264
200	0'718	375	0'340
250	0'751	300	0'177
300	0'765	250	0'588
350	0'805	214	0'224
400	0'818	187	0'250
450	0'831	166	0'318
500	0'845	150	0'418
600	0'878	125	0'197
700	0'891	107	0'714
800	0'931	94	0'241
900	0'944	83	0'318
1000	0'958	75	0'310
1100	0'971	68	0'794
1200	0'998	63	0'000
1300	0'998	58	0'613
1400	1'017	54	0'606
1500	1'037	50	0'000
1600	1'037	47	0'241
1700	1'044	44	0'650
1800	1'057	42	0'000
1900	1'057	39	0'609
2000	1'071	37	0'000

TABLA 107

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-V₅⁸

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'429
2	0'129	37500	0'426
3	0'204	25000	0'544
4	0'272	18750	0'423
5	0'313	15000	0'724
10	0'531	7500	0'852
15	0'681	5000	1'144
20	0'824	3750	1'052
25	0'926	3000	0'861
30	0'994	2500	1'015
35	1'062	2142	0'483
40	1'090	1875	0'667
45	1'124	1666	0'739
50	1'158	1500	0'475
100	1'301	750	0'426
150	1'376	500	0'544
200	1'444	375	0'485
250	1'491	300	0'519
300	1'532	250	0'397
350	1'559	214	0'603
400	1'594	187	0'250
450	1'607	166	0'477
500	1'628	150	0'253
600	1'648	125	0'106
700	1'655	107	0'232
800	1'668	94	0'389
900	1'689	83	0'159
1000	1'696	75	0'310
1100	1'709	68	0'206
1200	1'716	63	0'583
1300	1'737	58	0'194
1400	1'743	54	0'212
1500	1'750	50	0'259
1600	1'757	47	0'483
1700	1'771	44	0'300
1800	1'777	42	0'219
1900	1'784	39	1'174
2000	1'811	37	0'000

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-J₅

P.(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'199
2	0'060	37500	0'142
3	0'085	25000	0'184
4	0'108	18750	0'165
5	0'124	15000	0'189
10	0'181	7500	0'182
15	0'213	5000	0'184
20	0'236	3750	0'237
25	0'259	3000	0'152
30	0'271	2500	0'164
35	0'282	2142	0'155
40	0'291	1875	0'137
45	0'298	1666	0'152
50	0'305	1500	0'106
100	0'337	750	0'068
150	0'349	500	0'048
200	0'355	375	0'072
250	0'362	300	0'063
300	0'367	250	0'103
350	0'374	214	0'034
400	0'376	187	0'096
450	0'381	166	0'091
500	0'385	150	0'038
600	0'388	125	0'030
700	0'390	107	0'125
800	0'397	94	0'074
900	0'401	83	0'159
1000	0'408	75	0'071
1100	0'411	68	0'176
1200	0'417	63	0'083
1300	0'420	58	0'129
1400	0'424	54	0'213
1500	0'431	50	0'185
1600	0'436	47	0'138
1700	0'440	44	0'350
1800	0'447	42	0'156
1900	0'452	39	0'000
2000	0'452	37	0'000

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-J₅

P (Kg/cm ²)	ΣV_p (cm ³ g ⁻¹)	R (A)	$\Delta V / \Delta \log R$
1	0'000	75000	0'233
2	0'070	37500	0'148
3	0'096	25000	0'176
4	0'118	18750	0'134
5	0'131	15000	0'223
10	0'198	7500	0'165
15	0'227	5000	0'232
20	0'256	3750	0'196
25	0'275	3000	0'165
30	0'288	2500	0'194
35	0'301	2142	0'155
40	0'310	1875	0'137
45	0'317	1666	0'196
50	0'326	1500	0'120
100	0'362	750	0'068
150	0'374	500	0'080
200	0'384	375	0'103
250	0'394	300	0'076
300	0'400	250	0'147
350	0'410	214	0'103
400	0'416	187	0'115
450	0'422	166	0'159
500	0'429	150	0'038
600	0'432	125	0'045
700	0'435	107	0'232
800	0'448	94	0'185
900	0'458	83	0'136
1000	0'464	75	0'000
1100	0'464	68	0'382
1200	0'477	63	0'083
1300	0'480	58	0'194
1400	0'486	54	0'212
1500	0'493	50	0'333
1600	0'502	47	0'552
1700	0'518	44	0'350
1800	0'525	42	0'281
1900	0'534	39	0'304
2000	0'541	37	0'000

TABLA 110

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-J₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'362
2	0'109	37500	0'261
3	0'155	25000	0'288
4	0'191	18750	0'351
5	0'225	15000	0'372
10	0'337	7500	0'347
15	0'398	5000	0'384
20	0'446	3750	0'320
25	0'477	3000	0'342
30	0'504	2500	0'269
35	0'522	2142	0'259
40	0'537	1875	0'314
45	0'553	1666	0'261
50	0'565	1500	0'189
100	0'622	750	0'159
150	0'650	500	0'168
200	0'671	375	0'216
250	0'692	300	0'152
300	0'704	250	0'235
350	0'720	214	0'155
400	0'729	187	0'231
450	0'741	166	0'273
500	0'753	150	0'190
600	0'768	125	0'227
700	0'783	107	0'268
800	0'798	94	0'296
900	0'814	83	0'750
1000	0'847	75	0'857
1100	0'883	68	1'176
1200	0'923	63	0'833
1300	0'953	58	1'097
1400	0'987	54	1'273
1500	1'029	50	0'889
1600	1'053	47	0'966
1700	1'081	44	1'050
1800	1'102	42	0'844
1900	1'129	39	0'696
2000	1'145	37	0'000

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-J₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'641
2	0'193	37500	0'403
3	0'264	25000	0'568
4	0'335	18750	0'351
5	0'369	15000	0'561
10	0'538	7500	0'551
15	0'635	5000	0'592
20	0'709	3750	0'526
25	0'760	3000	0'494
30	0'799	2500	0'478
35	0'831	2142	0'466
40	0'858	1875	0'373
45	0'877	1666	0'434
50	0'897	1500	0'365
100	1'007	750	0'375
150	1'073	500	0'392
200	1'122	375	0'680
250	1'188	300	0'430
300	1'222	250	0'397
350	1'249	214	0'379
400	1'271	187	0'462
450	1'295	166	0'455
500	1'315	150	0'405
600	1'347	125	0'591
700	1'386	107	1'036
800	1'444	94	1'222
900	1'510	83	1'455
1000	1'574	75	0'929
1100	1'613	68	1'088
1200	1'650	63	0'806
1300	1'679	58	0'548
1400	1'696	54	0'303
1500	1'706	50	0'370
1600	1'716	47	0'069
1700	1'718	44	0'500
1800	1'728	42	0'156
1900	1'733	39	0'434
2000	1'743	37	0'000

TABLA 112

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-1-V₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'177
2	0'053	37500	0'164
3	0'082	25000	0'196
4	0'107	18750	0'138
5	0'120	15000	0'199
10	0'180	7500	0'379
15	0'247	5000	0'640
20	0'327	3750	0'504
25	0'376	3000	0'394
30	0'407	2500	0'299
35	0'427	2142	0'268
40	0'442	1875	0'262
45	0'456	1666	0'193
50	0'465	1500	0'148
100	0'509	750	0'076
150	0'522	500	0'142
200	0'540	375	0'160
250	0'556	300	0'169
300	0'569	250	0'196
350	0'583	214	0'115
400	0'589	187	0'214
450	0'600	166	0'202
500	0'609	150	0'113
600	0'618	125	0'067
700	0'623	107	0'119
800	0'629	94	0'041
900	0'631	83	0'252
1000	0'642	75	0'000
1100	0'642	68	0'066
1200	0'645	63	0'123
1300	0'649	58	0'000
1400	0'649	54	0'068
1500	0'651	50	0'164
1600	0'656	47	0'000
1700	0'656	44	0'000
1800	0'656	42	0'208
1900	0'663	39	0'000
2000	0'663	37	0'000

TABLA 113

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-4-V₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'289
2	0'087	37500	0'170
3	0'117	25000	0'224
4	0'145	18750	0'165
5	0'161	15000	0'219
10	0'227	7500	0'278
15	0'276	5000	0'464
20	0'334	3750	0'526
25	0'385	3000	0'494
30	0'424	2500	0'448
35	0'454	2142	0'362
40	0'475	1875	0'353
45	0'493	1666	0'261
50	0'505	1500	0'223
100	0'572	750	0'187
150	0'605	500	0'184
200	0'628	375	0'309
250	0'658	300	0'266
300	0'679	250	0'220
350	0'694	214	0'172
400	0'704	187	0'308
450	0'720	166	0'159
500	0'727	150	0'165
600	0'740	125	0'121
700	0'748	107	0'125
800	0'755	94	0'148
900	0'763	83	0'182
1000	0'771	75	0'000
1100	0'771	68	0'588
1200	0'791	63	0'083
1300	0'794	58	0'065
1400	0'796	54	0'091
1500	0'799	50	0'481
1600	0'812	47	0'000
1700	0'812	44	0'100
1800	0'814	42	0'656
1900	0'835	39	0'217
2000	0'840	37	0'000

TABLA 114

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-8-V₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'296
2	0'089	37500	0'273
3	0'137	25000	0'224
4	0'165	18750	0'423
5	0'206	15000	0'319
10	0'302	7500	0'705
15	0'426	5000	1'264
20	0'584	3750	1'206
25	0'701	3000	0'608
30	0'749	2500	0'716
35	0'797	2142	0'362
40	0'818	1875	0'392
45	0'838	1666	0'457
50	0'859	1500	0'296
100	0'948	750	0'159
150	0'976	500	0'272
200	1'010	375	0'216
250	1'031	300	0'253
300	1'051	250	0'206
350	1'065	214	0'241
400	1'079	187	0'115
450	1'085	166	0'318
500	1'099	150	0'266
600	1'120	125	0'303
700	1'140	107	0'625
800	1'175	94	0'500
900	1'202	83	0'932
1000	1'243	75	0'833
1100	1'278	68	1'000
1200	1'312	63	0'778
1300	1'340	58	0'871
1400	1'367	54	0'848
1500	1'395	50	0'222
1600	1'401	47	0'000
1700	1'401	44	0'350
1800	1'408	42	0'438
1900	1'422	39	0'609
2000	1'436	37	0'000

TABLA 115

DATOS DE POROSIMETRIA DE MERCURIO

MUESTRA: A-14-V₅

P(Kg/cm ²)	$\Sigma V_p(\text{cm}^3 \text{ g}^{-1})$	R(A)	$\Delta V/\Delta \log R$
1	0'000	75000	0'419
2	0'126	37500	0'369
3	0'191	25000	0'512
4	0'255	18750	0'381
5	0'292	15000	0'538
10	0'454	7500	0'767
15	0'589	5000	1'008
20	0'715	3750	0'670
25	0'780	3000	0'557
30	0'824	2500	0'552
35	0'861	2142	0'379
40	0'883	1875	0'333
45	0'900	1666	0'500
50	0'923	1500	0'409
100	1'046	750	0'398
150	1'116	500	0'360
200	1'161	375	0'464
250	1'206	300	0'354
300	1'234	250	0'412
350	1'262	214	0'431
400	1'287	187	0'481
450	1'312	166	0'591
500	1'338	150	0'532
600	1'380	125	0'303
700	1'400	107	0'339
800	1'419	94	0'000
900	1'419	83	0'000
1000	1'419	75	0'190
1100	1'427	68	0'676
1200	1'450	63	0'306
1300	1'461	58	0'355
1400	1'472	54	0'273
1500	1'481	50	0'407
1600	1'492	47	0'172
1700	1'497	44	0'450
1800	1'506	42	0'344
1900	1'517	39	0'000
2000	1'517	37	0'000

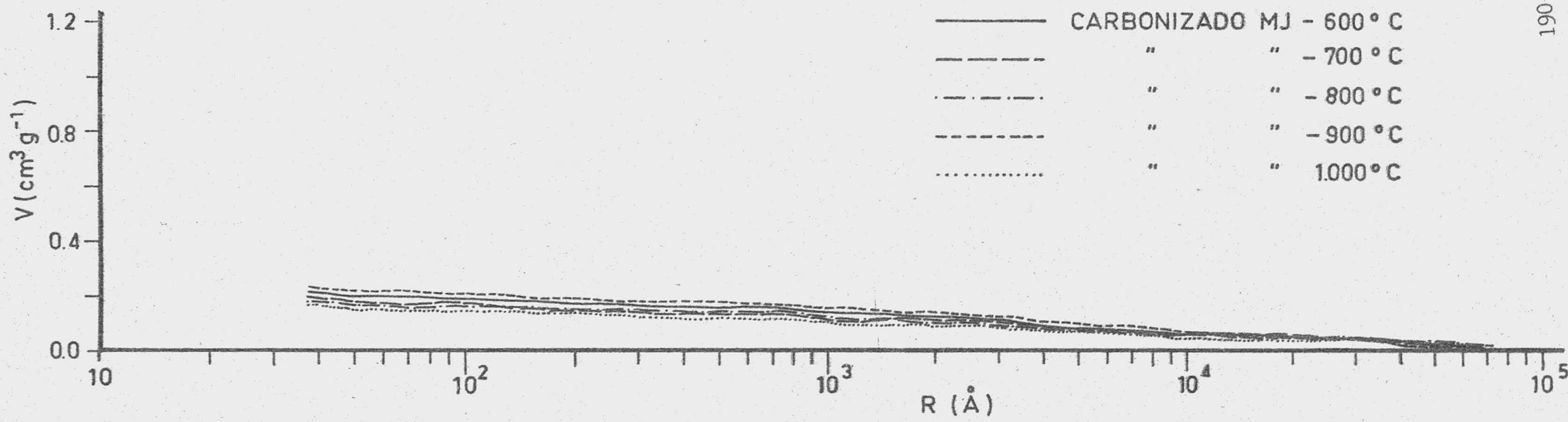
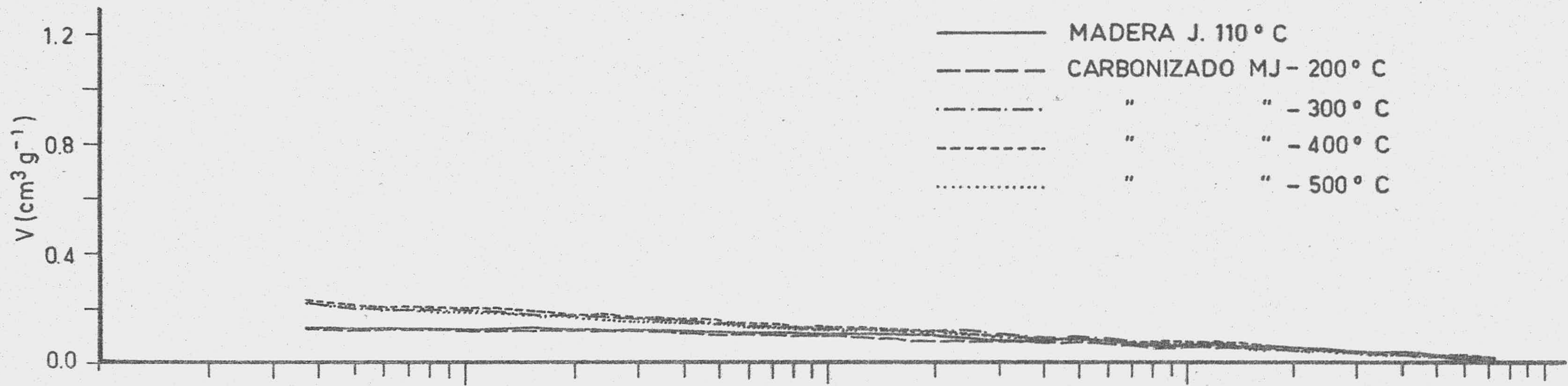


FIGURA 35.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

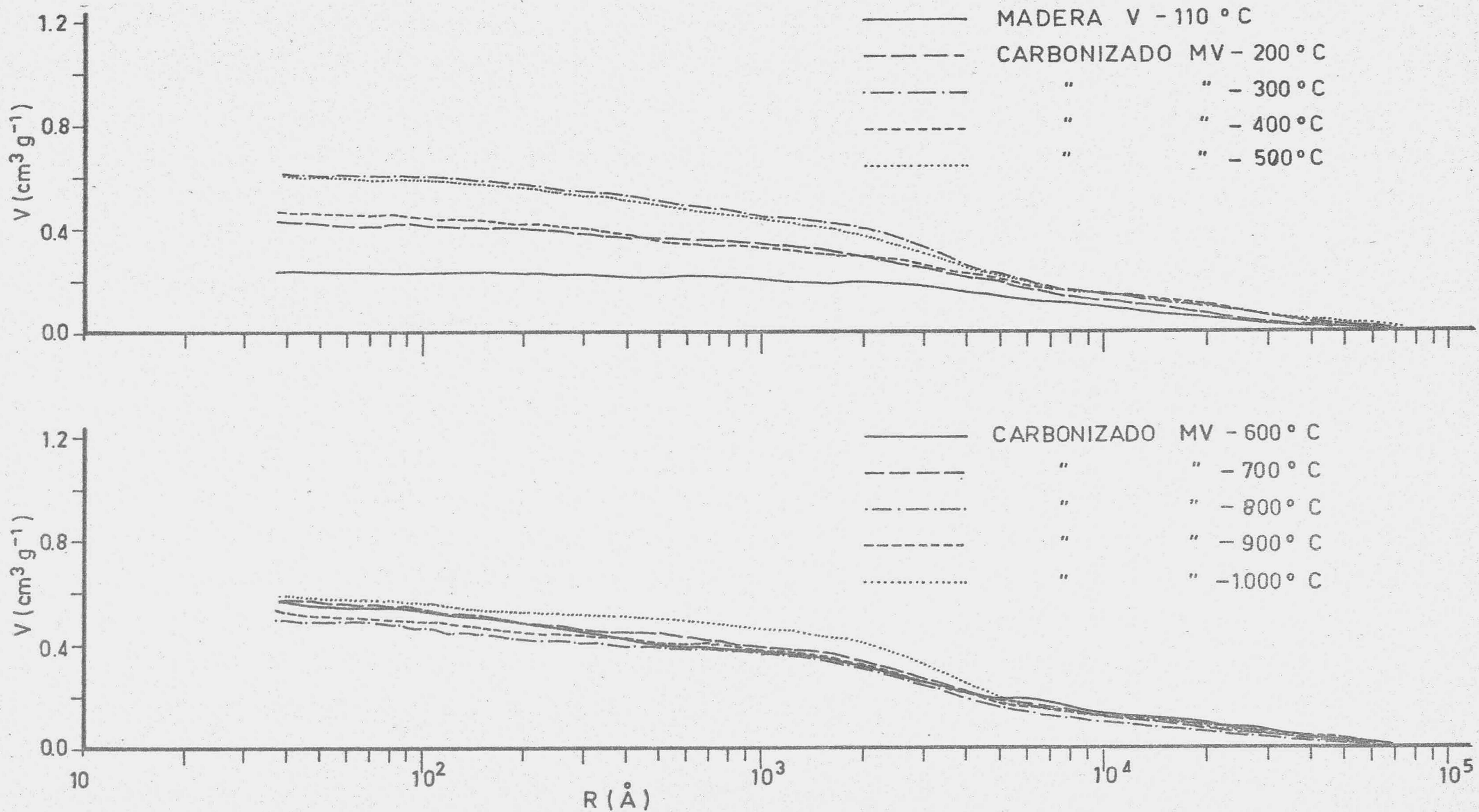


FIGURA 36.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

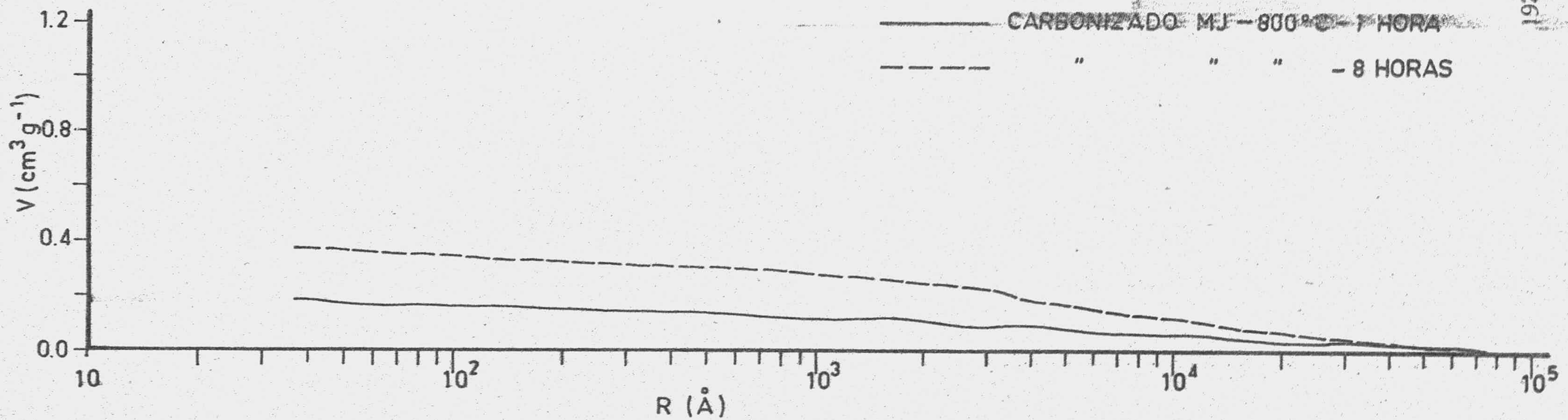
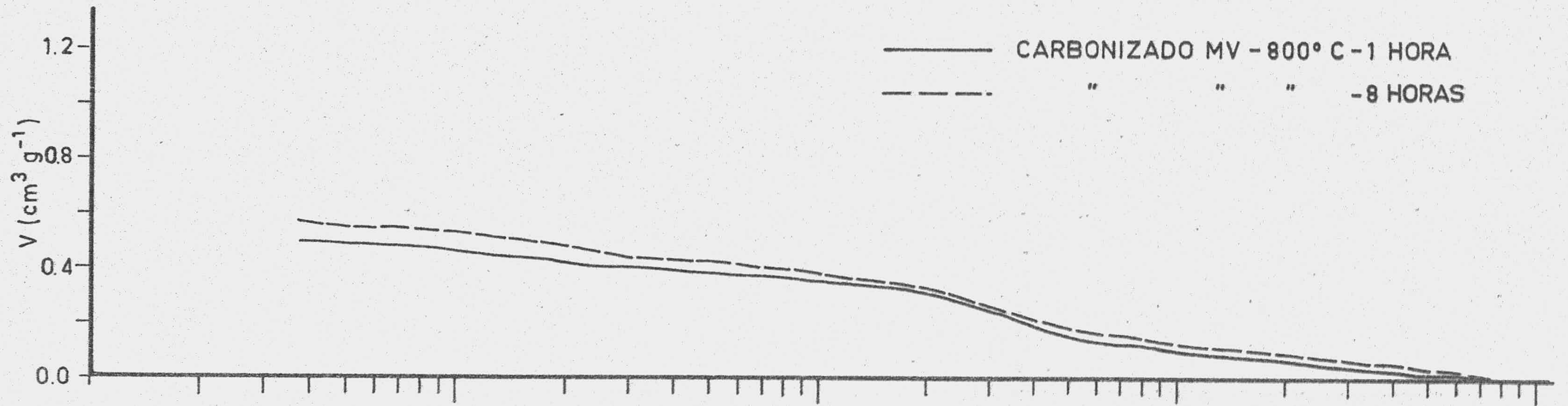


FIGURA 37.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

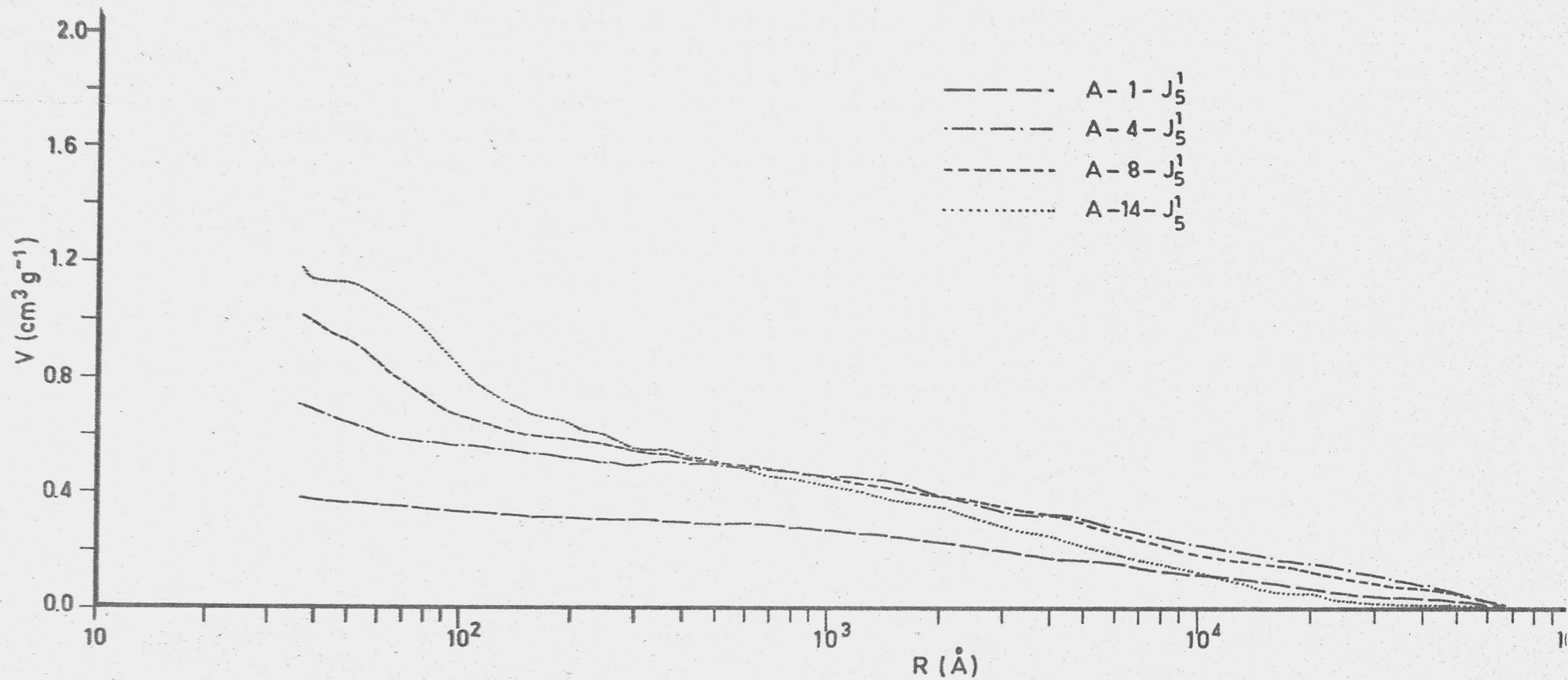


FIGURA 38.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

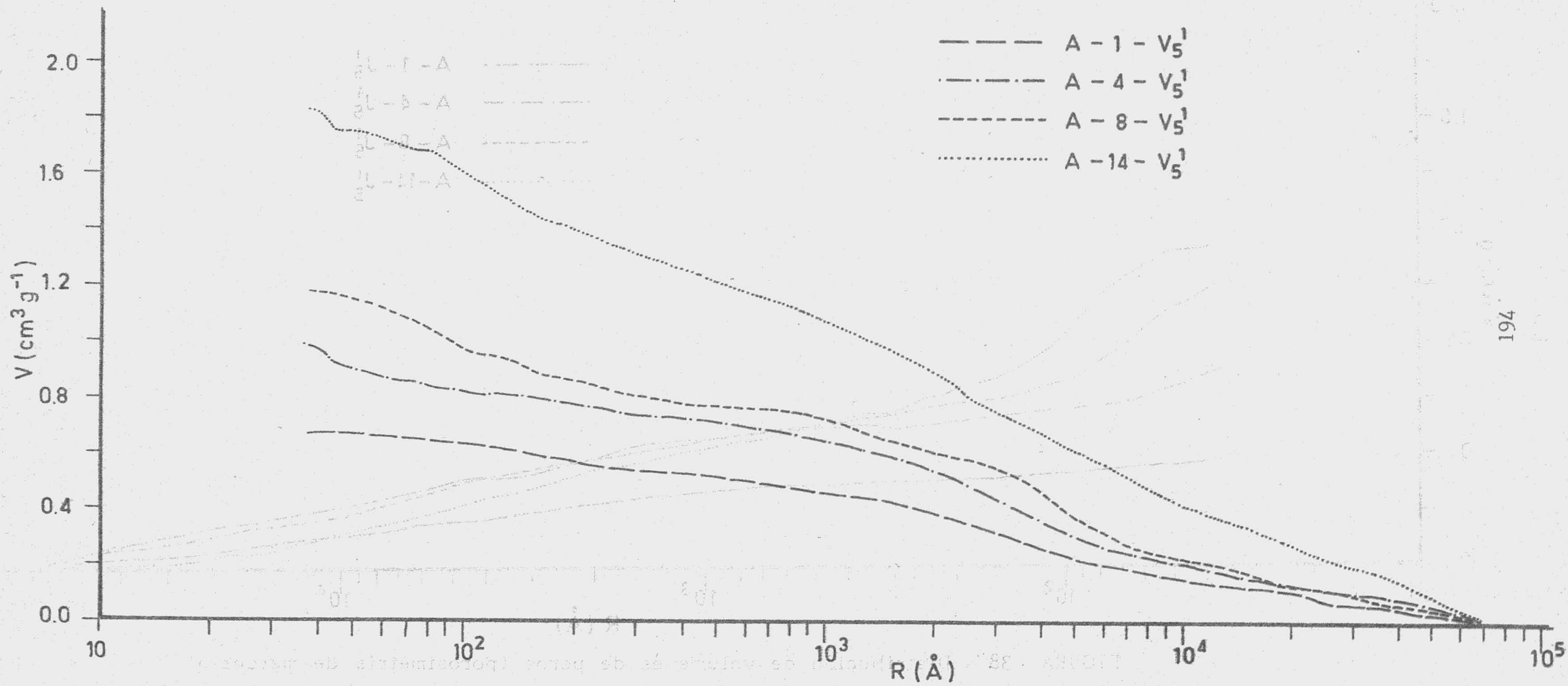


FIGURA 39.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

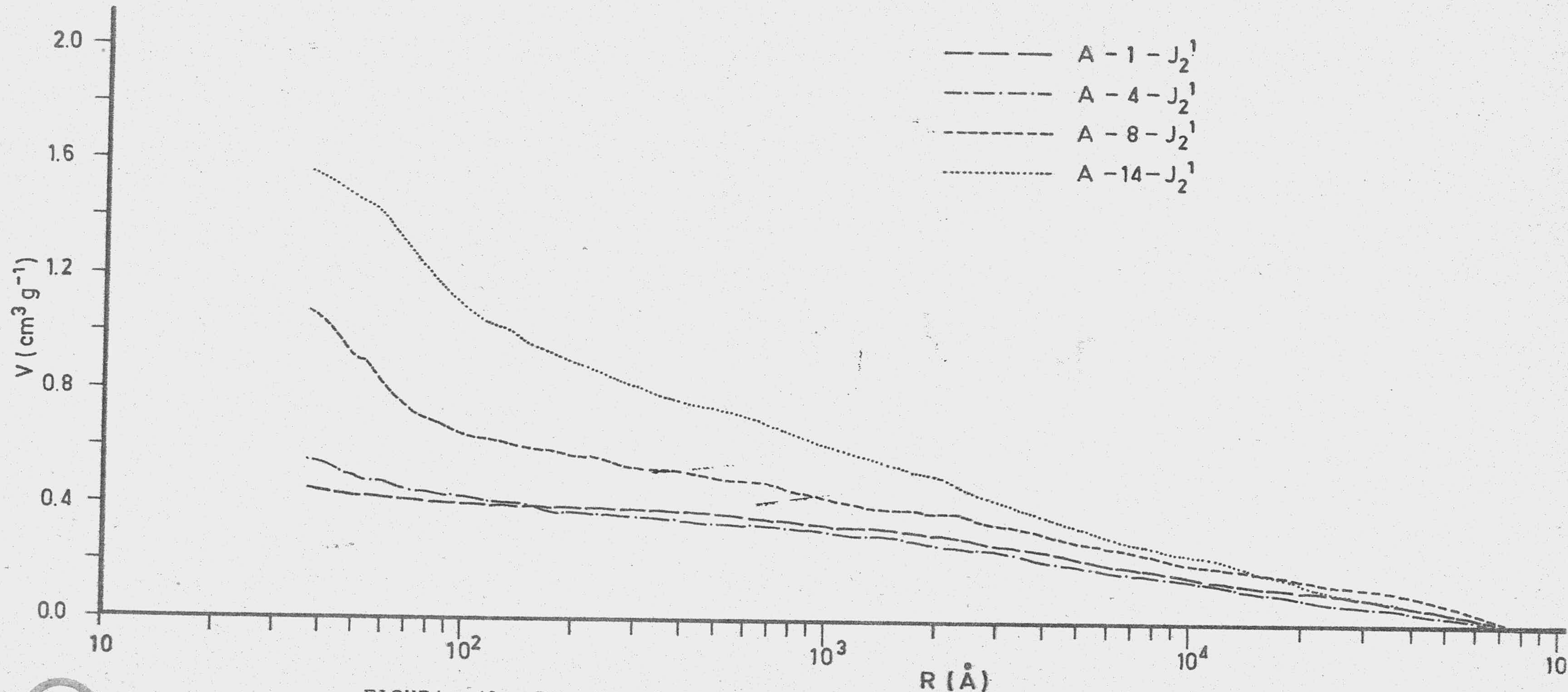


FIGURA 40.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)



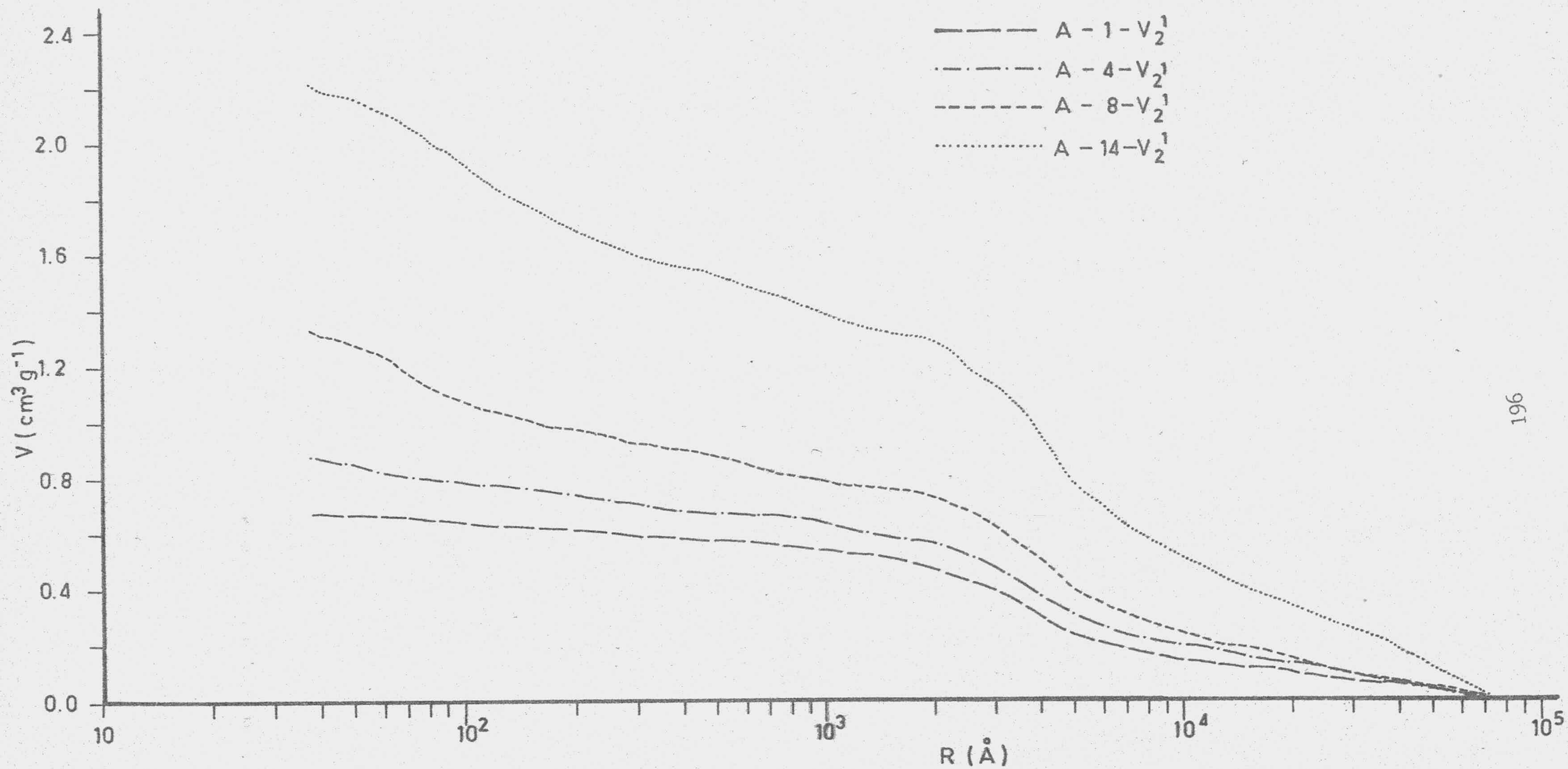


FIGURA 41.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

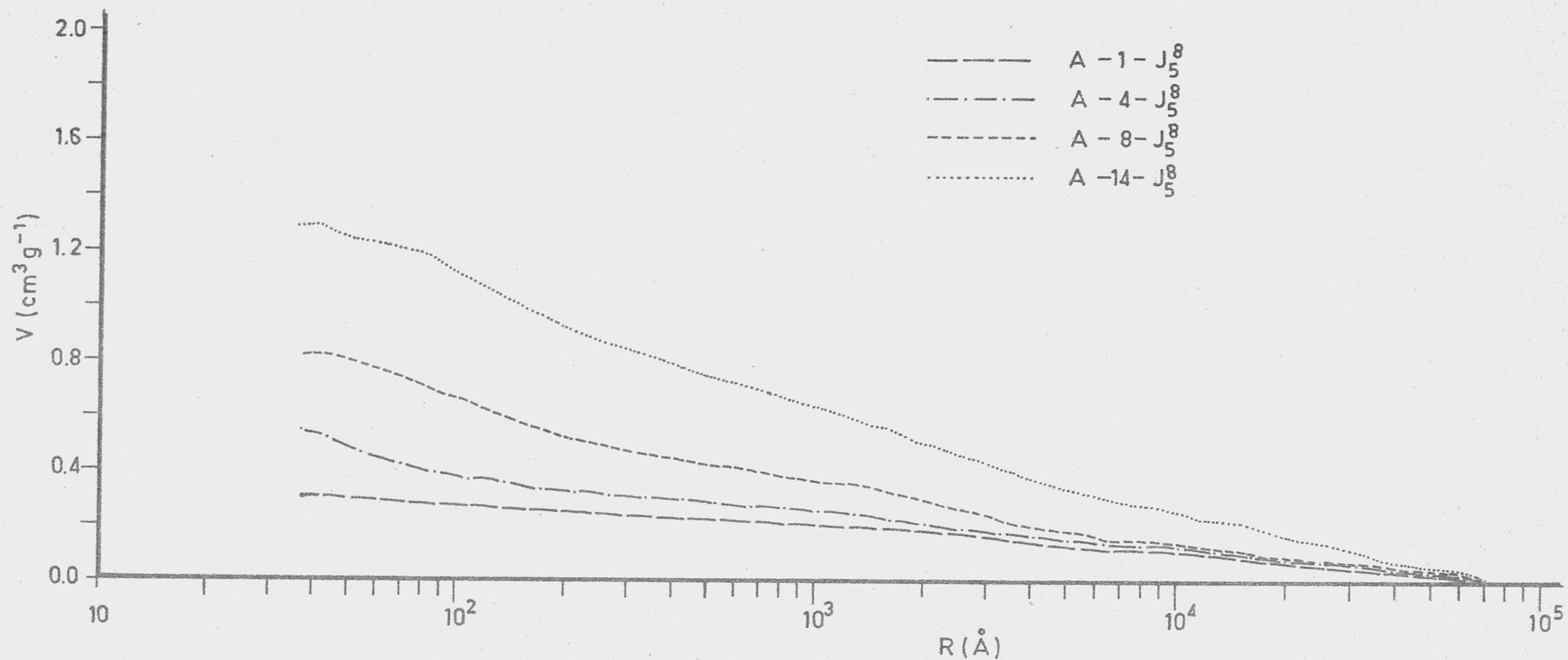


FIGURA 42.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

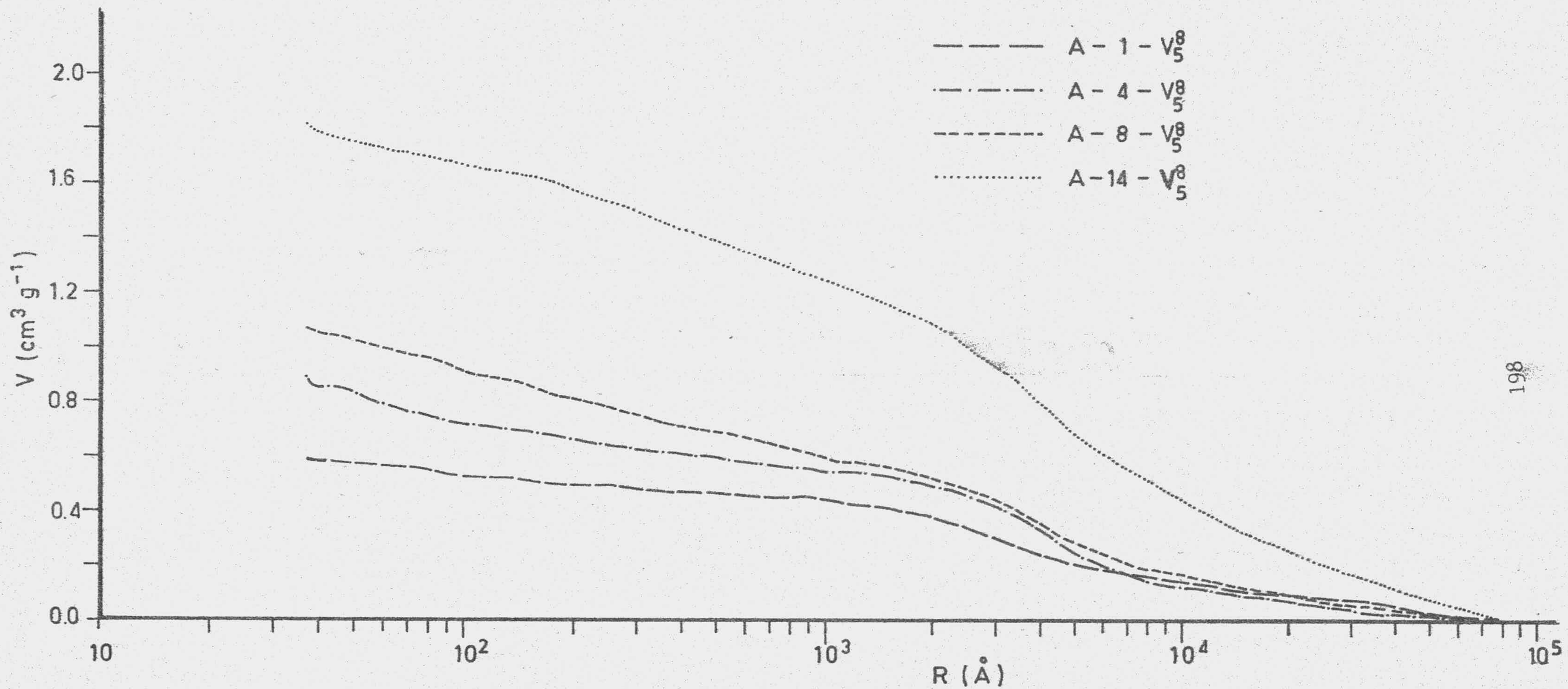


FIGURA 43.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

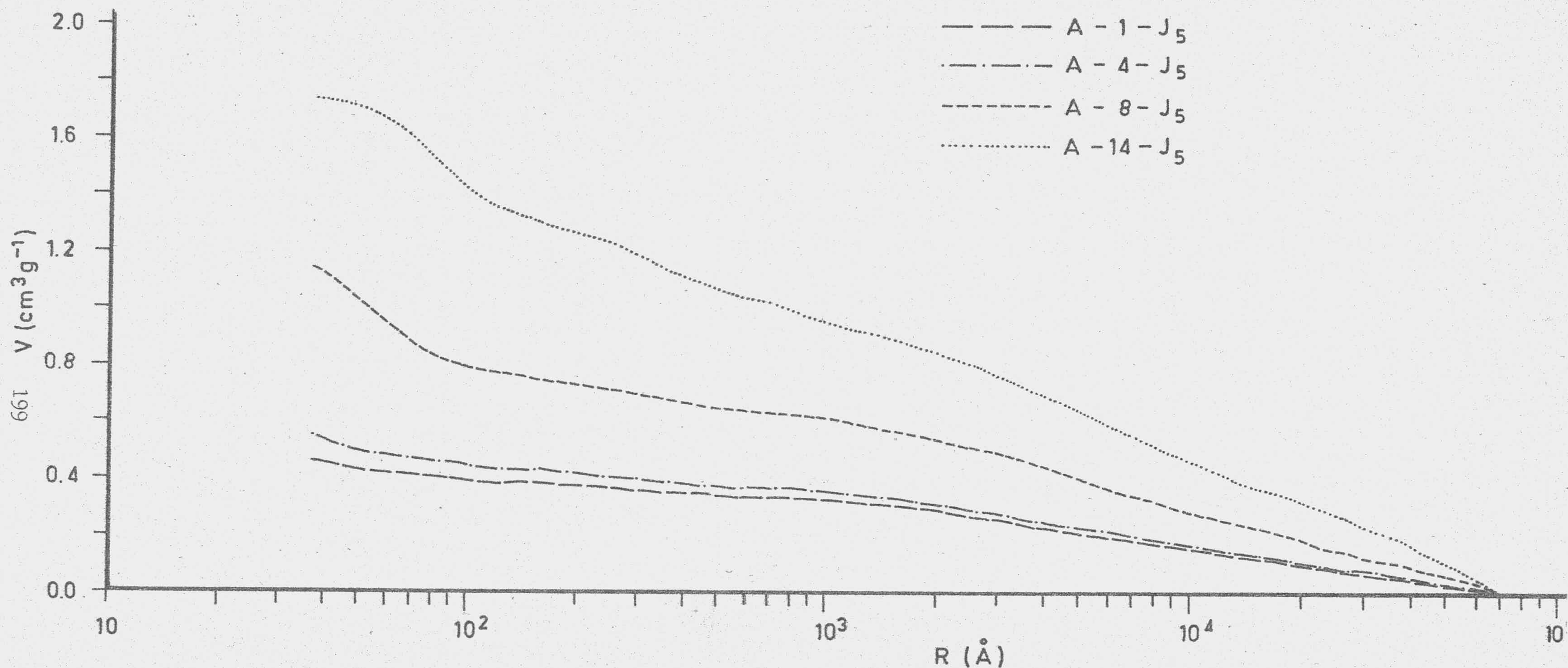


FIGURA 44.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

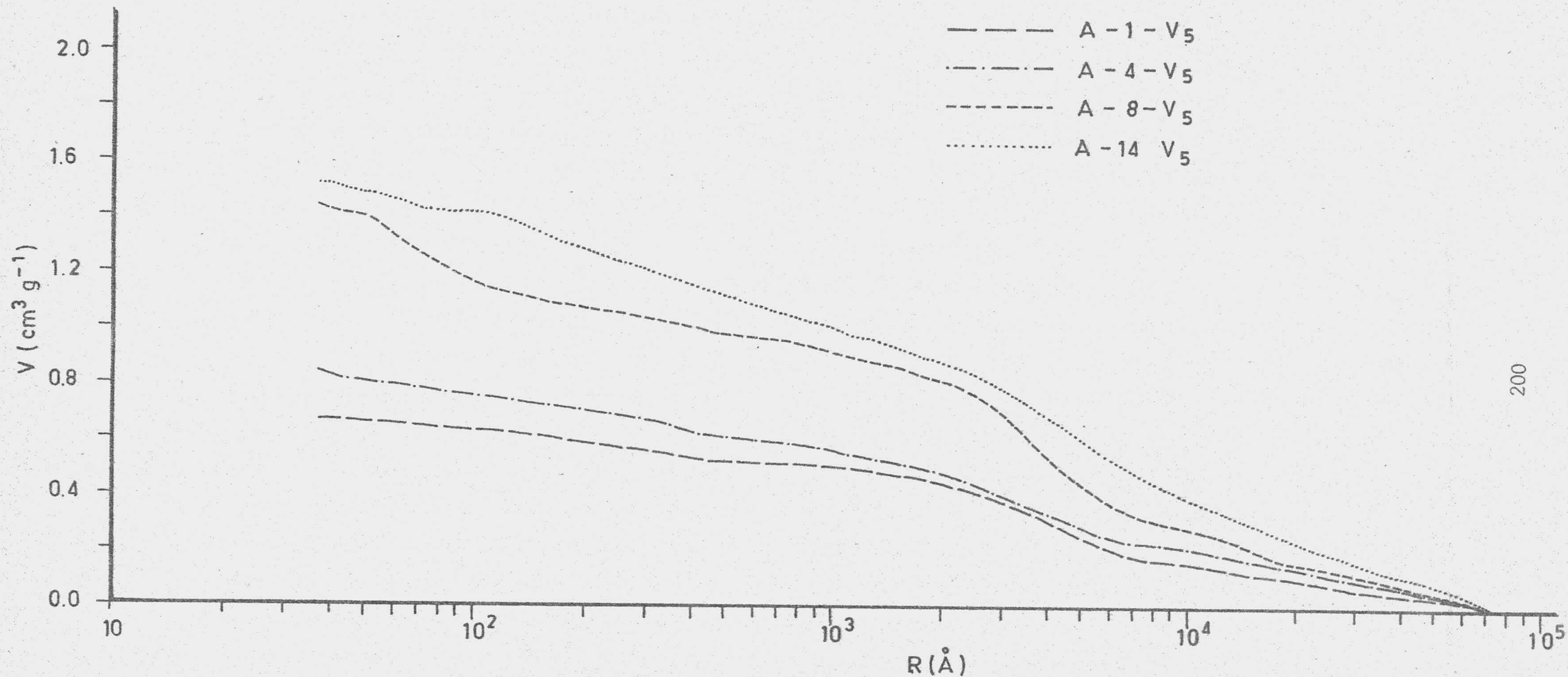


FIGURA 45.- Distribución de volúmenes de poros (porosimetría de mercurio)

TABLA 116

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

Carbonizado-MV-800°C-8 horas

Carbonizado-MV-800°C-1 hora

C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l.	$C/X \cdot 10^2$ g/l	C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l	$C/X \cdot 10^2$ g/l
0'001	1'39	0'01	0'72	0'297	0'13	0'29	223'08
0'001	1'58	0'01	0'63	0'424	0'14	0'42	300'00
0'002	1'80	0'01	0'56	0'466	0'15	0'46	306'67
0'004	2'08	0'02	0'96	0'559	0'15	0'55	366'67
0'006	2'51	0'03	1'20	0'685	0'16	0'67	418'75
0'011	3'12	0'06	1'92	0'774	0'18	0'76	422'22
0'021	3'54	0'10	2'82	0'865	0'33	0'85	257'58
0'047	4'02	0'24	5'97				
0'114	4'46	0'57	12'82				
0'236	4'80	1'19	24'79				
0'345	5'50	1'74	31'64				
0'549	5'59	2'76	49'19				
0'773	5'70	3'90	68'42				
0'884	5'45	4'50	82'57				

Carbonizado-MJ-800°C-8 horas

C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l.	$C/X \cdot 10^2$ g/l.
0'134	0'97	0'66	68'04
0'281	0'99	1'40	141'41
0'463	0'95	2'30	242'11
0'565	1'08	2'81	260'19
0'658	1'06	3'27	308'49
0'708	1'04	3'52	338'46
0'957	1'05	4'75	452'38

TABLA 117

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅¹

A-4-J₅¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'002	1'50	0'01	0'63	0'002	4'45	0'02	0'45
0'003	1'82	0'01	0'55	0'003	4'94	0'03	0'61
0'007	2'12	0'03	1'42	0'007	5'47	0'07	1'28
0'013	2'53	0'07	2'77	0'011	6'16	0'11	1'79
0'029	2'75	0'15	5'45	0'033	6'88	0'33	4'80
0'052	3'01	0'27	8'97	0'056	7'82	0'56	7'16
0'095	3'30	0'48	14'55	0'115	8'82	1'13	12'81
0'132	3'66	0'67	18'31	0'243	9'41	2'41	25'61
0'232	3'96	1'18	29'80	0'400	9'97	3'96	39'72
0'288	4'59	1'47	32'03	0'549	11'21	5'44	48'53
0'510	4'23	2'60	61'47	0'777	10'94	7'69	70'29
0'640	4'61	3'26	70'72	0'902	9'86	8'93	90'57
0'906	5'08	4'61	90'75				

A-8-J₅¹

A-14-J₅¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'010	7'65	0'21	2'75	0'010	7'60	0'20	2'63
0'015	8'23	0'29	3'52	0'015	8'21	0'31	3'78
0'024	8'92	0'48	5'38	0'022	8'91	0'43	4'83
0'043	9'63	0'87	9'03	0'037	9'64	0'74	7'68
0'071	10'38	1'42	13'68	0'064	10'39	1'28	12'32
0'128	10'93	2'57	23'51	0'109	11'12	2'19	19'69
0'194	11'54	3'90	33'80	0'186	11'60	3'72	32'07
0'296	11'79	5'95	50'47	0'272	12'12	5'48	45'21
0'390	12'22	7'83	64'08	0'373	12'60	7'45	59'13
0'510	12'38	10'23	82'63	0'496	12'59	9'93	78'87
0'642	12'00	12'93	107'75	0'606	13'05	12'12	92'87
0'753	12'31	15'13	122'91	0'734	13'22	14'69	111'12
0'879	11'89	17'68	148'70	0'868	12'95	17'36	134'05

TABLA 118

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅¹

A-4-V₅¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'008	1'49	0'04	2'68	0'006	4'18	0'06	1'44
0'017	1'98	0'08	4'04	0'009	4'54	0'09	1'98
0'050	2'30	0'24	10'43	0'013	4'97	0'13	2'62
0'113	2'40	0'56	22'92	0'034	5'41	0'34	6'28
0'098	2'74	0'47	17'15	0'047	6'02	0'47	7'81
0'203	2'76	0'98	35'51	0'125	7'38	1'26	17'07
0'293	2'86	1'42	49'65	0'220	7'90	2'22	28'10
0'550	2'72	2'67	98'16	0'372	7'90	3'75	47'47
0'620	3'06	3'01	98'37	0'500	8'56	5'01	58'53
0'772	2'78	3'75	134'89	0'634	9'32	6'38	68'45
0'885	2'83	4'30	151'94	0'848	7'66	8'54	111'49

A-8-V₅¹

A-14-V₅¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'022	6'54	0'44	6'73	0'004	7'73	0'08	1'03
0'065	7'22	1'32	18'28	0'006	8'35	0'12	1'44
0'098	7'55	1'98	26'23	0'009	9'11	0'19	2'09
0'173	8'30	3'48	41'93	0'016	9'94	0'32	3'22
0'230	8'61	4'61	53'54	0'032	10'88	0'64	5'88
0'295	8'84	5'93	67'08	0'071	11'73	1'44	12'28
0'350	9'34	7'03	75'27	0'132	12'54	2'67	21'29
0'441	9'37	8'86	94'56	0'212	13'25	4'29	32'38
0'609	9'80	12'24	124'90	0'320	13'80	6'46	46'81
0'712	9'61	14'32	149'01	0'448	13'94	9'06	64'99
0'800	9'95	16'08	161'61	0'582	14'13	11'76	83'23
0'903	9'68	18'15	187'50	0'720	14'09	14'54	103'19
				0'858	13'97	17'33	124'05

TABLA 119

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₂¹

A-4-J₂¹

C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'001	1'52	0'01	0'66	0'002	4'49	0'02	0'45
0'004	2'00	0'02	1'00	0'004	4'95	0'04	0'81
0'009	2'41	0'04	1'66	0'007	5'49	0'07	1'28
0'016	2'66	0'08	3'01	0'010	6'15	0'10	1'63
0'040	3'33	0'19	5'71	0'022	6'49	0'22	3'39
0'070	3'76	0'34	9'04	0'054	7'86	0'52	6'62
0'133	4'21	0'65	15'44	0'121	8'77	1'19	13'57
0'338	4'01	1'64	40'90	0'220	9'75	2'18	22'36
0'451	4'44	2'19	49'32	0'383	10'21	3'79	37'12
0'635	4'43	3'08	69'53	0'578	10'55	5'72	54'22
0'817	4'40	3'70	84'09	0'782	10'90	7'74	71'01
0'906	4'40	4'40	100'00	0'883	11'85	8'74	73'76

A-8-J₂¹

A-14-J₂¹

C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'009	7'68	0'19	2'47	0'005	7'68	0'11	1'43
0'014	8'28	0'28	3'38	0'008	8'33	0'16	1'92
0'019	8'98	0'38	4'23	0'012	9'06	0'25	2'76
0'034	9'73	0'70	7'19	0'023	9'84	0'47	4'78
0'056	10'58	1'14	10'78	0'038	10'77	0'76	7'06
0'100	11'35	2'02	17'80	0'075	11'66	1'52	13'04
0'173	11'88	3'50	29'46	0'133	12'44	2'88	23'15
0'358	12'93	7'22	55'84	0'215	13'22	4'34	32'83
0'475	13'22	9'57	72'39	0'321	13'67	6'48	47'40
0'606	13'27	12'22	92'09	0'446	13'94	8'99	64'49
0'740	13'17	14'9	113'14	0'560	14'69	11'28	76'79
0'867	13'28	17'46	131'48	0'720	14'18	14'50	102'26
0'937	13'00	18'87	145'15	0'850	14'96	17'12	114'44
				0'921	15'93	18'55	116'45

TABLA 120

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₂¹

A-4-V₂¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'002	2'02	0'01	0'50	0'005	4'19	0'05	1'19
0'003	2'42	0'02	0'83	0'007	4'56	0'07	1'54
0'005	2'68	0'02	0'75	0'011	4'99	0'11	2'20
0'007	3'01	0'03	1'00	0'015	5'52	0'15	2'72
0'013	3'41	0'06	1'76	0'031	6'11	0'31	5'07
0'032	3'91	0'15	3'84	0'046	6'90	0'46	6'67
0'066	4'52	0'32	7'08	0'131	7'31	1'32	18'06
0'220	4'71	1'07	22'72	0'208	8'01	2'10	26'22
0'301	5'68	1'46	25'70	0'355	8'14	3'58	43'98
0'538	5'61	2'61	46'52	0'479	8'84	4'82	54'52
0'720	6'74	3'49	51'78	0'686	7'95	6'91	86'92
0'870	6'20	4'22	68'06	0'830	8'67	8'36	125'34

A-8-V₂¹

A-14-V₂¹

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'014	7'67	0'29	3'78	0'004	7'58	0'08	1'06
0'023	8'24	0'47	5'70	0'006	8'17	0'12	1'47
0'040	8'84	0'80	9'05	0'009	8'90	0'19	2'13
0'067	9'42	1'36	14'44	0'016	9'74	0'31	3'18
0'115	9'95	2'33	23'42	0'032	10'62	0'63	5'93
0'175	10'40	3'55	34'13	0'070	11'52	1'39	12'07
0'258	10'71	5'21	48'65	0'122	12'41	2'41	19'42
0'345	11'00	6'97	63'36	0'212	12'98	4'19	32'28
0'431	11'49	8'72	75'89	0'320	13'40	6'32	47'16
0'550	11'05	11'12	100'63	0'442	13'79	8'75	63'45
0'665	11'21	13'43	119'80	0'578	13'96	11'43	81'88
0'779	11'23	15'74	140'16	0'717	13'93	14'17	101'72
0'891	11'22	18'01	160'52	0'858	13'90	16'97	122'09

TABLA 121

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅⁸

A-4-J₅⁸

C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'002	1'67	0'01	0'68	0'002	4'46	0'02	0'45
0'005	1'94	0'02	1'03	0'003	4'91	0'03	0'61
0'007	2'34	0'03	1'28	0'004	5'46	0'04	0'73
0'012	2'58	0'06	2'33	0'008	6'11	0'08	1'31
0'031	2'85	0'15	5'26	0'015	6'95	0'15	2'16
0'082	3'61	0'38	10'53	0'034	7'90	0'33	4'18
0'201	3'76	0'95	25'27	0'092	8'96	0'90	10'04
0'284	4'17	1'34	32'13	0'185	10'08	1'83	18'15
0'458	4'23	2'15	50'83	0'370	10'35	3'64	35'17
0'519	4'68	2'81	60'04	0'540	11'39	5'31	46'62
0'807	4'46	3'79	84'98	0'778	11'17	7'66	68'58

A-8-J₅⁸

A-14-J₅⁸

C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C _o	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'011	7'20	0'21	2'92	0'007	7'23	0'13	1'80
0'016	7'78	0'31	3'98	0'009	7'81	0'17	2'18
0'023	8'41	0'45	5'35	0'013	8'52	0'24	2'82
0'049	9'00	0'94	10'44	0'022	9'26	0'41	4'43
0'066	9'84	1'25	12'70	0'038	10'12	0'71	7'02
0'134	10'25	2'55	24'88	0'067	11'04	1'27	11'50
0'205	10'76	3'89	36'15	0'133	11'77	2'52	21'41
0'293	11'20	5'55	49'55	0'230	12'19	4'37	35'85
0'411	11'20	7'79	69'55	0'355	12'19	6'73	55'21
0'546	10'71	10'36	96'73	0'465	12'65	8'83	69'80
0'647	11'21	12'27	109'46	0'613	12'27	11'63	94'78
0'765	11'18	14'52	129'87	0'743	12'08	14'09	116'64

TABLA 122

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅⁸

A-4-V₅⁸

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l	C/X.10 ² g/l
0'004	1'58	0'02	1'27	0'003	4'47	0'03	0'67
0'007	1'80	0'04	2'22	0'004	4'89	0'04	0'82
0'013	2'09	0'06	2'87	0'008	5'42	0'07	1'29
0'027	2'48	0'14	5'65	0'014	6'08	0'14	2'30
0'078	2'60	0'39	15'00	0'030	6'81	0'30	4'41
0'133	2'75	0'67	24'36	0'066	7'65	0'65	8'50
0'221	2'83	1'12	39'58	0'164	8'25	1'61	19'52
0'323	2'86	1'64	57'34	0'308	8'52	3'03	35'56
0'425	2'93	2'16	73'72	0'629	9'12	6'20	67'98
0'503	3'14	2'55	81'21	0'815	9'10	8'03	88'24
0'586	3'48	2'97	85'34				
0'710	3'64	3'60	98'90				
0'861	3'56	4'37	122'75				
0'916	4'27	4'65	108'90				

A-8-V₅⁸

A-14-V₅⁸

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'003	8'24	0'10	1'21	0'003	7'26	0'06	0'83
0'011	8'94	0'23	2'57	0'004	7'86	0'08	1'02
0'020	9'74	0'40	4'11	0'006	8'55	0'11	1'29
0'041	10'59	0'81	7'65	0'009	9'37	0'17	1'81
0'080	11'70	1'60	13'68	0'015	10'37	0'28	2'70
0'142	12'16	2'83	23'27	0'026	11'47	0'59	5'14
0'256	12'33	5'10	41'36	0'057	12'77	1'08	8'46
0'348	13'07	6'93	53'02	0'123	13'83	2'33	16'85
0'473	13'05	9'43	72'26	0'220	14'80	4'16	28'11
0'599	13'40	11'93	91'49	0'354	15'25	6'70	43'93
0'725	13'67	14'45	105'71	0'505	15'66	9'57	61'11
0'857	14'41	16'98	117'83	0'684	14'88	12'95	87'03
0'915	16'96	18'22	107'43	0'845	15'00	15'99	106'60

TABLA 123

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-J₅

A-4-J₅

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l
0'009	1'55	0'05	3'23	0'003	4'62	0'03	0'65
0'028	1'74	0'14	8'05	0'005	5'07	0'05	0'99
0'045	1'99	0'23	11'56	0'007	5'63	0'07	1'24
0'080	2'09	0'40	19'14	0'012	6'30	0'12	1'90
0'155	2'12	0'78	36'79	0'030	7'08	0'31	4'38
0'180	2'28	0'90	39'47	0'055	8'07	0'56	6'94
0'288	2'24	1'44	64'29	0'134	8'84	1'37	15'50
0'342	2'35	1'72	73'19	0'242	9'71	2'46	25'33
0'408	2'46	2'05	83'33	0'254	9'49	2'59	27'29
0'456	2'73	2'28	83'52	0'446	9'52	4'54	47'69
0'574	2'65	2'88	108'68	0'603	10'07	6'15	61'07
0'669	2'76	3'35	121'38	0'585	10'59	5'96	56'28
0'665	2'82	3'33	118'09	0'793	10'80	8'06	74'63
0'794	2'61	3'98	152'49	0'794	10'48	8'10	77'29
0'901	2'60	4'51	173'46	0'896	11'03	9'14	82'86
0'886	2'86	4'44	155'24				

A-8-J₅

A-14-J₅

C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.	C/C ₀	X.10 ⁴ mol/g.	C.10 ⁴ mol/l.	C/X.10 ² g/l.
0'014	7'67	0'29	3'78	0'014	8'31	0'29	3'49
0'021	8'25	0'42	5'09	0'025	8'98	0'51	5'68
0'034	8'87	0'69	7'78	0'040	9'73	0'80	8'22
0'062	9'51	1'25	13'14	0'072	10'47	1'44	13'75
0'098	10'16	1'97	19'39	0'138	10'94	2'78	25'41
0'219	11'23	4'42	39'36	0'177	11'93	3'56	29'84
0'299	11'75	6'02	51'23	0'267	12'36	5'39	43'61
0'390	12'29	7'85	63'87	0'354	12'99	7'24	55'74
0'531	12'03	10'69	88'86	0'478	13'32	9'62	72'22
0'640	12'26	12'89	105'14	0'602	13'59	12'13	89'26
0'757	12'42	15'25	122'79	0'717	14'31	14'45	100'98
0'882	11'92	17'76	148'99	0'859	14'04	17'31	123'29
0'930	15'42	18'73	121'47	0'922	16'27	18'58	114'20

TABLA 124

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-1-V₅

A-4-V₅

C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l.	$C/X \cdot 10^2$ g/l	C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l	$C/X \cdot 10^2$ g/l
0'010	1'54	0'06	3'90	0'008	4'56	0'08	1'75
0'030	1'63	0'15	9'20	0'013	4'99	0'13	2'61
0'050	1'72	0'26	15'12	0'022	5'43	0'22	4'05
0'098	1'75	0'50	28'57	0'037	6'04	0'37	6'13
0'136	1'83	0'69	37'70	0'084	6'59	0'84	12'75
0'191	1'88	0'97	51'60	0'122	7'31	1'23	16'83
0'232	2'04	1'18	57'84	0'228	7'84	2'29	29'21
0'206	2'00	1'05	52'50	0'398	7'45	4'01	53'83
0'252	2'08	1'28	41'56	0'504	8'31	5'07	61'02
0'312	1'92	1'58	82'29	0'697	7'70	7'03	91'30
0'374	2'00	1'90	95'00	0'818	9'06	8'24	90'95
0'379	1'94	1'92	98'97				
0'407	2'14	2'06	96'26				
0'434	2'06	2'20	106'80				
0'513	2'08	2'60	125'00				
0'582	2'14	2'95	137'85				
0'646	2'19	3'28	149'77				
0'639	2'25	3'24	144'00				
0'732	2'29	3'71	162'01				
0'817	2'33	4'14	179'83				
0'909	2'31	4'61	199'57				

TABLA 125

DATOS DE ADSORCION DE p-NITROFENOL A 298K SOBRE LAS MUESTRAS:

A-8-V₅

C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l.	$C/X \cdot 10^2$ g/l
0'009	7'71	0'19	2'46
0'012	8'32	0'24	2'88
0'021	8'94	0'42	4'70
0'031	9'76	0'63	6'45
0'064	10'46	1'30	12'43
0'116	11'06	2'34	21'16
0'194	11'61	3'91	33'68
0'283	11'98	5'71	47'66
0'398	12'08	8'02	66'39
0'509	12'42	10'26	82'61
0'639	12'21	12'89	105'57
0'746	12'93	15'05	116'40
0'867	13'36	17'49	130'91
0'935	14'00	18'85	134'64

A-14-V₅

C/C_0	$X \cdot 10^4$ mol/g.	$C \cdot 10^4$ mol/l.	$C/X \cdot 10^2$ g/l.
0'005	8'34	0'11	1'32
0'007	9'11	0'15	1'65
0'013	9'91	0'26	2'62
0'025	10'92	0'51	4'67
0'052	11'97	1'04	8'69
0'103	12'71	2'27	17'86
0'216	13'25	4'35	32'83
0'314	13'71	6'34	46'24
0'431	14'24	8'69	61'03
0'569	14'62	11'48	78'52
0'698	14'91	14'08	94'43
0'853	14'80	17'21	116'28
0'930	14'77	18'75	126'95

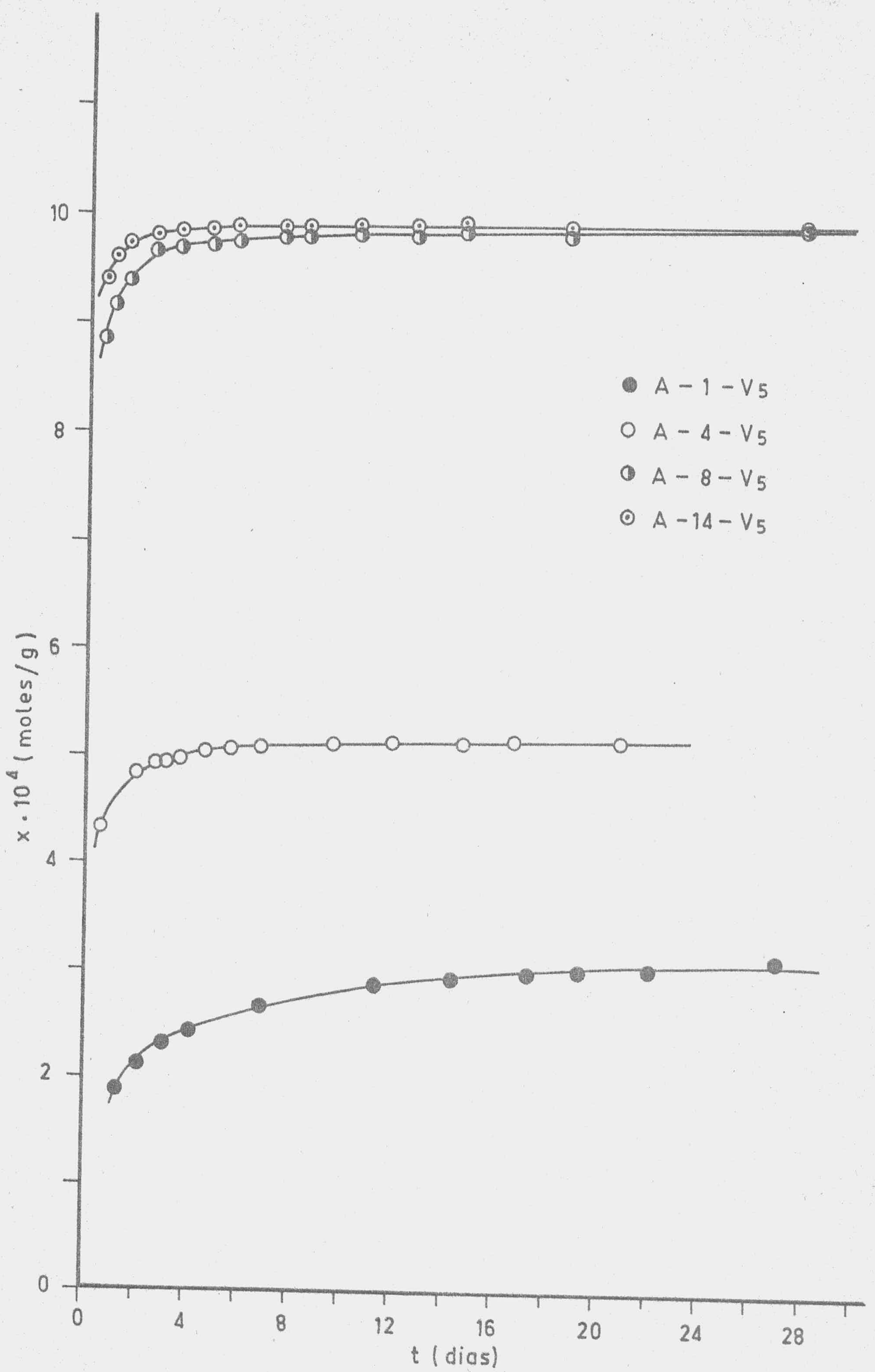


FIGURA 46.- Cinética de adsorción del p-nitrofenol

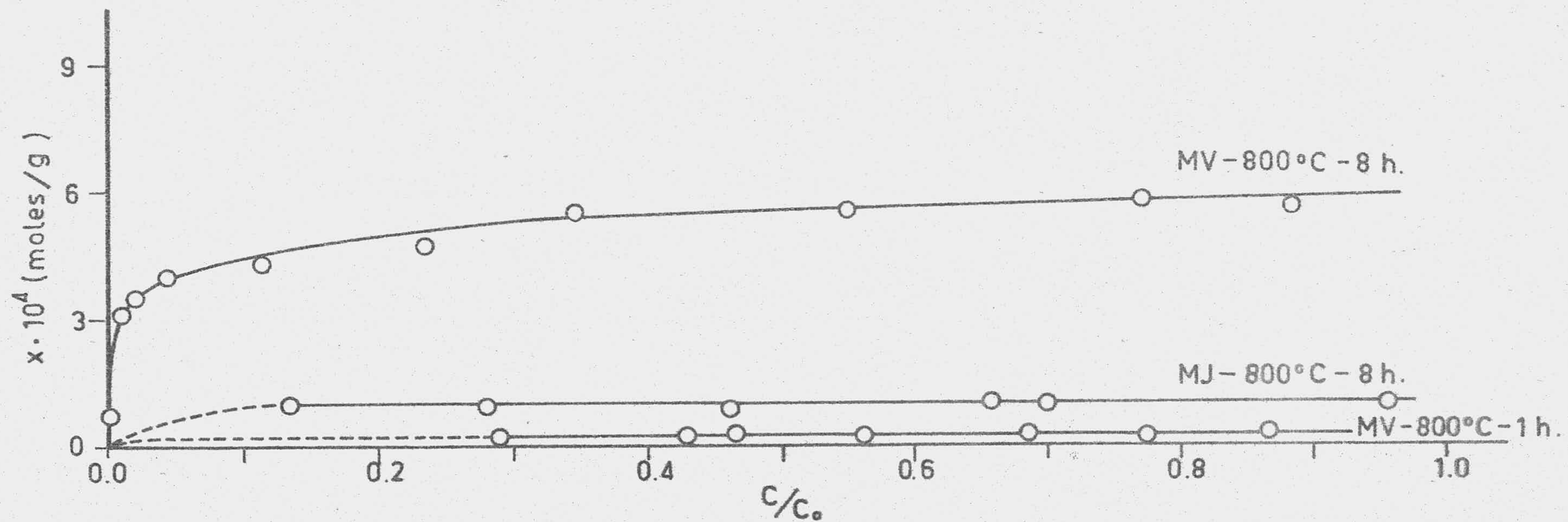


FIGURA 47.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

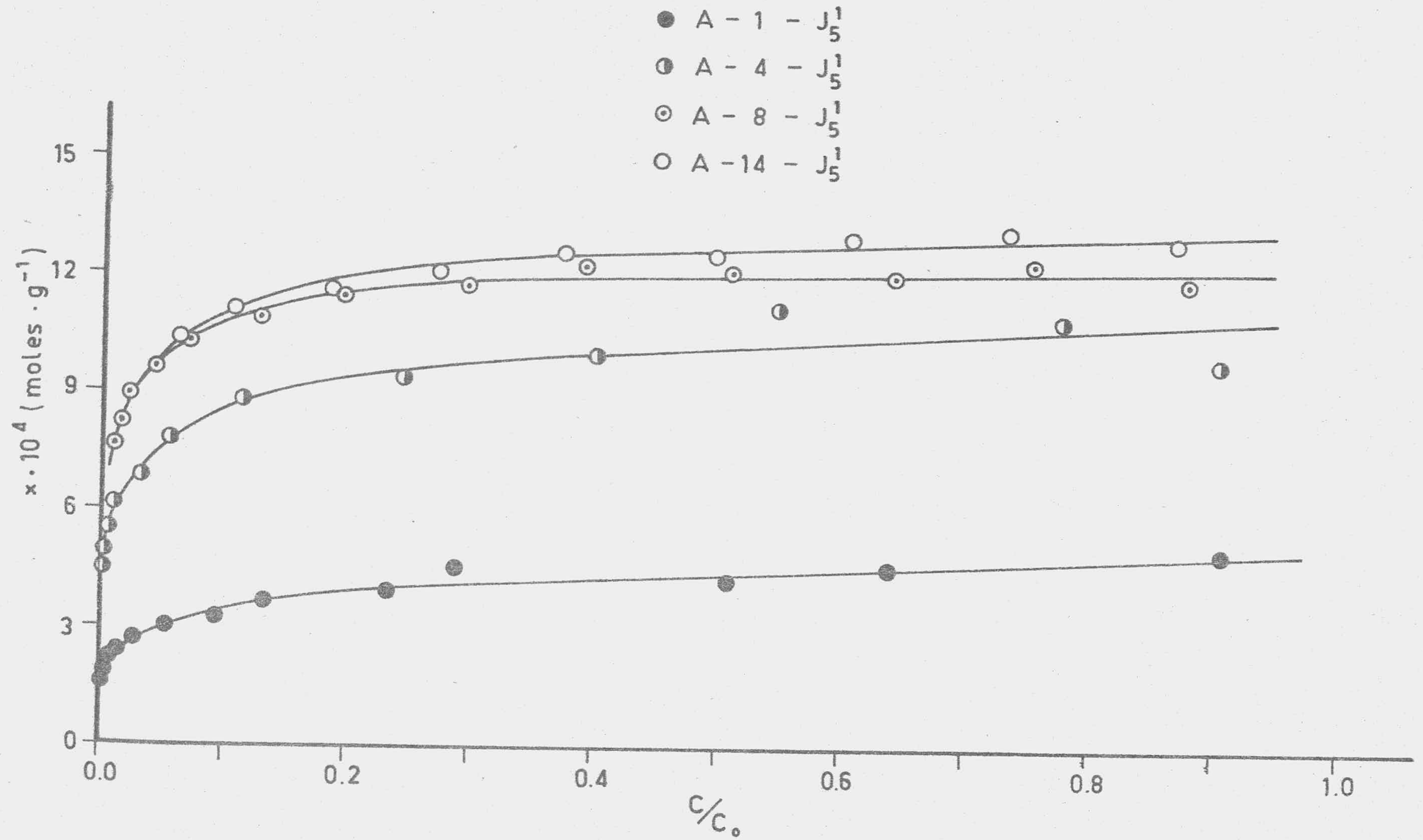


FIGURA 48.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

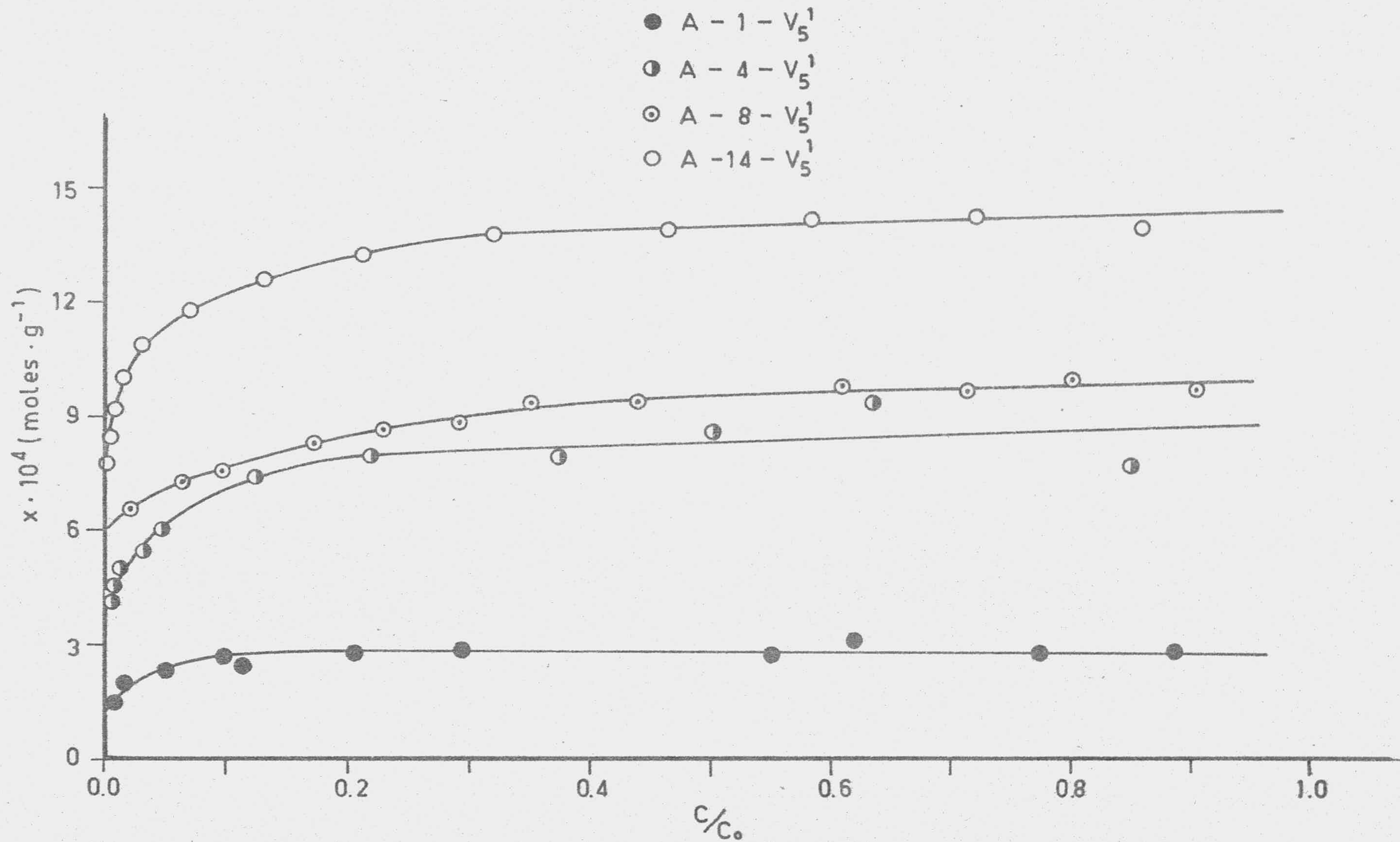


FIGURA 49.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

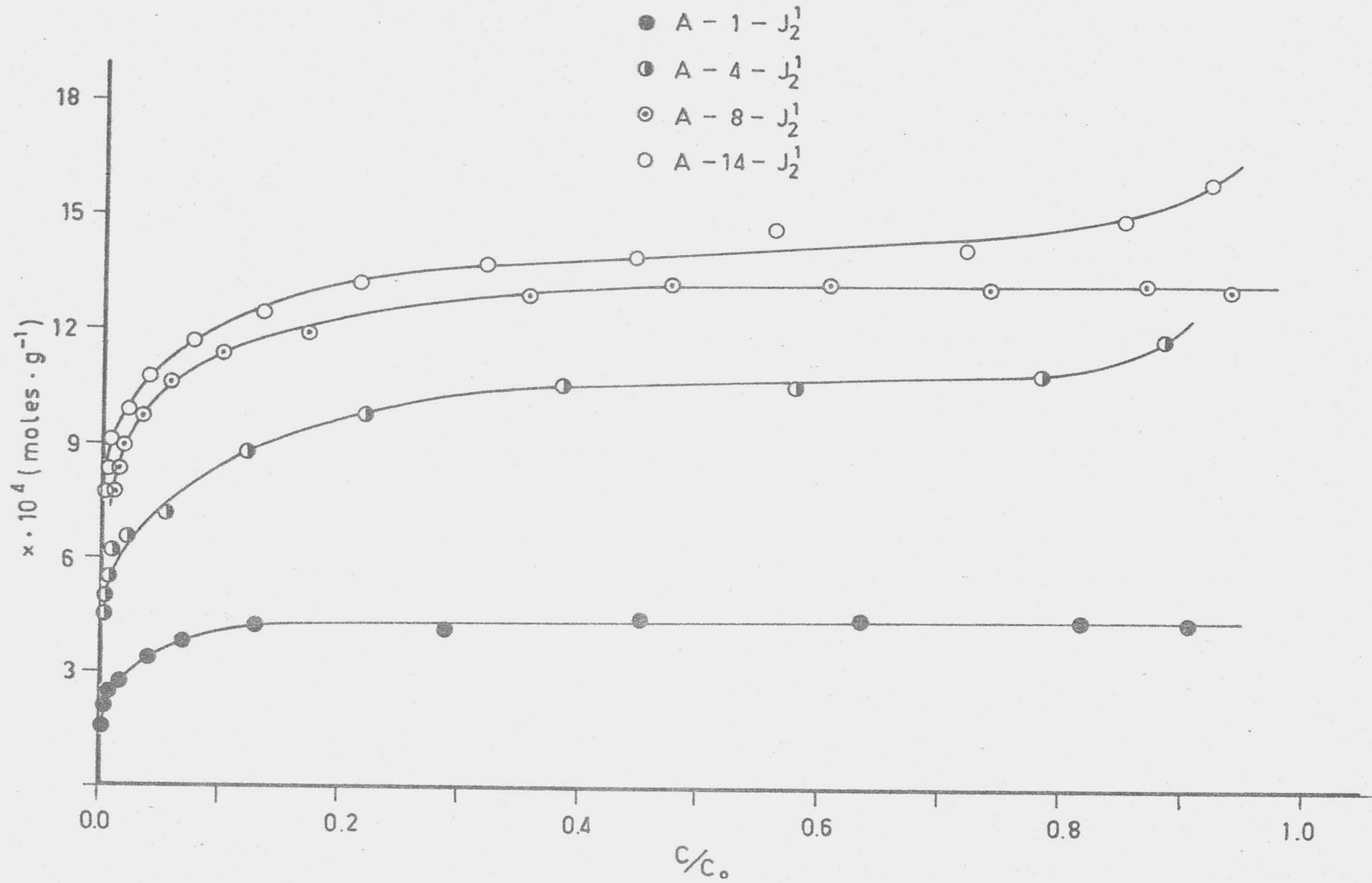


FIGURA 50.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

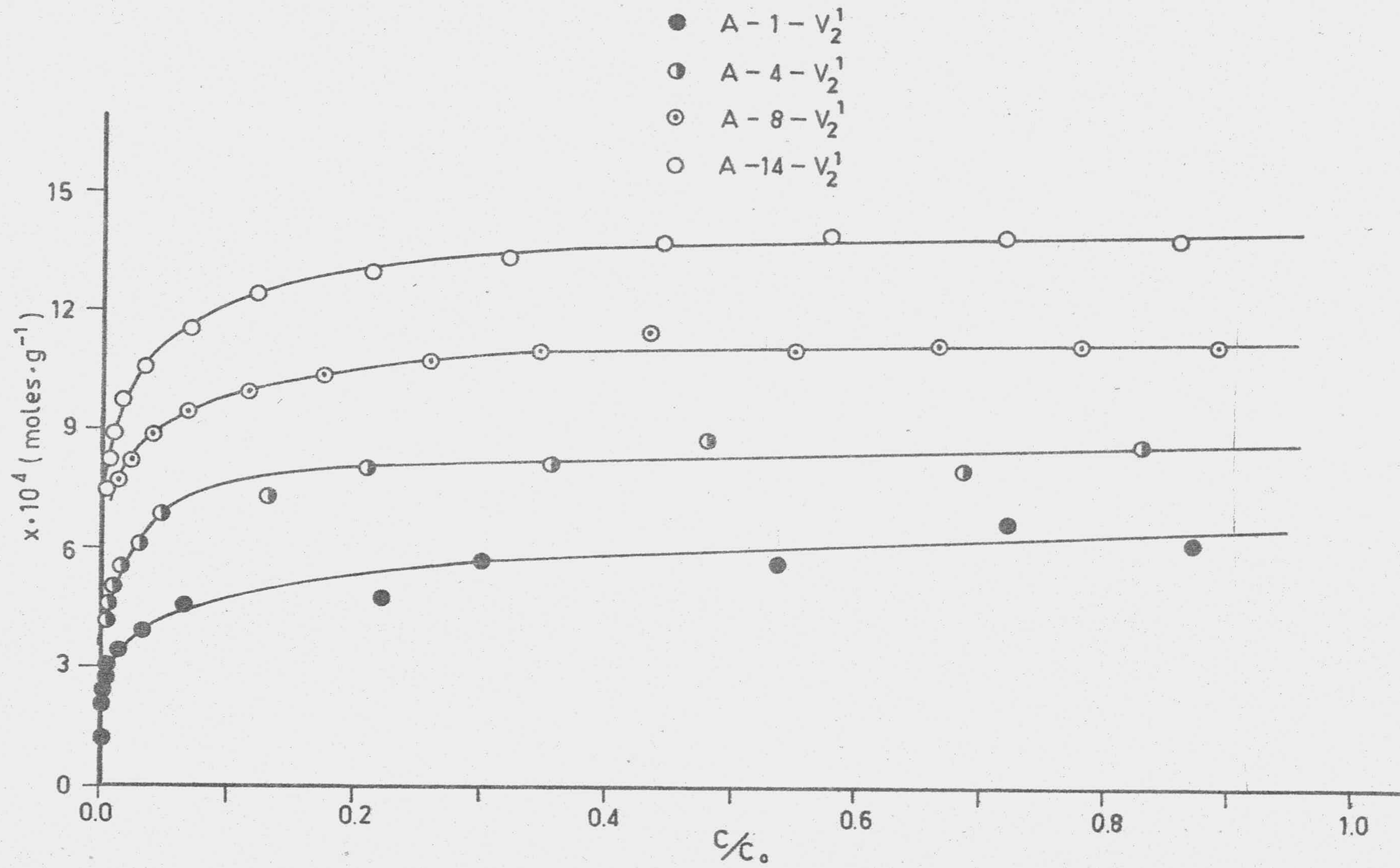


FIGURA 51.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

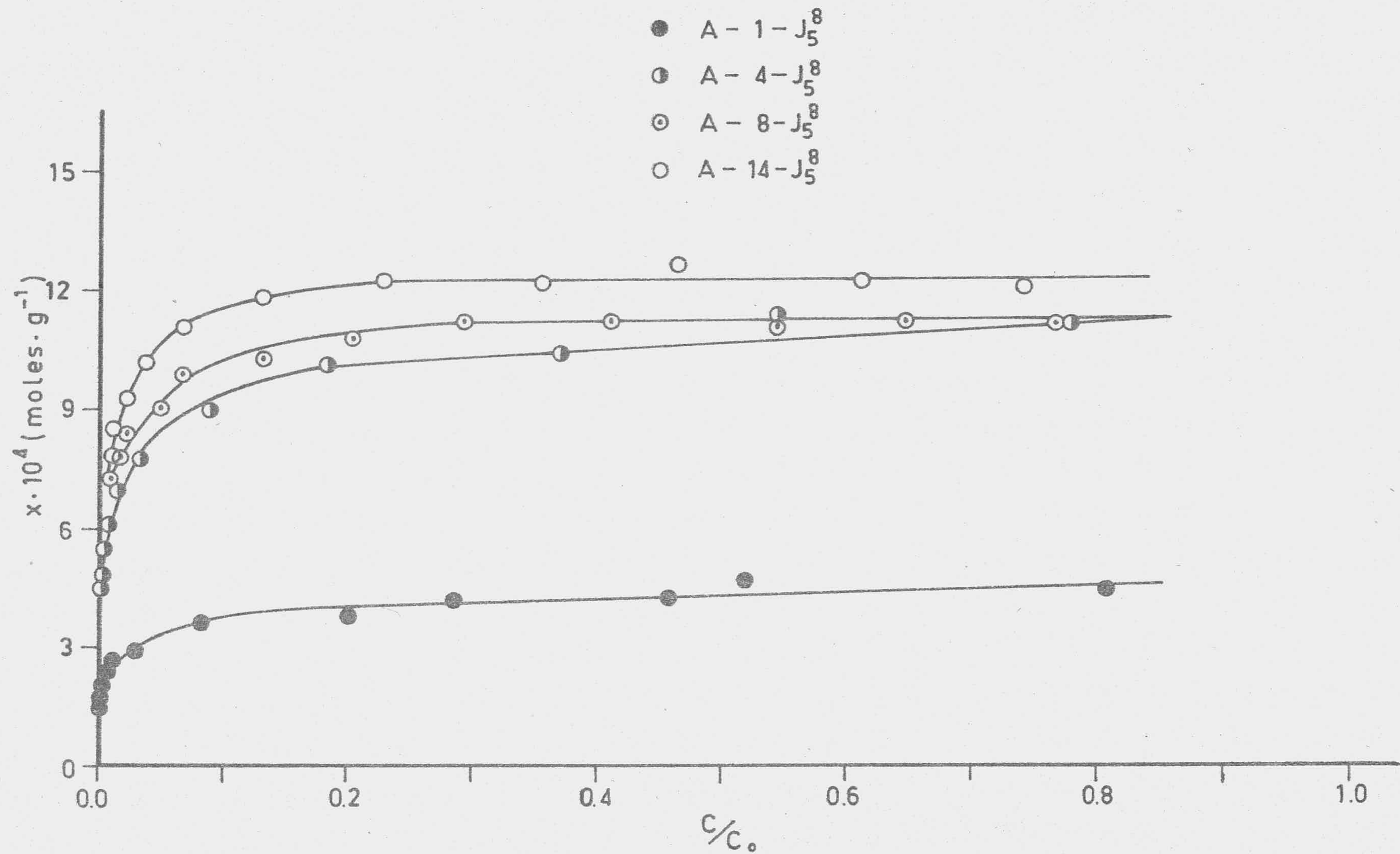


FIGURA 52.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

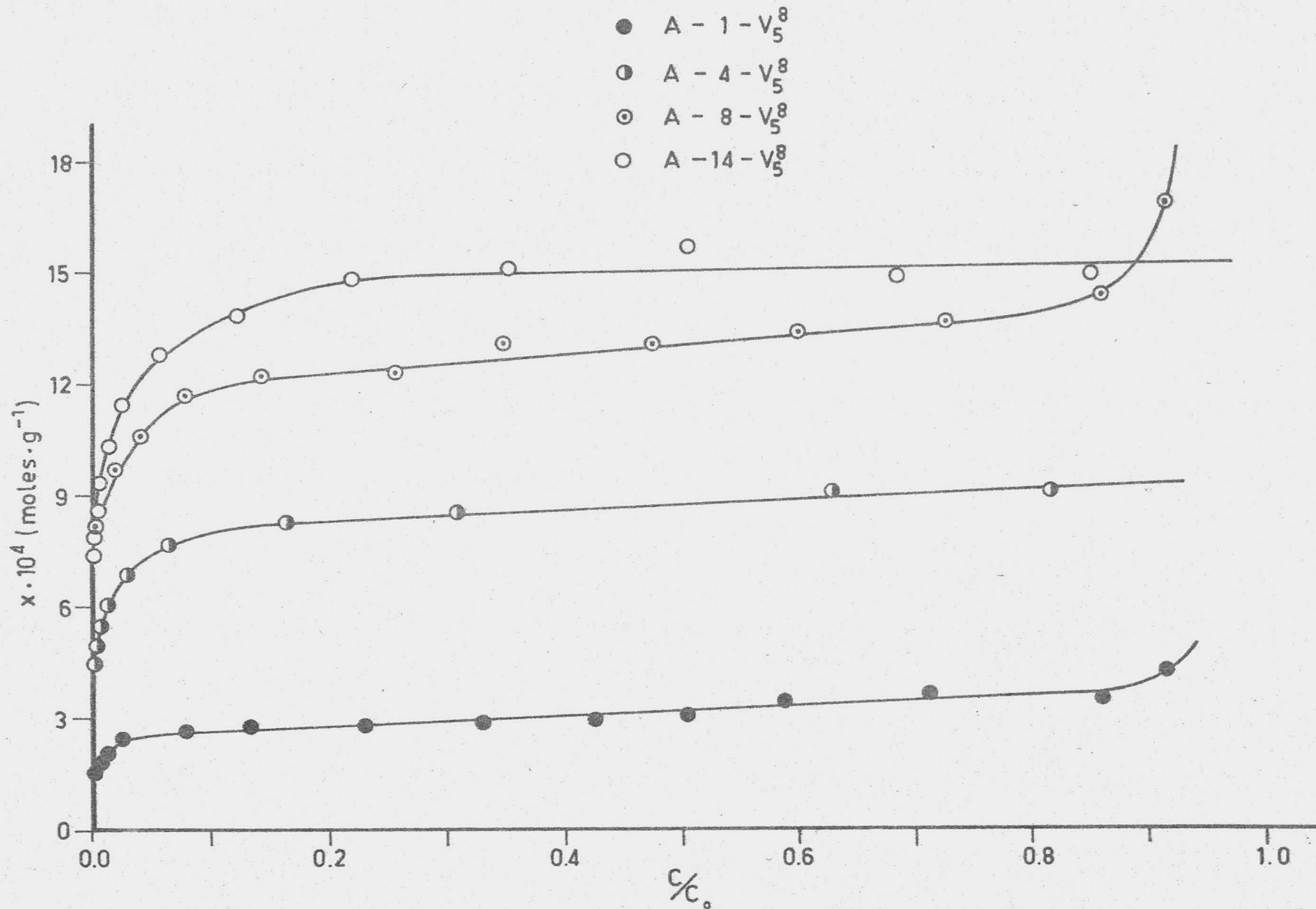


FIGURA 53.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

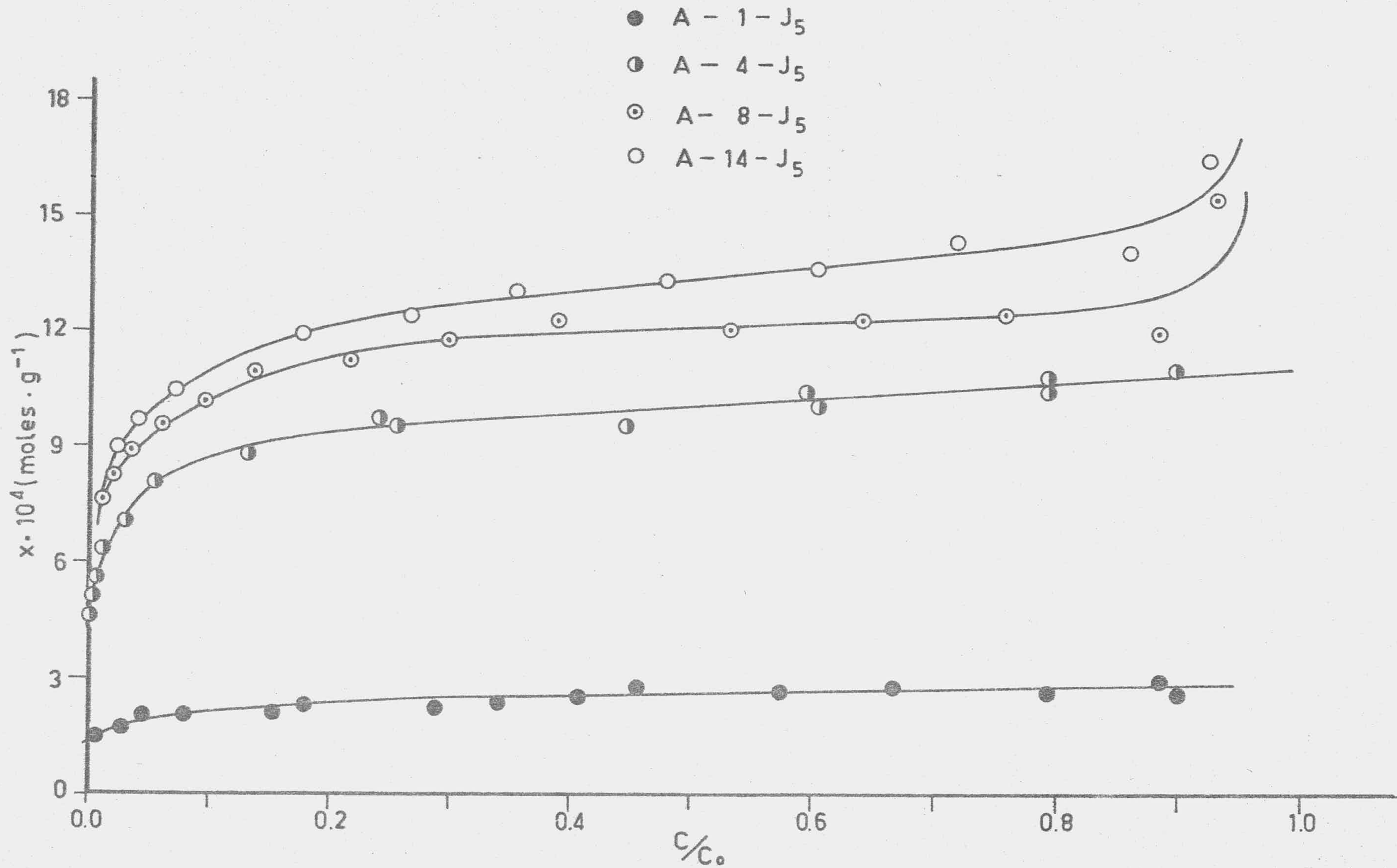


FIGURA 54.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

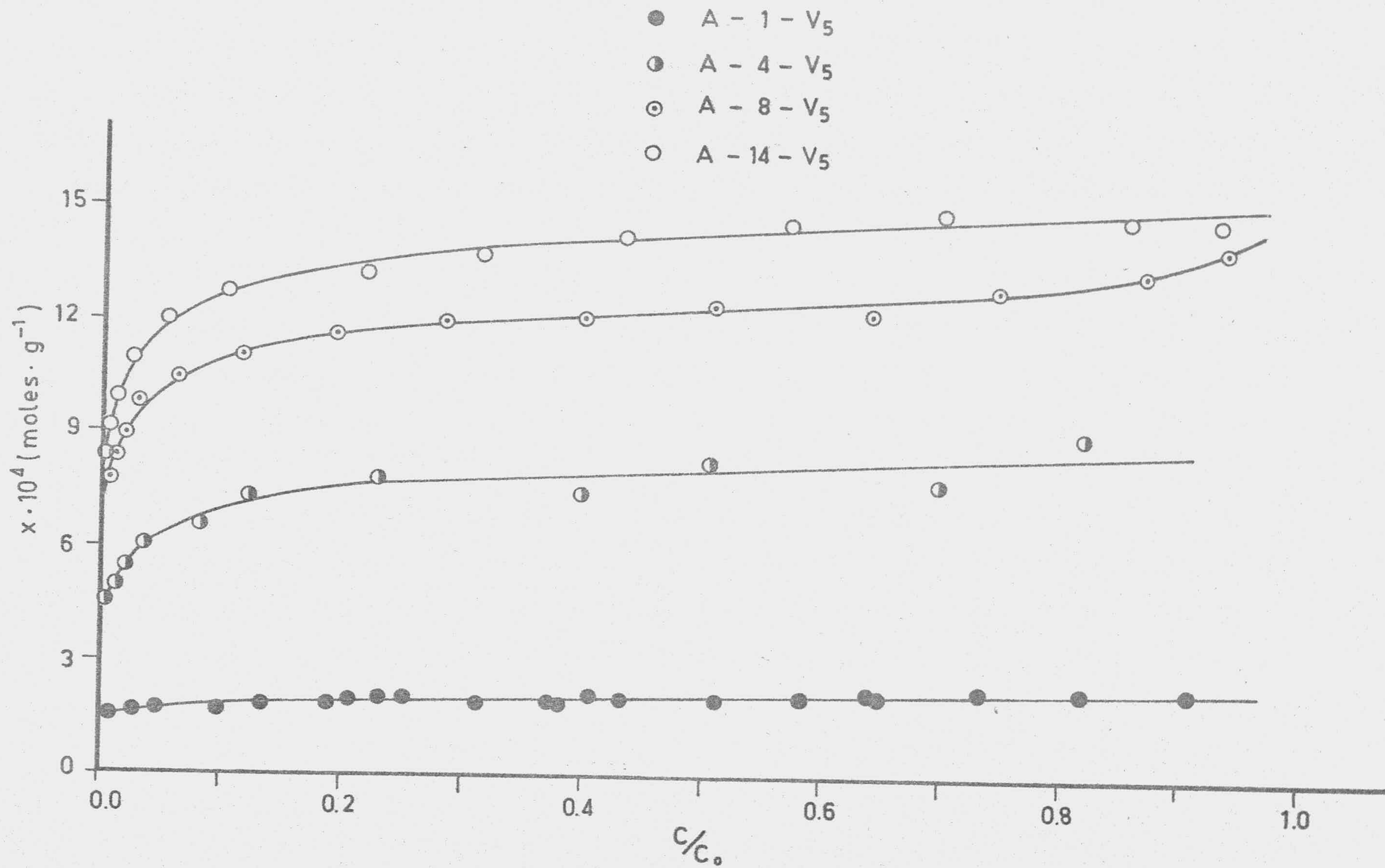
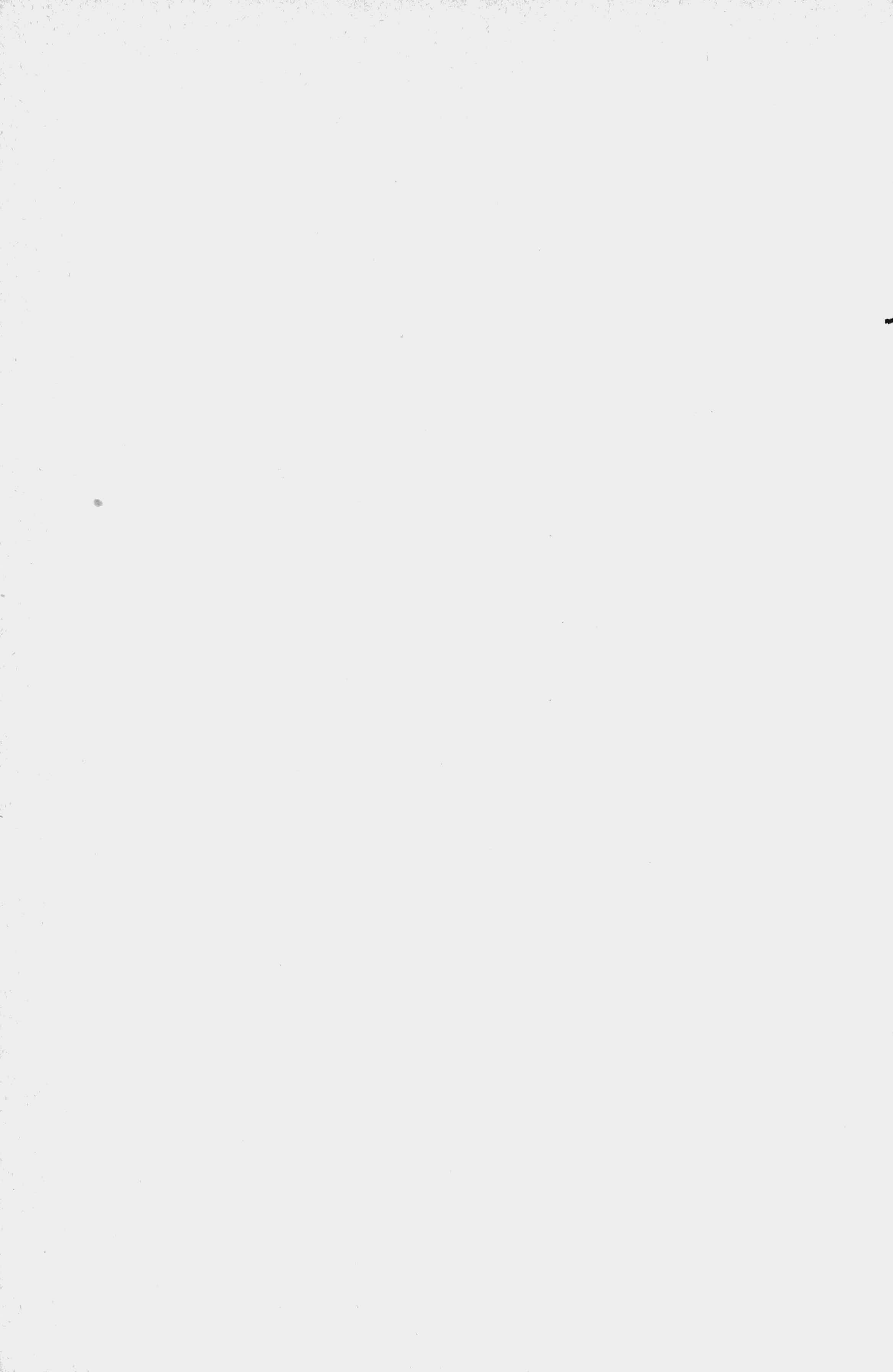


FIGURA 55.- Adsorción de p-nitrofenol a 298K

IV.- CALCULOS BASADOS EN LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES



IV.- CALCULOS BASADOS EN LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

A partir de los resultados experimentales que se encuentran en el apartado 3 se ha procedido al estudio de las propiedades que puedan definir las características físico-químicas de los carbones activos preparados por nosotros.

4.1.- SUPERFICIE DE LAS MUESTRAS ACCESIBLES A DIFERENTES ADSORBATOS

Para el estudio de la superficie se ha seguido la técnica de adsorción de gases a bajas temperaturas y la adsorción en disolución.

Como es bien sabido, la determinación de la superficie requiere el conocimiento de dos magnitudes: V_m , cantidad de gas adsorbido en CN de P y T por gramo de adsorbente, y A_m , que es la superficie ocupada por cada molécula del adsorbato.

Estas dos magnitudes se relacionan con la superficie mediante la expresión:

$$S = \frac{V_m \cdot N \cdot A_m \cdot 10^{-20}}{22.414} \quad (\text{m}^2 \text{ g}^{-1})$$

donde N representa el número de Avogadro.

Dependiendo de la forma en la que se encuentren empaquetadas las moléculas de adsorbato en la superficie del adsorbente,

los valores de A_m serán diferentes, razón por la que en la bibliografía aparecen distintos valores de la superficie ocupada por una misma molécula de adsorbato. En este trabajo hemos usado los valores indicados en la tabla 126 (60)(73)(74).

TABLA 126

SUPERFICIES CUBIERTAS POR UNA MOLECULA DE LOS
DIFERENTES ADSORBATOS USADOS

<u>Adsorbato</u>	<u>T^a (K)</u>	<u>A_m (nm²)</u>
N ₂	77	0.162
N ₂	90	0.170
CO ₂	273	0.187
p-Nitrofenol	298	0.525

Los métodos que hemos empleado para la determinación de V_m son los siguientes:

- A.- Método de Langmuir
- B.- Método de B.E.T.
- C.- Método de Dubinin-Radushkevich.

A.- METODO DE LANGMUIR

Sobre una base teórica, Langmuir desarrolló la siguiente ecuación (73):

$$\frac{P}{V} = \frac{1}{B \cdot V_m} + \frac{P}{V_m}$$

donde cada uno de los símbolos tiene un significado bien conocido.

En el caso de la adsorción del p-nitrofenol en disolución, esta ecuación puede transformarse en:

$$\frac{C}{X} = \frac{1}{B \cdot X_m} + \frac{C}{X_m}$$

donde:

C = Concentración del paranitrofenol en equilibrio con el adsorbente.

X = Cantidad retenida de paranitrofenol por gramo de adsorbente.

X_m = Capacidad límite de adsorción.

La representación de $P/V = f(P)$ o de $C/X = f(C)$ nos permite calcular V_m o X_m .

B.- METODO DE B.E.T.

Brunauer, Emmett y Teller desarrollaron la siguiente ecuación (75):

$$\frac{P}{V(P_0 - P)} = \frac{1}{V_m \cdot C} + \frac{C-1}{V_m \cdot C} \cdot \frac{P}{P_0}$$

Al representar gráficamente $P/V(P_0 - P) = f(P/P_0)$ se obtiene una línea recta de pendiente $C-1/V_m \cdot C$ y ordenada en el origen $1/V_m \cdot C$. Operando con dichos datos se puede calcular el valor de V_m .

C.- METODO DE DUBININ-RADUSHKEVICH

La ecuación desarrollada por Dubinin (51) está basada en la teoría del potencial de adsorción de Polanyi (76). Esta teoría fue sugerida, en principio, para adsorbentes microporosos, en los

cuales parece cumplirse mejor que otras teorías de adsorción (12).

La ecuación viene dada por:

$$\lg V = \lg V_0 - D \lg^2 (P/P_0)$$

donde cada uno de los símbolos de la ecuación tiene un significado conocido.

Al representar gráficamente $\log V = f(\log^2 P/P_0)$ se obtiene una línea recta cuya pendiente, D , nos da una medida del tamaño medio de los poros del adsorbente. La ordenada en el origen, V_0 , nos proporciona el valor considerado como el volumen de microporos contenido en el adsorbente.

4.1.1.- SUPERFICIES DE LAS MUESTRAS A PARTIR DE LAS ISOTERMAS DE N_2 A 77K Y 90K

La aplicación de los tres métodos anteriormente citados a los datos obtenidos a partir de los experimentales, nos ha proporcionado los valores del volumen de la monocapa, V_m , para cada uno de los casos estudiados. A los valores de V_m calculados a partir de la ecuación de Langmuir, de B.E.T. o de Dubinin, las denominaremos V_L , $V_{B.E.T.}$ y V_{D-R} respectivamente.

Dichos valores, así como los correspondientes a las superficies calculadas a partir de los mismos, están contenidos en las tablas 127, 128, 129 y 130. También se incluyen en las citadas tablas los valores calculados para D al aplicar la ecuación de Dubinin-Radushkevich.

TABLA 127

VALORES DE LA MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE LAS DISTINTAS MUESTRAS CARBONIZADAS

Tipo de madera	Tiempo de carbonización	Temperatura de carbonización	Langmuir		B.E.T.		D-R	
			V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	(V) _{oliquidado}	S _{D-R}
Madera joven	1h	500	90	393	62'8	273	0'12	330
		600	118	513	94'8	413	0'20	542
		700	106	459	79'9	348	0'16	440
		800	114	496	96'3	419	0'19	511
		900	117	510	89'6	390	0'19	511
		1000	58	250	45'4	198	0'09	242
Madera vieja	1h	500	85	370	59'7	260	0'13	346
		600	123	536	103'4	450	0'19	536
		700	120	523	101'0	440	0'19	523
		800	124	541	101'8	443	0'20	542
		900	128	557	106'7	465	0'20	549
		1000	95	414	77'5	337	0'15	402
Madera joven	8h	800	136	591	109'2	475	0'21	567
Madera vieja	8h	800	145	629	122'6	533	0'22	608

TABLA 128

VALORES DE MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE LOS ACTIVADOS

Muestra	N ₂ A 77°K							N ₂ A 90°K							CO ₂ A 273°K	
	LANGMUIR		B.E.T.		D-R			LANGMUIR		B.E.T.		D-R			D-R	
	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	(V _o) liq.	S _{D-R}	D × 10 ²	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	S _{D-R}	D × 10 ²	(V _o) liq.	S _{D-R}	
A-1-J ₅ ¹	131	571	110	480	0'20	545	1'7	119	542	103	471	562	2'25	0'17	480	
A-4-J ₅ ¹	154	671	123	535	0'23	631	2'8	135	616	117	536	621	2'13	0'18	502	
A-8-J ₅ ¹	172	749	136	590	0'25	676	2'4	146	668	127	581	673	2'44	0'18	514	
A-14-J ₅ ¹	175	758	137	596	0'25	686	2'2	150	686	131	599	680	2'24	0'21	590	
A-1-V ₅ ¹	127	552	108	469	0'20	544	2'5	113	514	98	448	529	1'75	0'19	529	
A-4-V ₅ ¹	149	646	120	524	0'22	606	2'5	132	602	114	522	605	1'78	0'20	564	
A-8-V ₅ ¹	154	668	125	545	0'23	622	2'1	136	621	119	542	624	1'98	0'20	570	
A-14-V ₅ ¹	174	757	142	617	0'26	709	2'4	152	693	133	609	676	1'94	0'21	577	

VALORES DE MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE LOS ACTIVADOS

Muestra	N ₂ A 77°K							N ₂ A 90°K							CO ₂ A 273°K	
	LANGMUIR		B.E.T.		D-R			LANGMUIR		B.E.T.		D-R			D-R	
	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	(V ₀) liq.	S _{D-R}	D x 10 ²	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	S _{D-R}	D x 10 ²	(V ₀) liq.	S _{D-R}	
A-1-J ₂ ¹	132	575	110	480	0'20	553	2'4	120	546	103	471	555	1'9	0'17	491	
A-4-J ₂ ¹	155	675	126	549	0'23	640	3'1	139	636	122	556	644	2'2	0'18	520	
A-8-J ₂ ¹	180	783	141	617	0'26	702	2'6	155	706	134	613	716	2'8	0'19	526	
A-14-I ₂ ¹	196	854	149	653	0'27	742	2'6	187	854	140	653	742	2'7	0'20	557	
A-1-V ₂ ¹	141	613	117	507	0'21	581	1'6	128	586	113	514	590	1'6	0'20	557	
A-4-V ₂ ¹	148	642	120	522	0'22	600	1'9	129	590	112	511	602	1'7	0'20	570	
A-8-V ₂ ¹	173	753	136	591	0'25	676	2'0	141	643	123	560	648	2'2	0'20	577	
A-14-V ₂ ¹	186	809	145	633	0'26	717	2'2	155	708	136	621	713	2'2	0'21	597	

TABLA 129

VALORES DE MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE LOS ACTIVADOS

Muestra	N ₂ A 77°K							N ₂ A 90°K							CO ₂ A 273°K	
	LANGMUIR		B.E.T.		D-R			LANGMUIR		B.E.T.		D-R			D-R	
	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	(V _o) liq.	S _{D-R}	D x 10 ²	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	S _{D-R}	D x 10 ²	(V _o) liq.	S _{D-R}	
A-1-J ₅ ⁸	137	596	120	523	0'22	596	2'1	132	572	110	503	581	1'6	0'19	526	
A-4-J ₅ ⁸	154	668	124	541	0'22	618	1'9	144	626	119	544	621	2'2	0'19	538	
A-8-J ₅ ⁸	157	683	128	559	0'24	649	2'1	147	639	120	550	643	2'0	0'20	570	
A-14-J ₅ ⁸	171	745	141	613	0'25	698	2'4	157	682	130	592	691	2'4	0'21	590	
A-1-V ₅ ⁸	136	591	119	517	0'21	581	2'8	128	557	109	496	562	1'4	0'19	538	
A-4-V ₅ ⁸	153	665	123	534	0'22	610	1'5	145	630	120	548	639	2'2	0'20	564	
A-8-V ₅ ⁸	162	703	131	568	0'25	684	3'0	148	643	123	562	652	1'9	0'21	597	
A-14-V ₅ ⁸	264	1149	196	854	0'37	1004	3'8	222	964	184	840	956	3'2	0'24	678	

TABLA 130

VALORES DE MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE LOS ACTIVADOS

Muestra	N ₂ A 77°K							N ₂ A 90°K						CO ₂ A 273°K	
	LANGMUIR		B.E.T.		D-R			LANGMUIR		B.E.T.		D-R		D-R	
	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	(V _o) liq.	S _{D-R}	D x 10 ²	V _L	S _L	V _{BET}	S _{BET}	S _{D-R}	D x 10 ²	(V _o) liq.	S _{D-R}
A-1-J ₅	137	594	114	496	0'20	561	1'6	125	544	104	476	532	1'2	0'19	526
A-4-J ₅	155	672	123	536	0'23	620	2'6	137	596	114	523	573	1'8	0'19	545
A-8-J ₅	174	756	138	600	0'25	692	2'8	156	680	131	597	662	1'4	0'20	564
A-14-J ₅	183	794	141	616	0'26	727	3'0	165	719	137	628	687	1'8	0'21	590
A-1-V ₅	129	560	111	484	0'20	552	1'4	127	551	106	482	562	1'5	0'19	545
A-4-V ₅	152	660	124	538	0'23	624	2'3	143	621	119	544	620	1'7	0'20	551
A-8-V ₅	161	699	128	559	0'24	654	1'7	148	645	123	562	654	1'9	0'21	584
A-14-V ₅	183	794	144	626	0'27	732	1'8	167	726	139	634	732	2'0	0'23	655

Como ejemplo ilustrativo, en las figuras 56 a 73 se exponen algunas rectas, a partir de las cuales se han determinado los valores de V_m , los cuales nos han permitido el cálculo de las citadas superficies.

4.1.2.- SUPERFICIES DE LAS MUESTRAS A PARTIR DE LAS ISOTERMAS DE CO_2 A 273K

Dado que en este caso solo pueden conseguirse, como máximo, presiones relativas de equilibrio del orden de 3×10^{-2} , hemos aplicado el método de Dubinin-Radushkevich a los datos de adsorción de CO_2 sobre las muestras activadas, los cuales se encontraban recogidos en las tablas 46 a 61.

Los valores de las superficies determinadas fueron incluidos en las tablas 128, 129 y 130.

De todas las representaciones que se han realizado para obtener los valores de V_{D-R} solo exponemos, a título de ejemplo, las que se indican en las figuras 74 y 75.

4.1.3.- SUPERFICIES DE LAS MUESTRAS A PARTIR DE LAS ISOTERMAS DE p-NITROFENOL A 298K

El cálculo de las superficies accesibles a las moléculas de p-nitrofenol para algunos carbonizados y para todos los activados, se ha realizado a partir de la adsorción del p-nitrofenol en disolución acuosa sobre las citadas muestras.

Para ello, se ha determinado previamente la cantidad de p-nitrofenol retenido por gramo de muestra (X_m) en la zona correspon

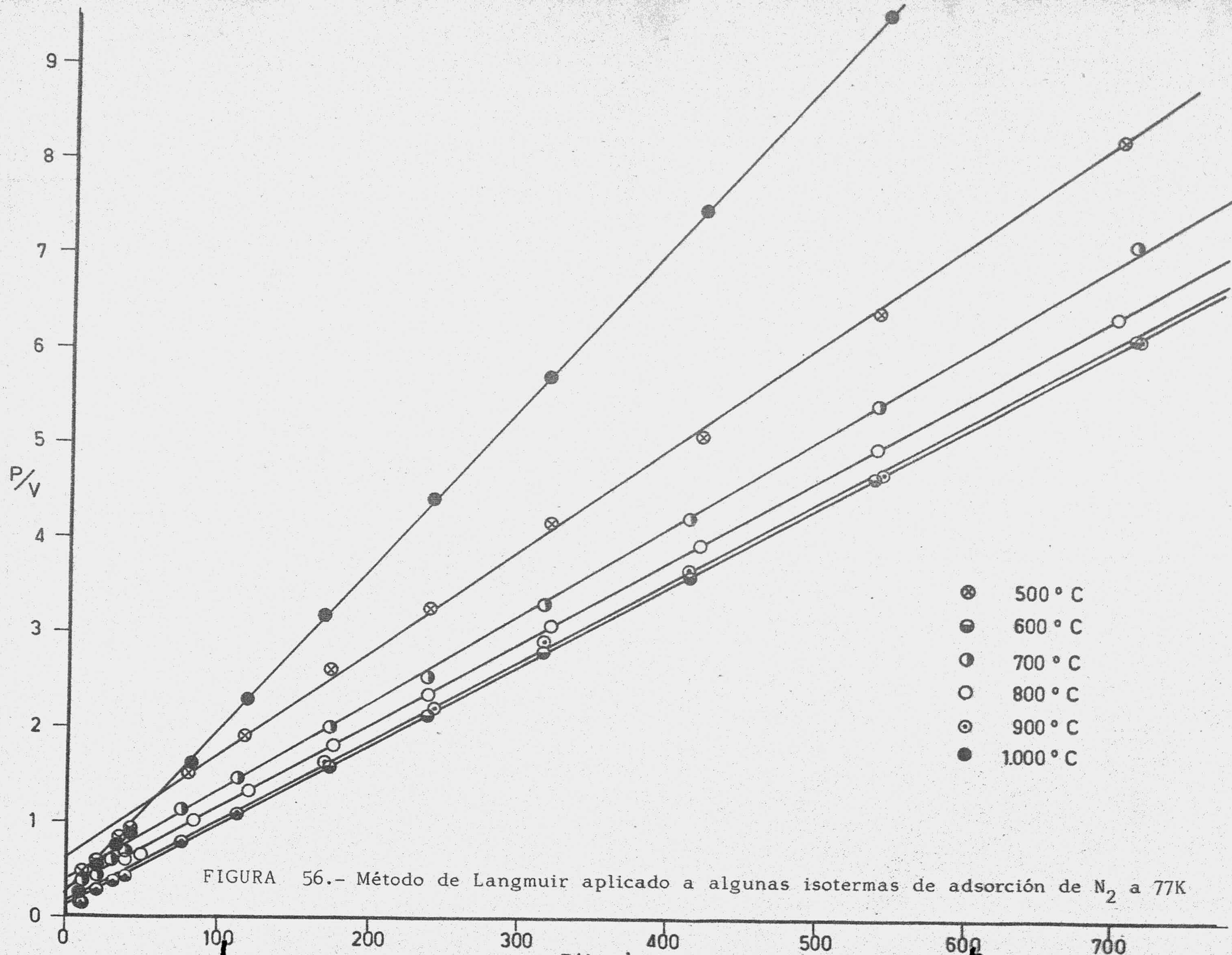


FIGURA 56.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de N_2 a 77K

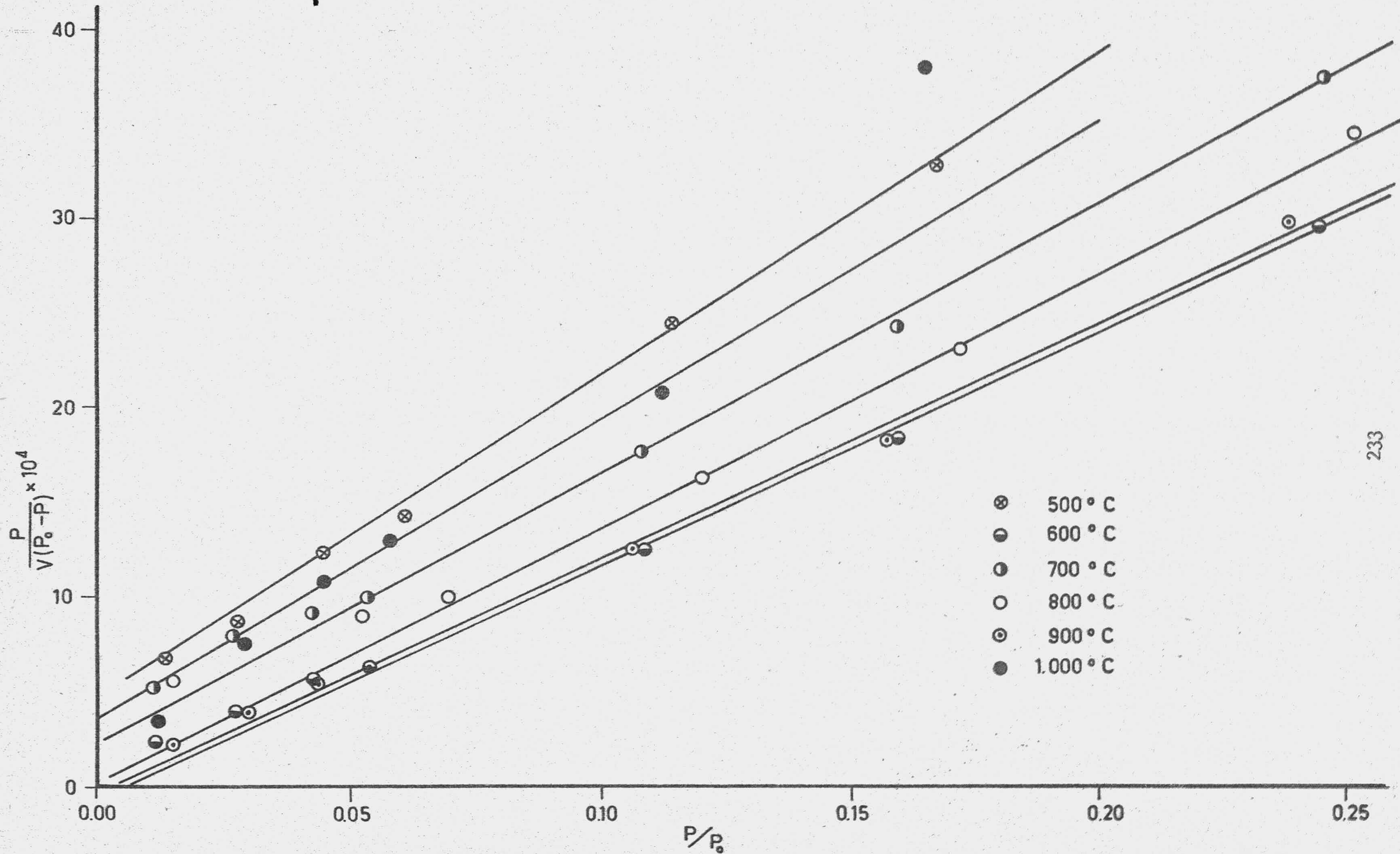


FIGURA 57.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isotermas de adsorción de N_2 a 77K

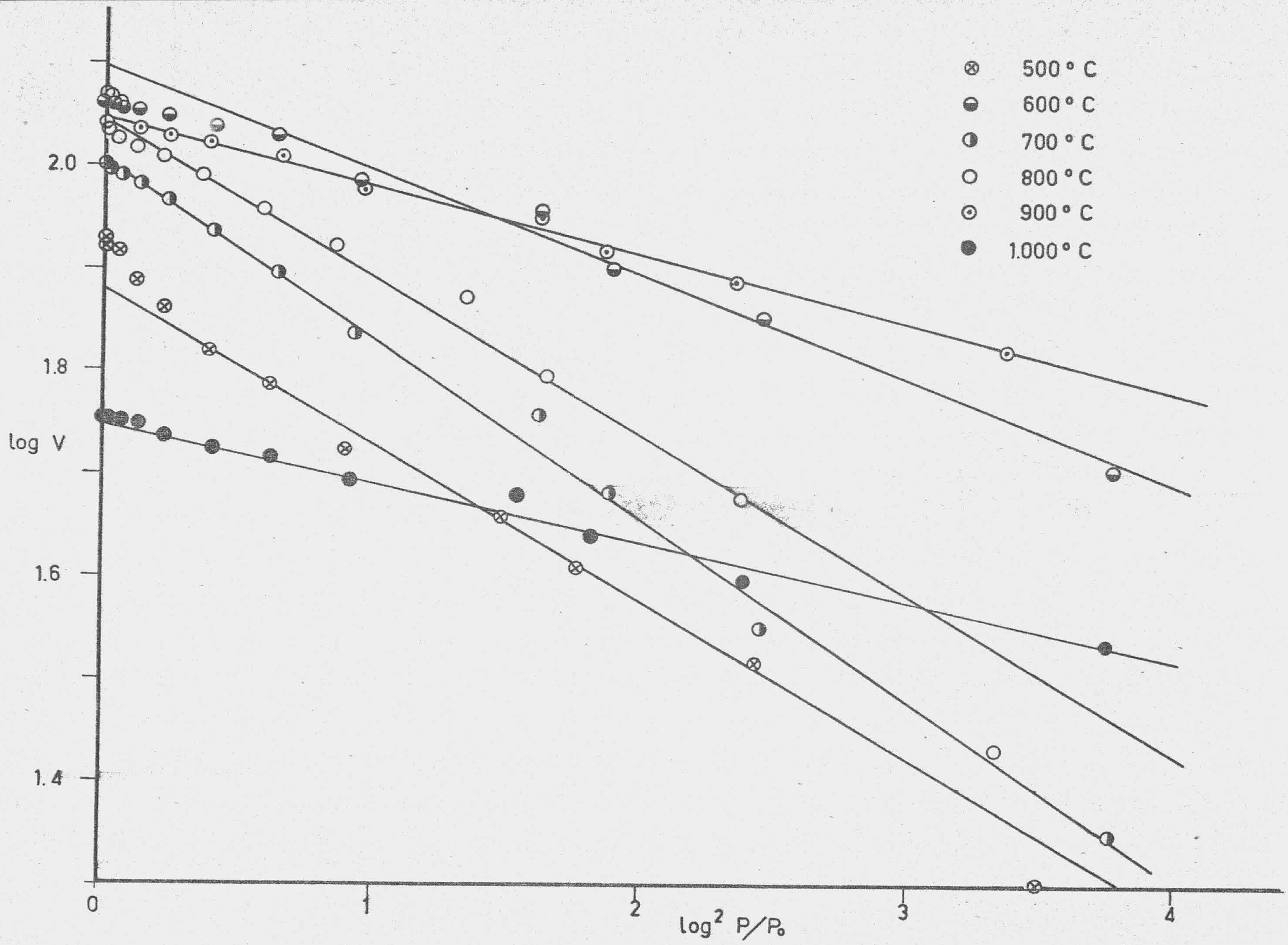


FIGURA 58.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isotermas de adsorción de N_2 a 77K

FIGURA 59.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de N₂ a 77 k

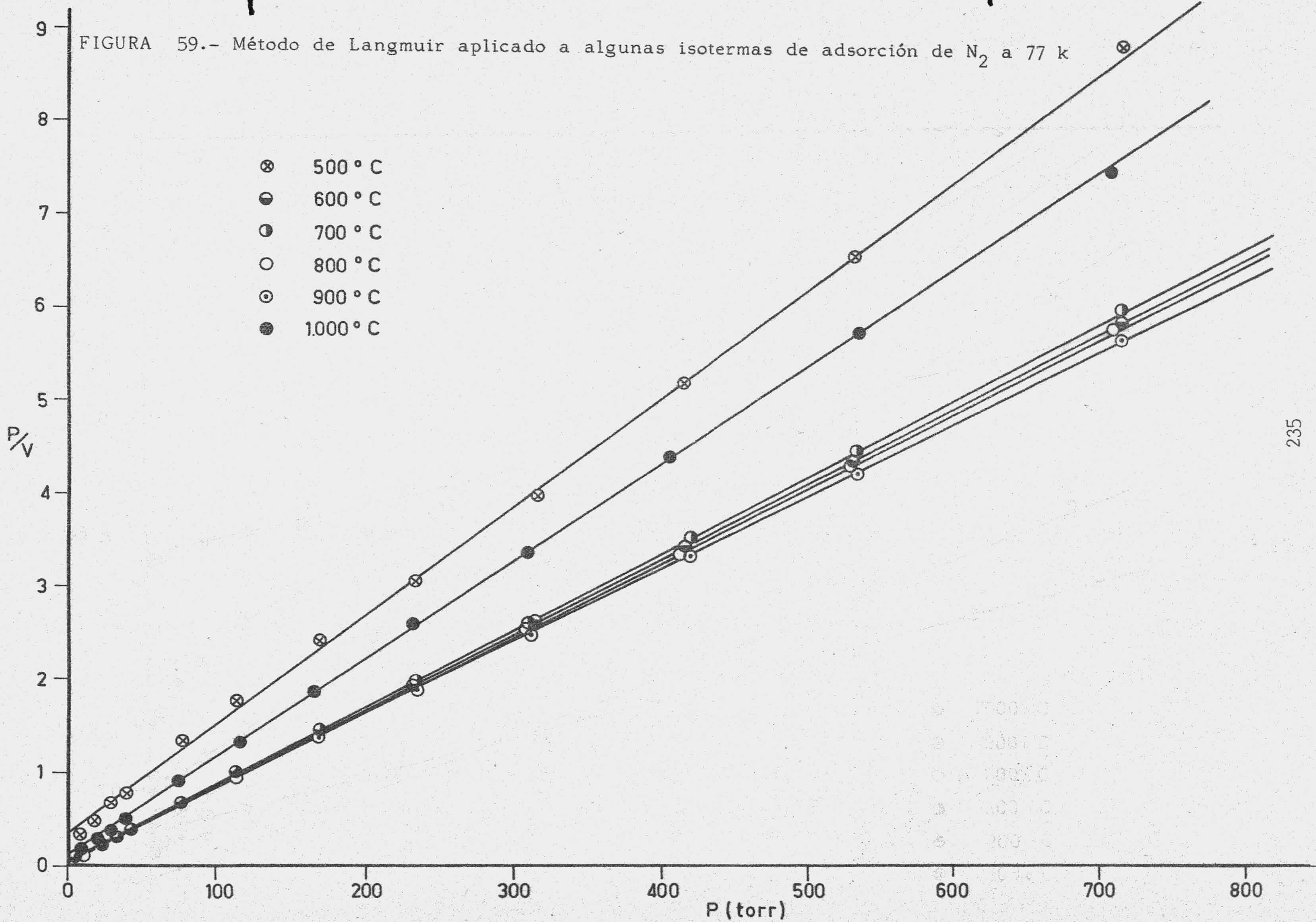


FIGURA 60.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isotermas de adsorción de N₂ a 77K

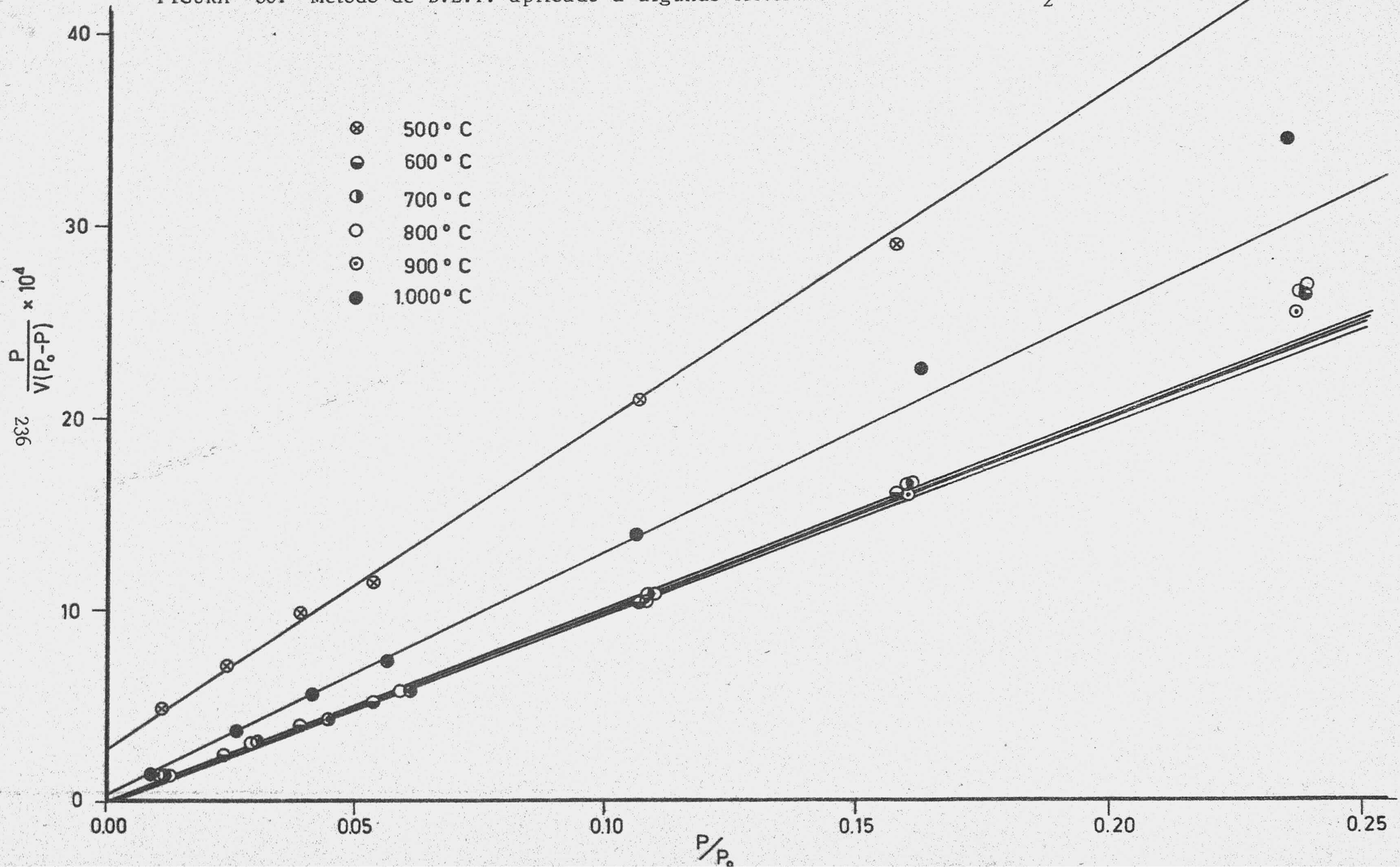
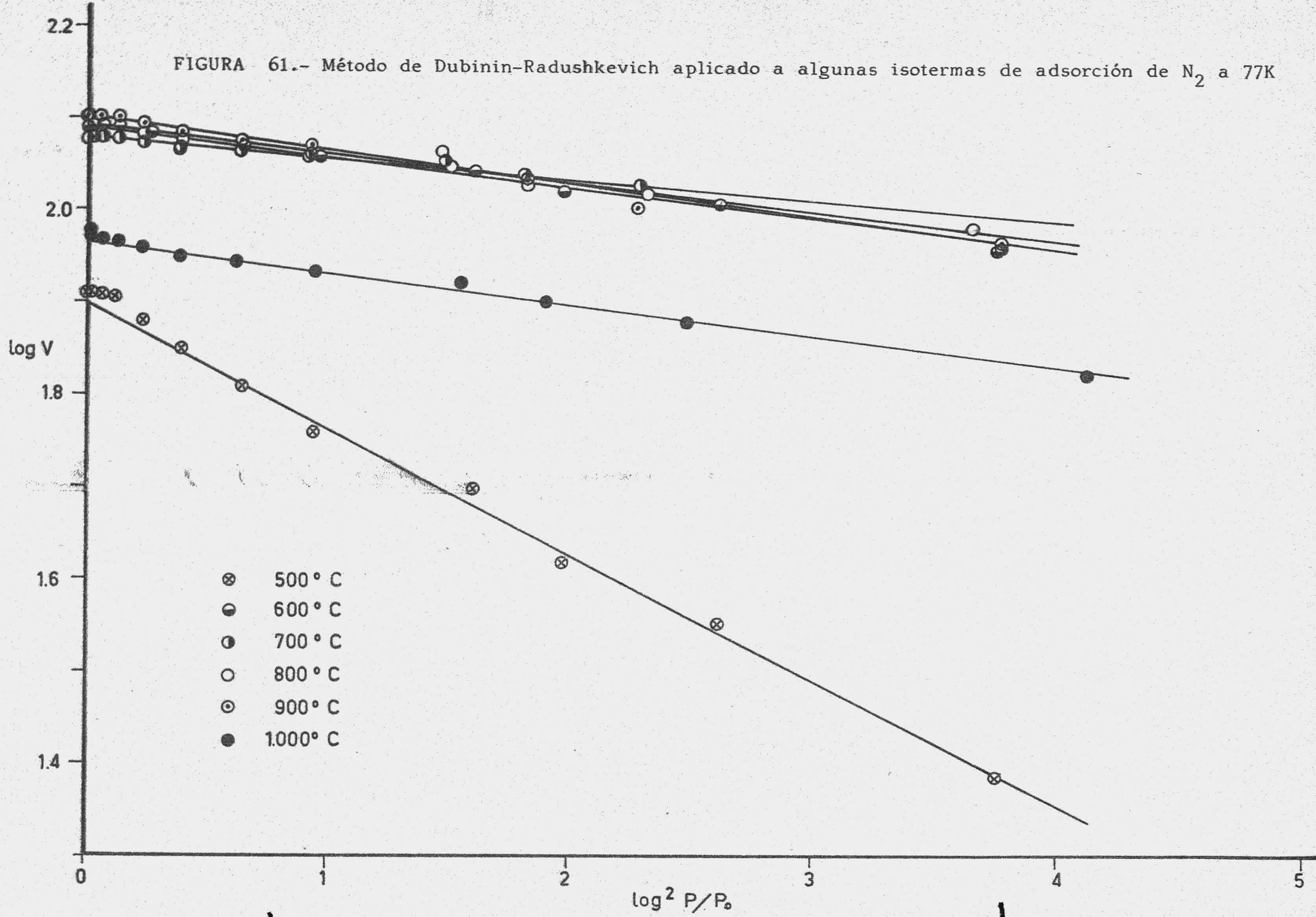


FIGURA 61.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isotermas de adsorción de N_2 a 77K



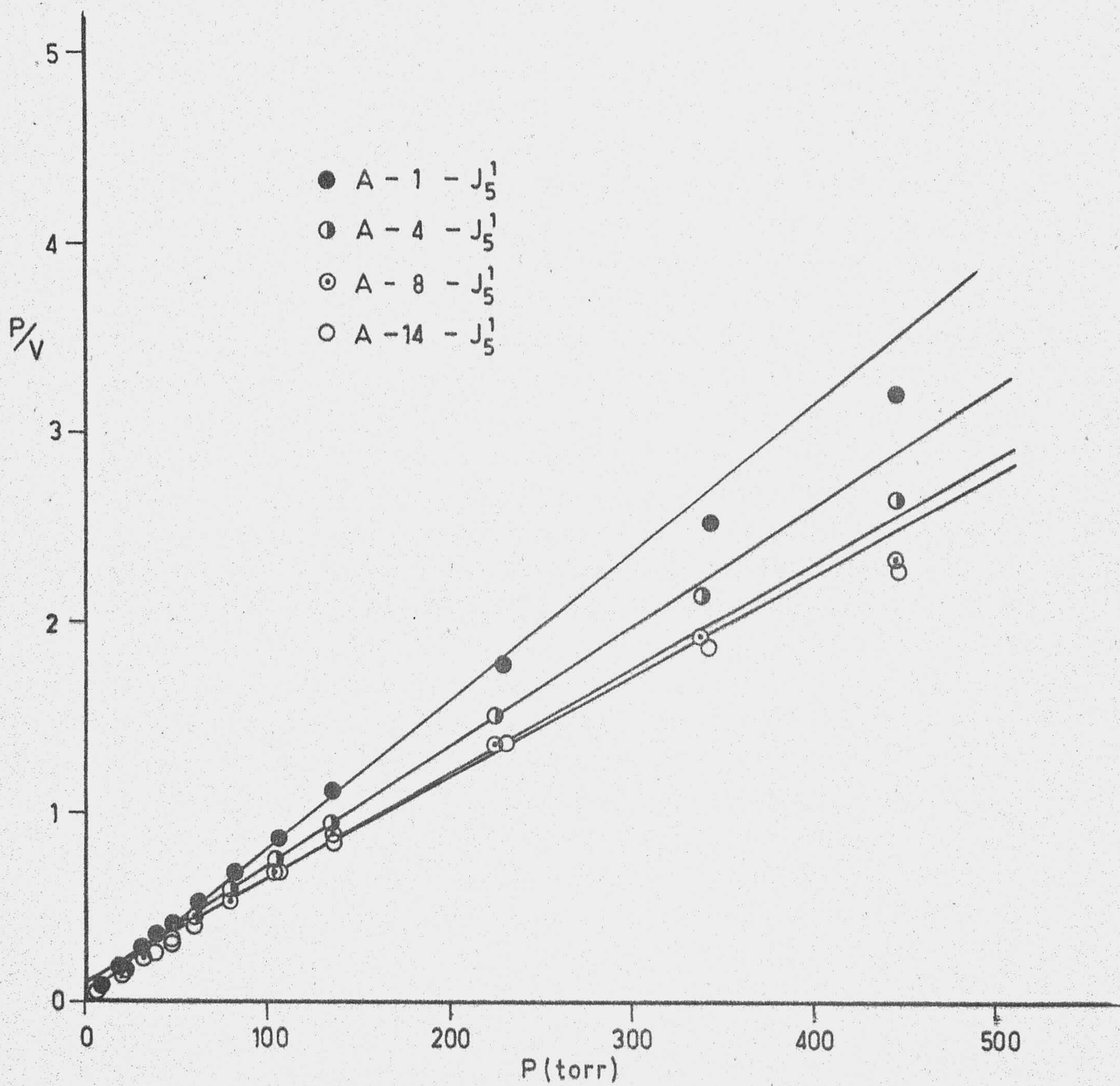


FIGURA 62.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de N₂ a 77K

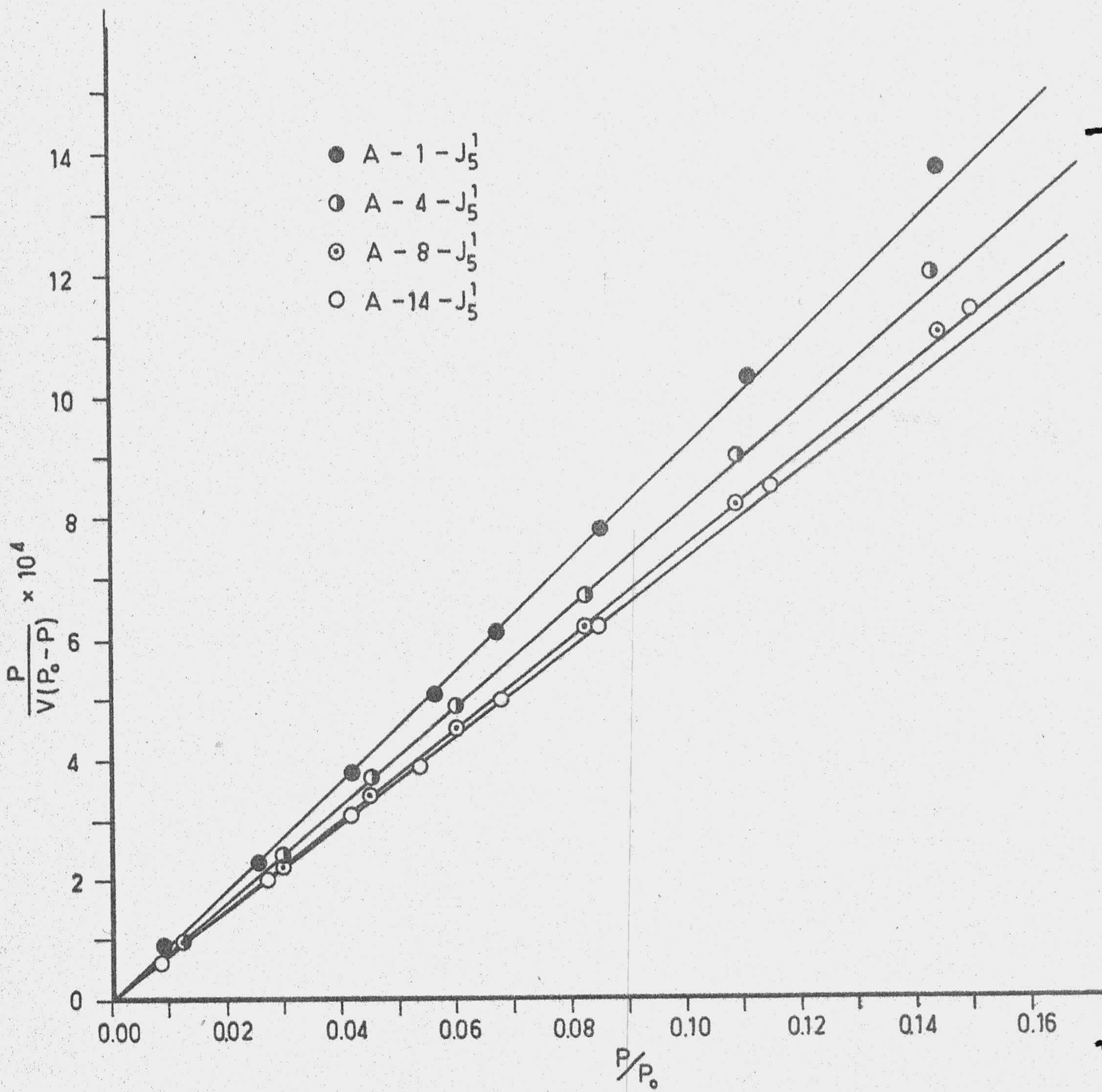


FIGURA 63.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isothermas de adsorción de N₂ a 77K

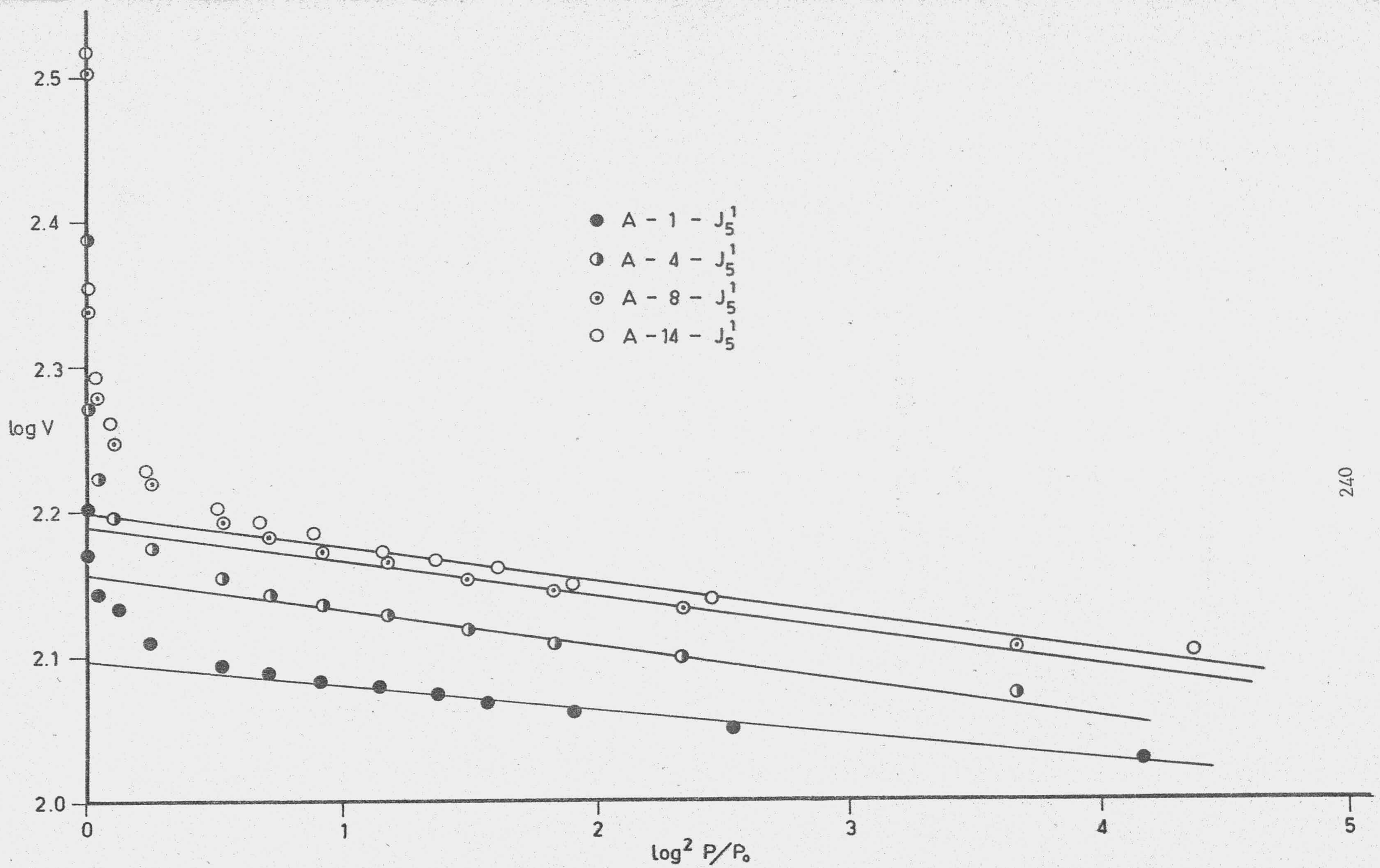


FIGURA 64.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a lagunas isotermas de adsorción de N₂ a 77K

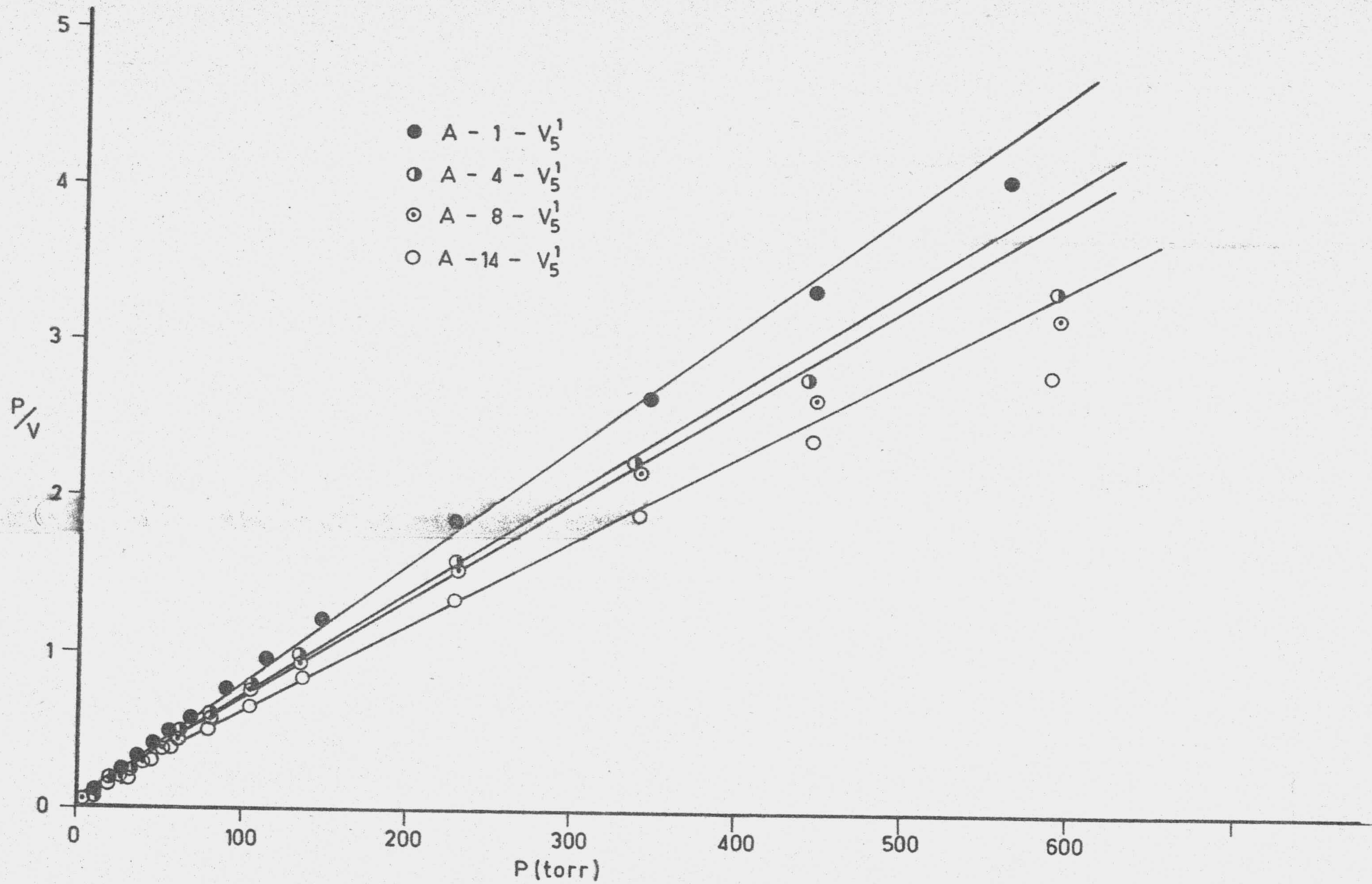


FIGURA 65.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de N_2 a 77K

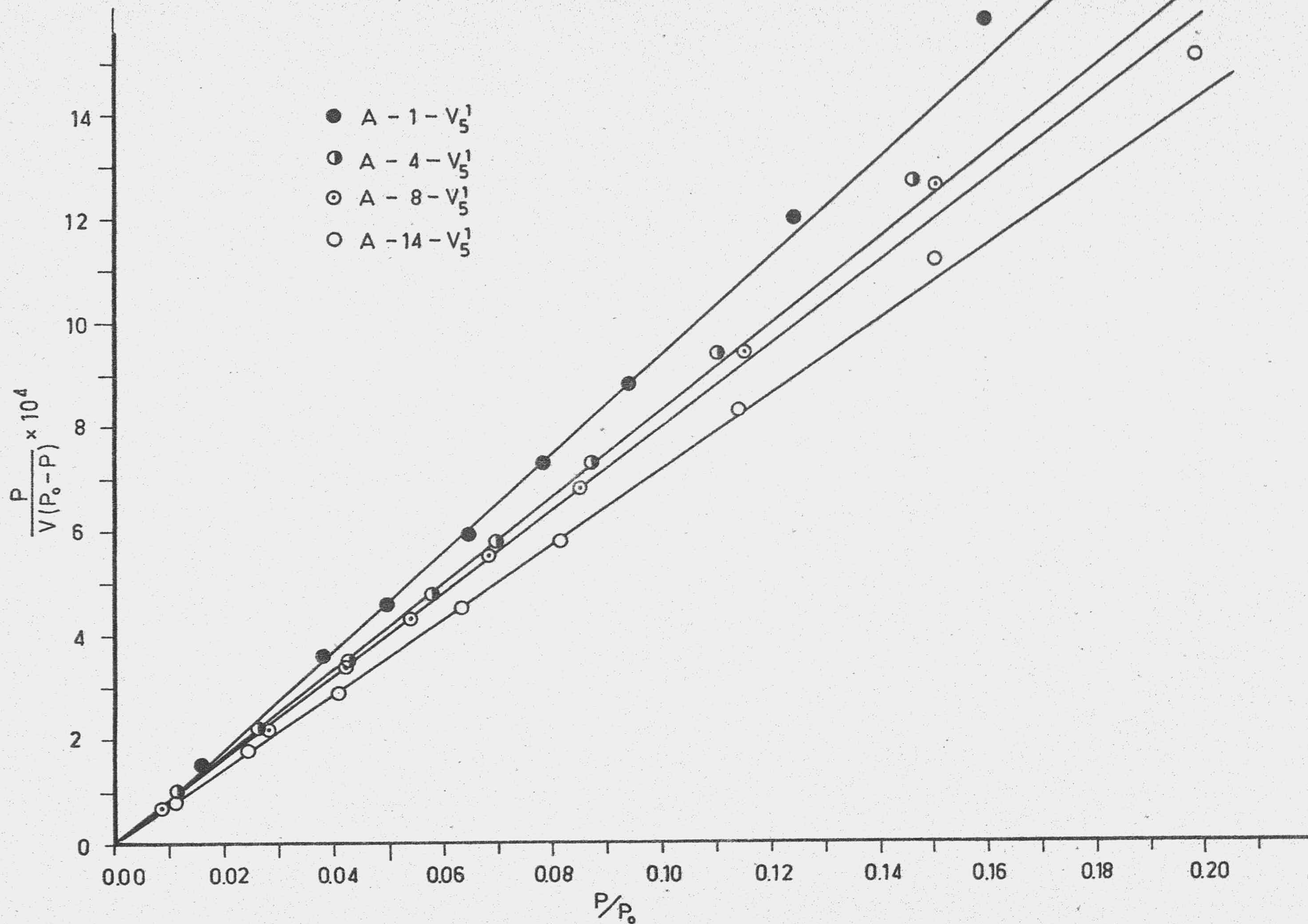


FIGURA 66.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isothermas de adsorción de N₂ a 77K

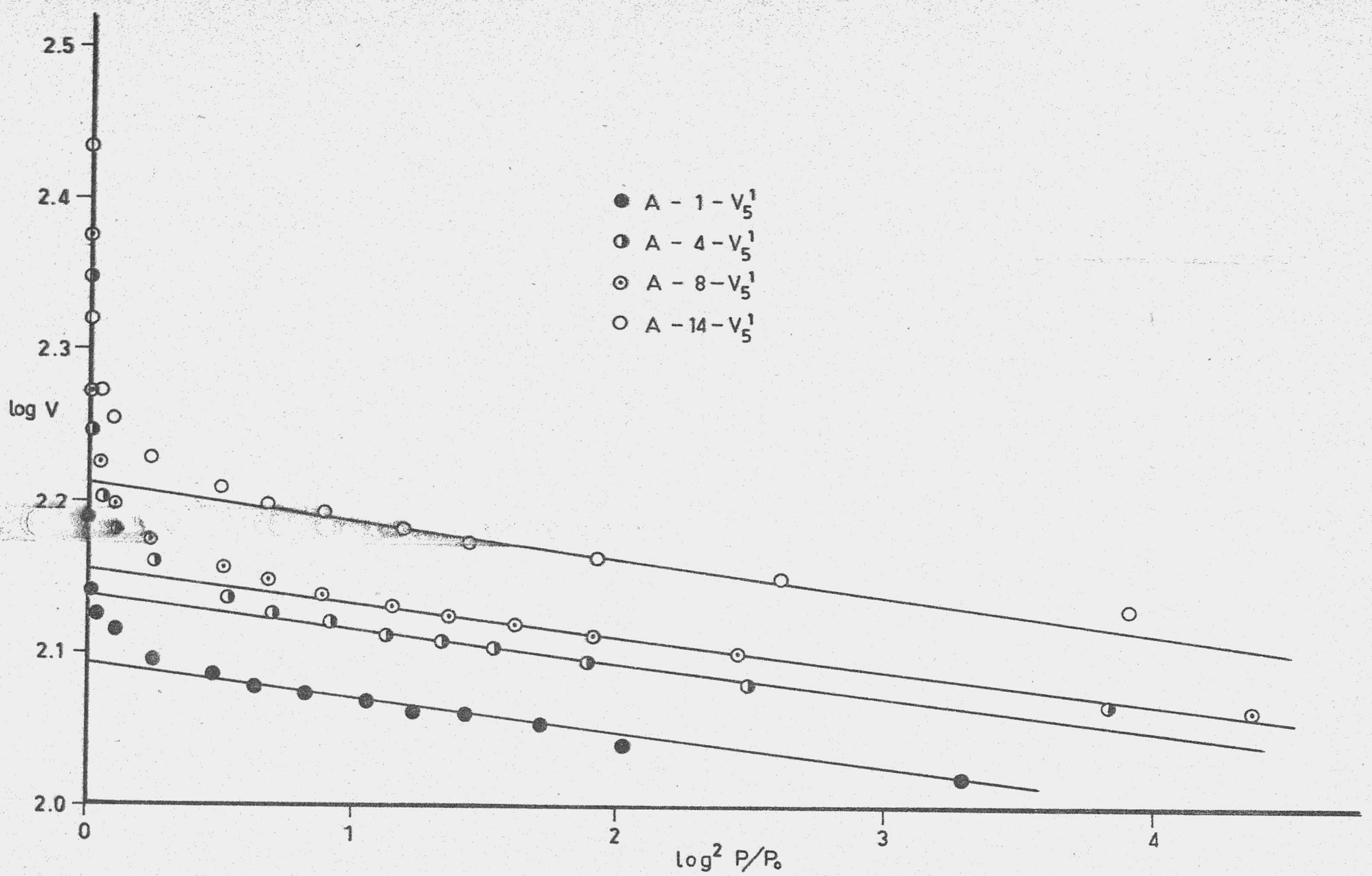


FIGURA 67.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isothermas de adsorción de N_2 a 77K

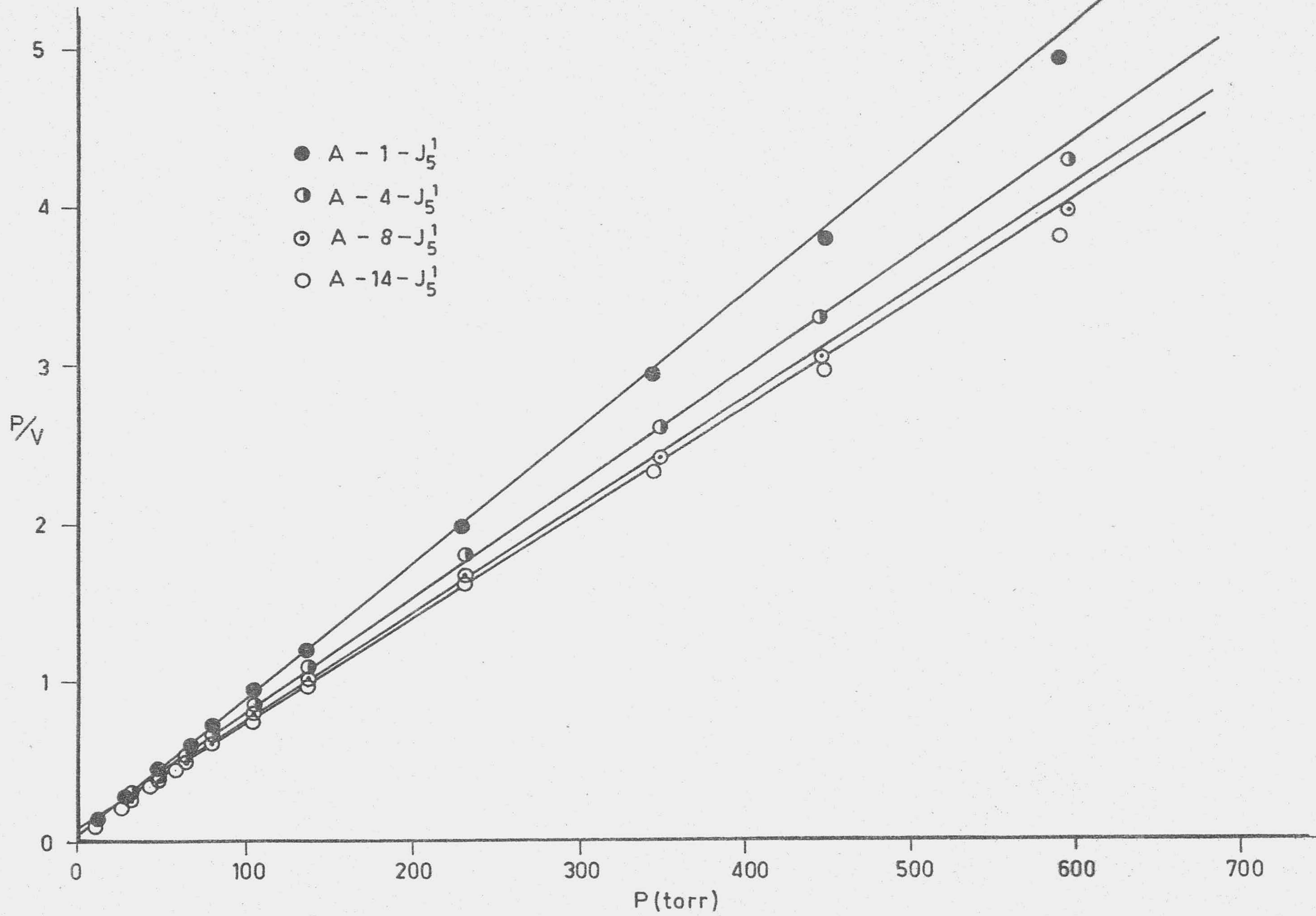


FIGURA 68.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de N₂ a 77K

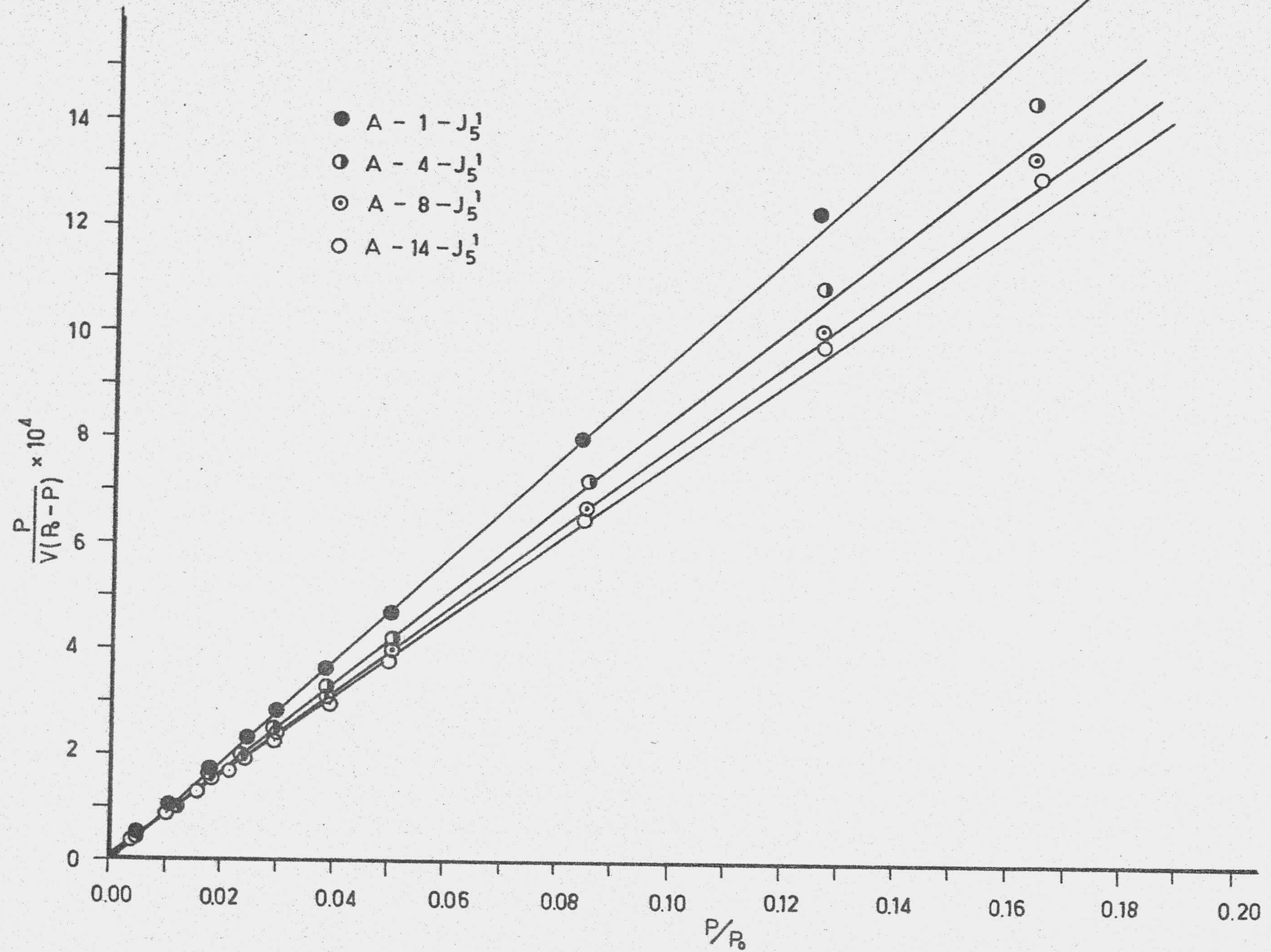


FIGURA 69.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isothermas de adsorción de N₂ a 90K

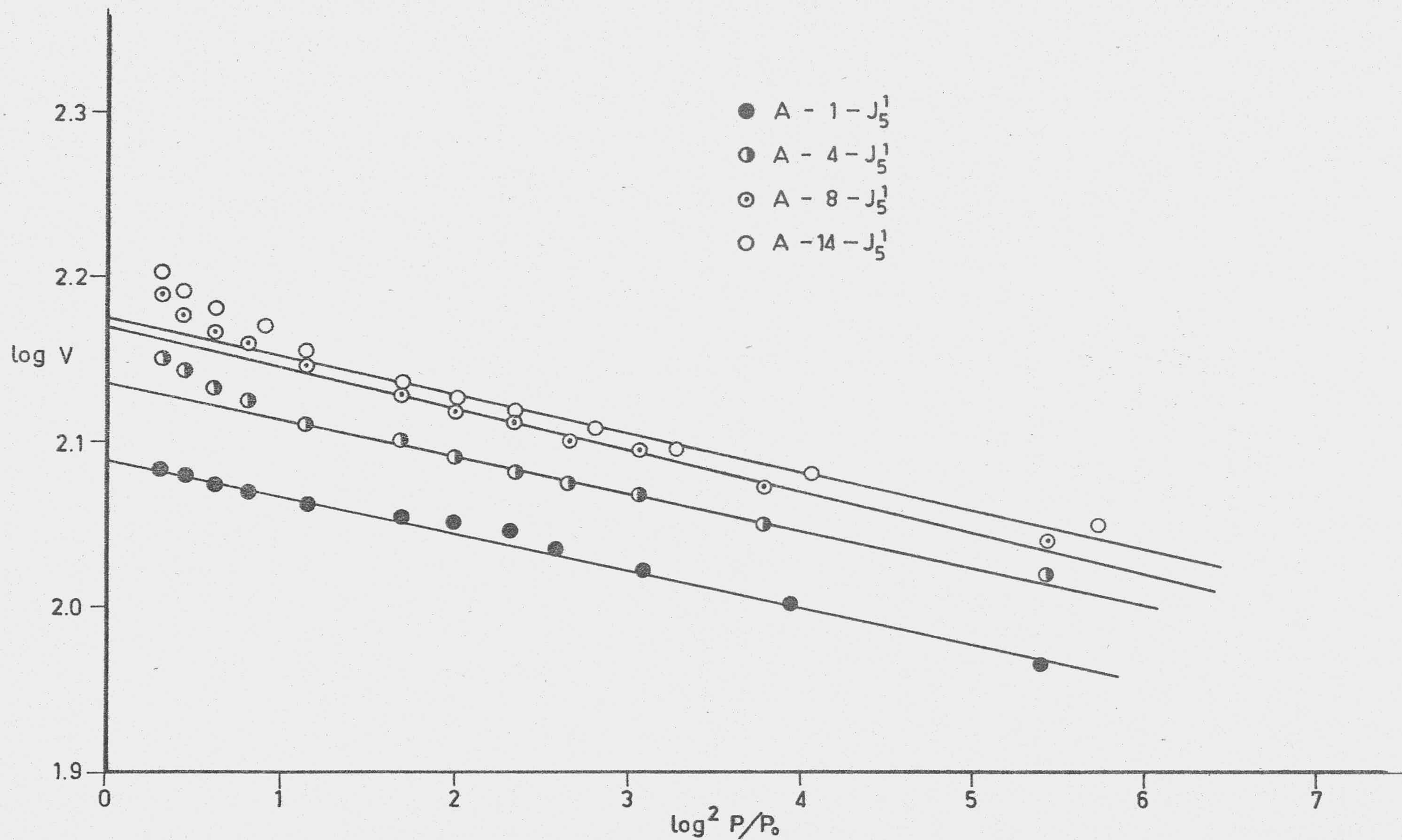


FIGURA 70.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isothermas de adsorción de N₂ a 90K

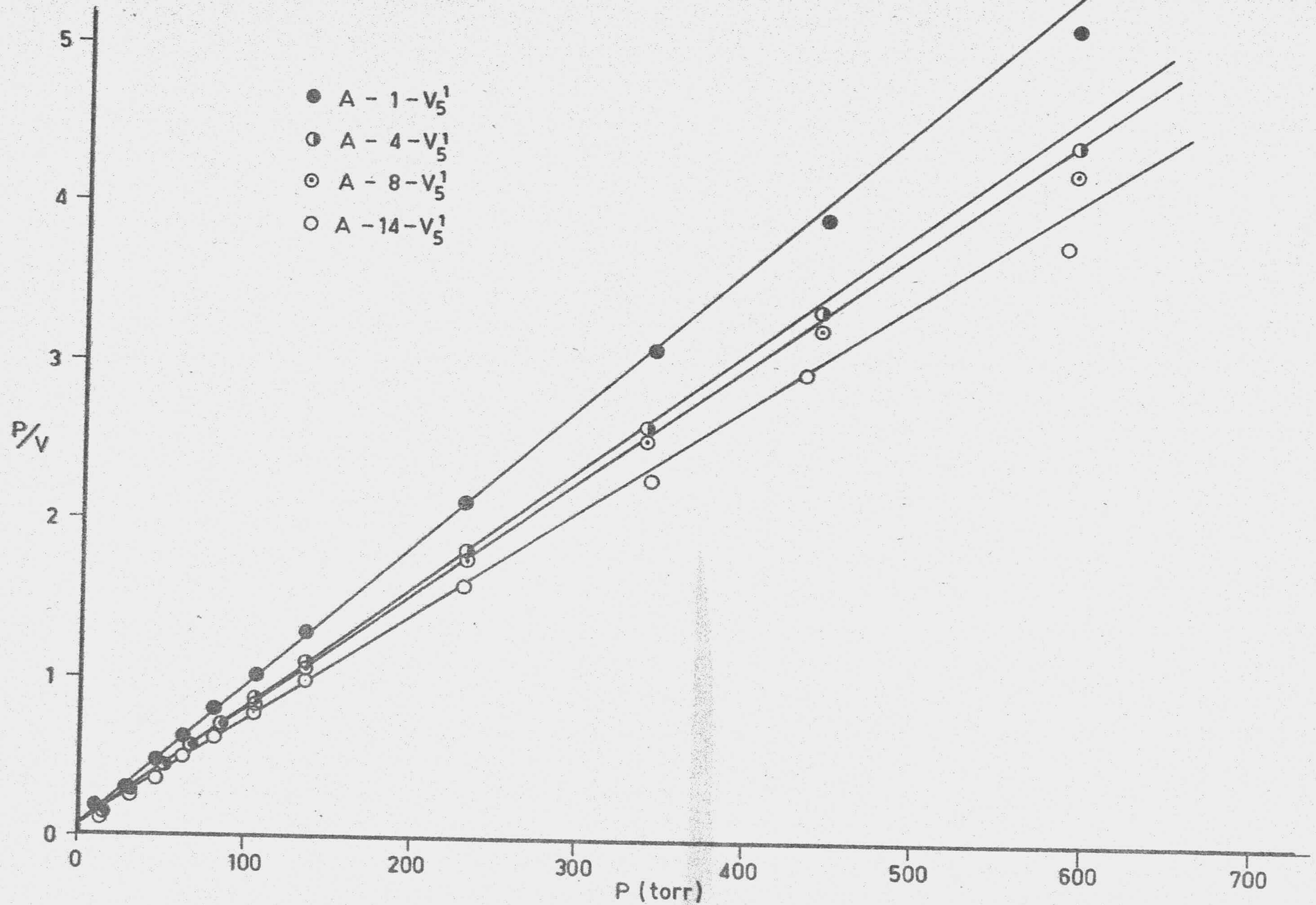


FIGURA 71.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de N_2 a 90K

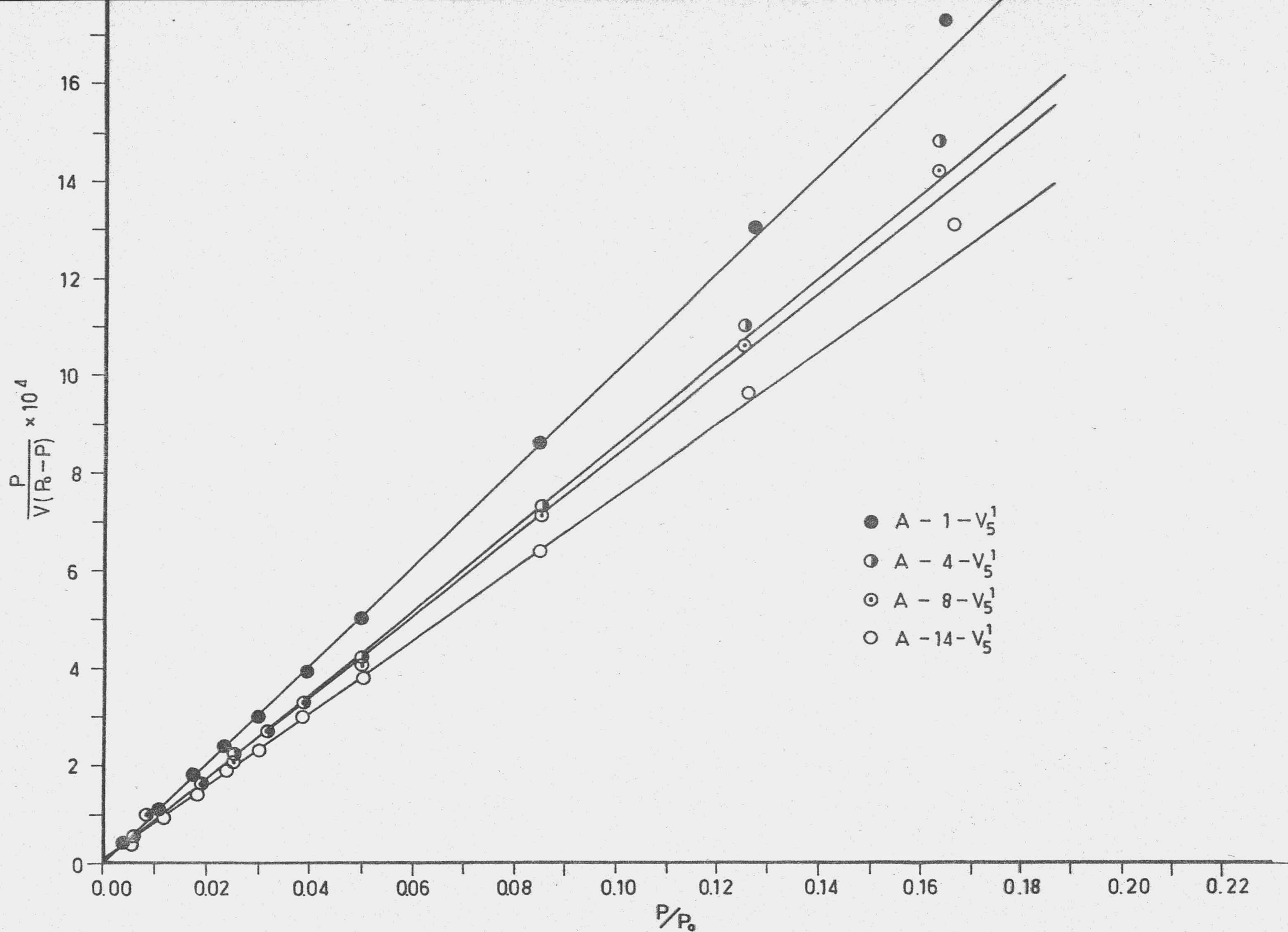


FIGURA 12.- Método de B.E.T. aplicado a algunas isothermas de adsorción de N_2 a 90K

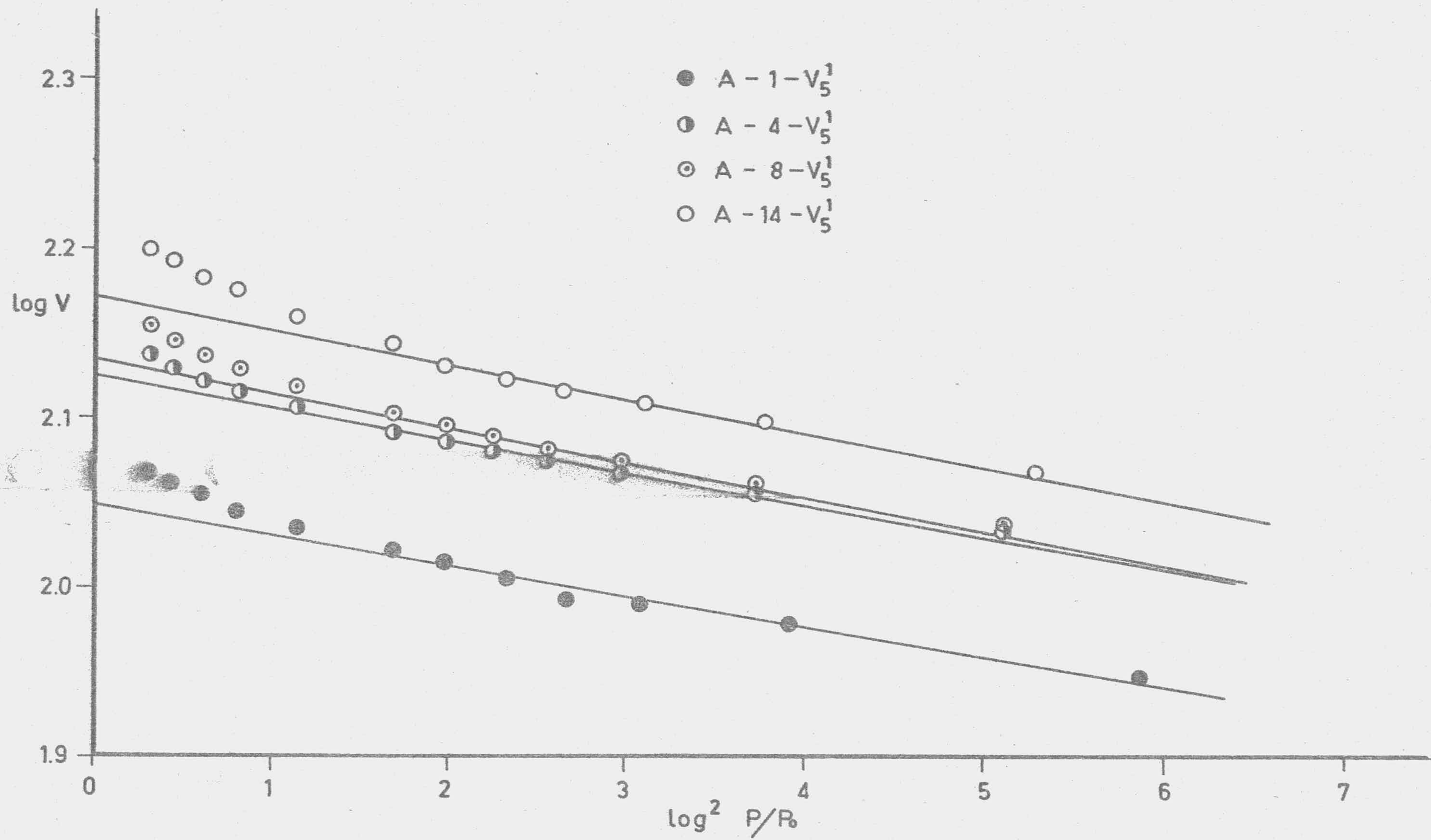


FIGURA 73.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isothermas de adsorción de N₂ a 90K

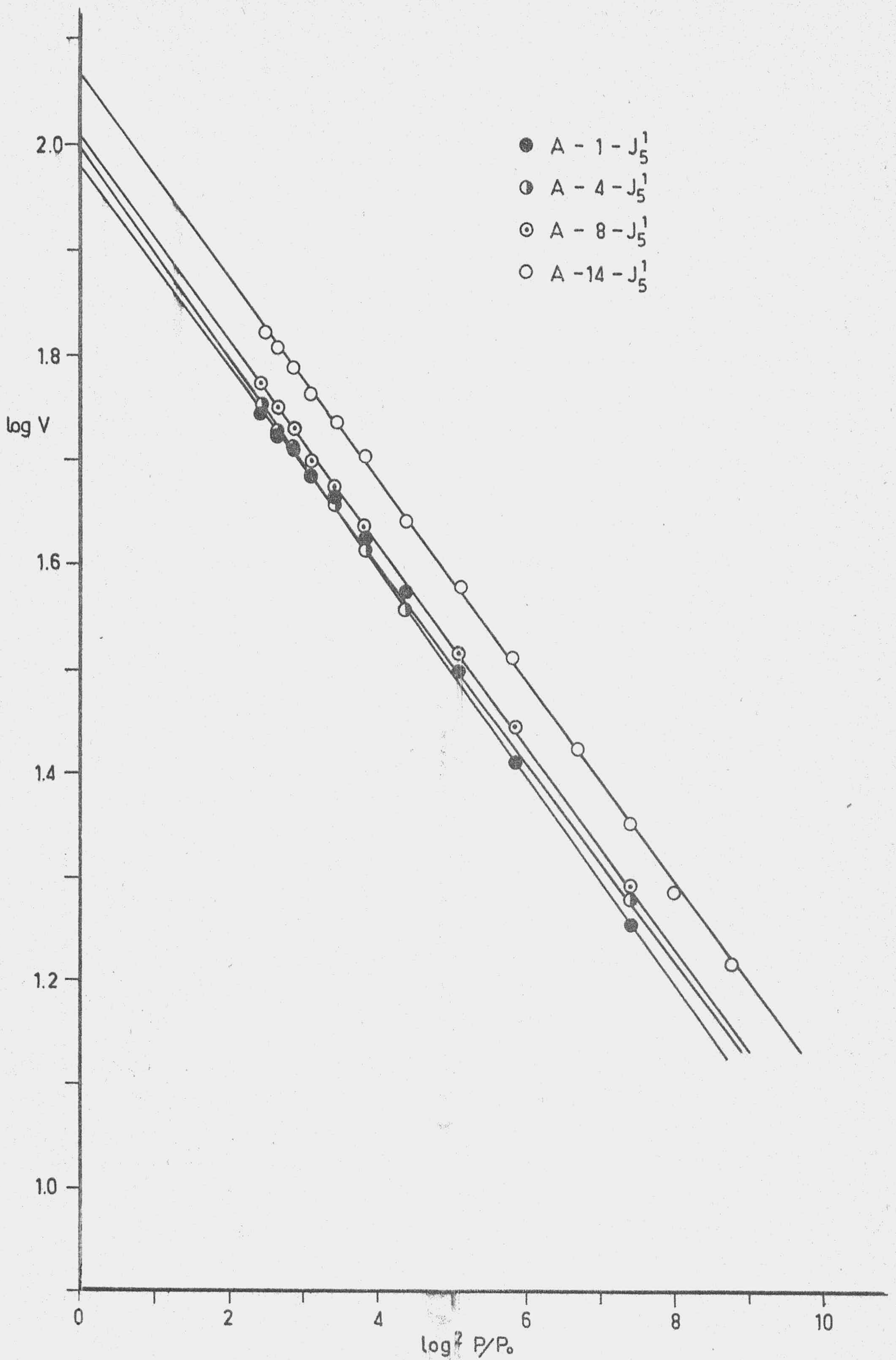


FIGURA 74.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isothermas de adsorción de CO₂ a 273K

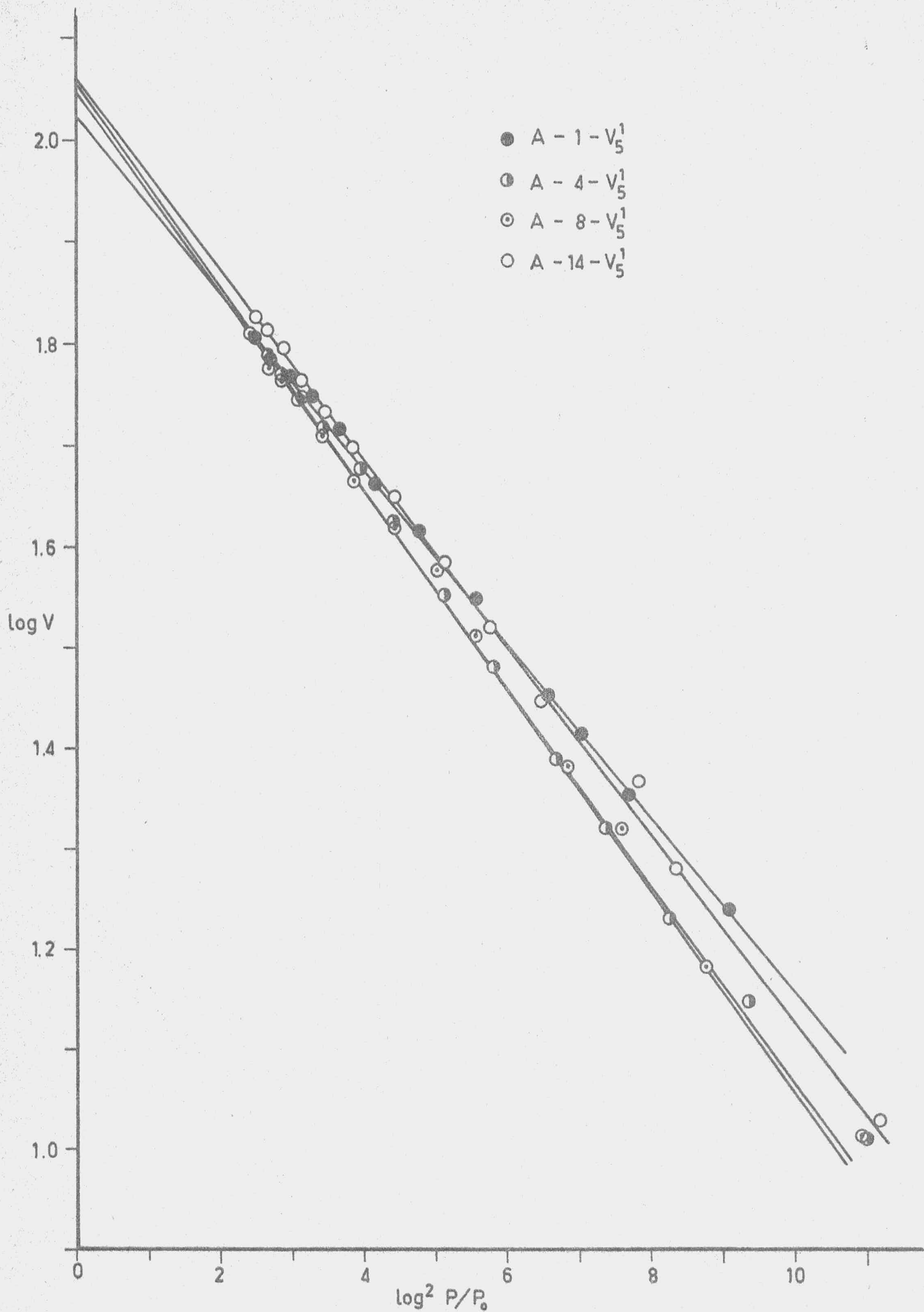


FIGURA 75.- Método de Dubinin-Radushkevich aplicado a algunas isotermas de adsorción de CO_2 a 273K

diente a la monocapa. La determinación de X_m se ha realizado mediante la aplicación de la ecuación de Langmuir o siguiendo el criterio de Giles (77)(78).

En el primer caso la representación de $C/X = f(C)$ define una línea recta y, a partir de la pendiente de la misma, se puede calcular X_m a la que en adelante, denominaremos X_L . Los datos utilizados para estas representaciones fueron incluidas en las tablas 116 a 125 y las rectas correspondientes se encuentran en las figuras 76 a 84.

El segundo método seguido para determinar X_m , ha sido el criterio de Giles, quien postula que la aparición de un tramo recto paralelo al eje de abscisas en la isoterma de adsorción corresponde al cubrimiento de la superficie del adsorbente por una capa monomolecular de adsorbato. A los valores así calculados les denominaremos X_G . A partir de los citados valores de X_L y X_G se han calculado las superficies accesibles al p-nitrofenol de las diferentes muestras, las cuales se encuentran en las tablas 131 y 132 junto a los valores de X_L y X_G .

4.2.- POROSIMETRIA DE MERCURIO

A partir de los datos contenidos en las tablas 62 a 115 hemos calculado los valores de $\Delta V/\Delta \log r$, también incluidas en las citadas tablas, los cuales se representan frente al radio medio del poro \bar{r} (A), dando lugar a las curvas diferenciales de distribución de volumen de poros, los cuales están representados en las figuras 85 a 98. Asimismo, se ha determinado el volumen de mercurio desplazado por la muestra, el cual ha sido sustituido en la ecuación

$$V_m = V_p - \frac{W_{p+m+Hg} - W_{p+m}}{d_{Hg}}$$



en la que:

V_m = volumen ocupado por la muestra

V_p = volumen del penetrometro vacío

$W_{p + m + Hg}$ = peso del penetrometro conteniendo la muestra y lleno de mercurio

$W_{p + m}$ = peso de penetrometro con la muestra

d_{Hg} = densidad del mercurio a la temperatura de trabajo

Esto nos ha permitido conocer el volumen de la muestra, a partir de los valores así obtenidos para el volumen de las muestras se han calculado sus respectivas densidades aparentes, las cuales se incluyen en las tablas 133, 134, 135 y 136. También se han calculado los valores de las densidades aparentes cuando la presión aplicada sobre la muestra fue de 2000 Kg/cm^2 . Para ello, al volumen calculado según la ecuación anterior se le ha restado el volumen de poros en los que penetra el mercurio a la presión de 2000 Kg/cm^2 . Dichas densidades están también recogidas en las tablas 133, 134, 135 y 136 en las que asimismo se han incluido los valores del volumen acumulado de meso y macroporos.

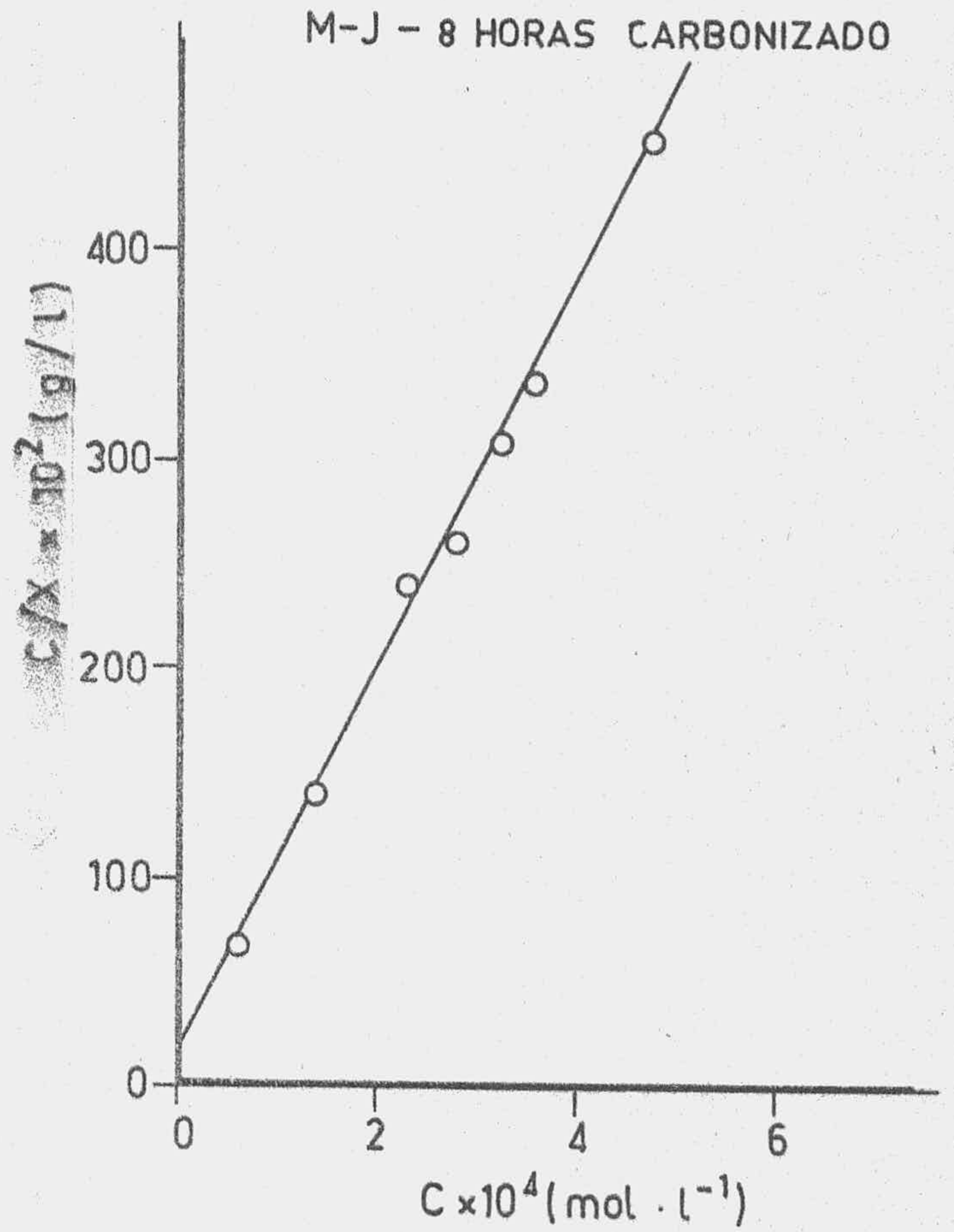
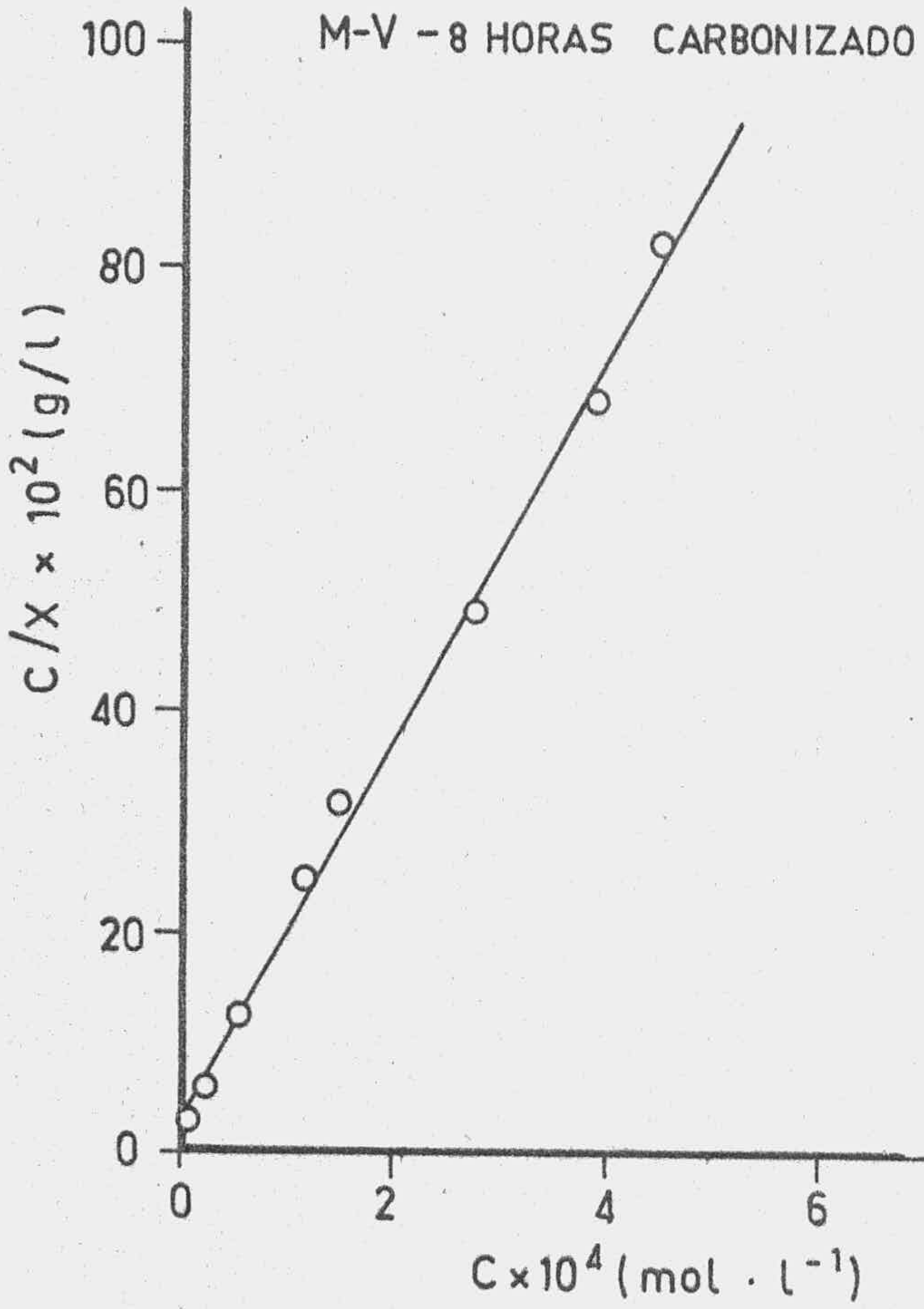
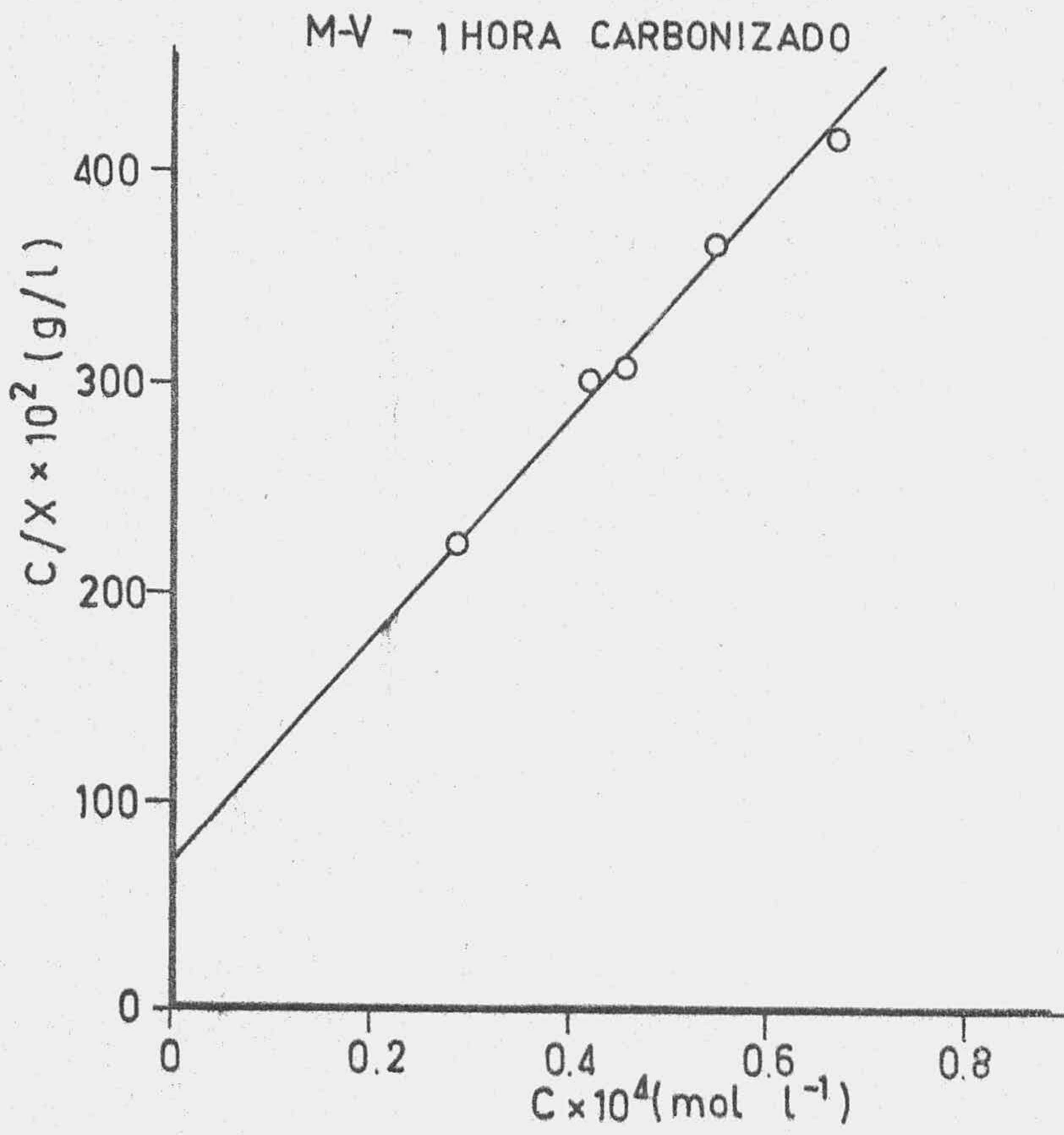


FIGURA 76.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol

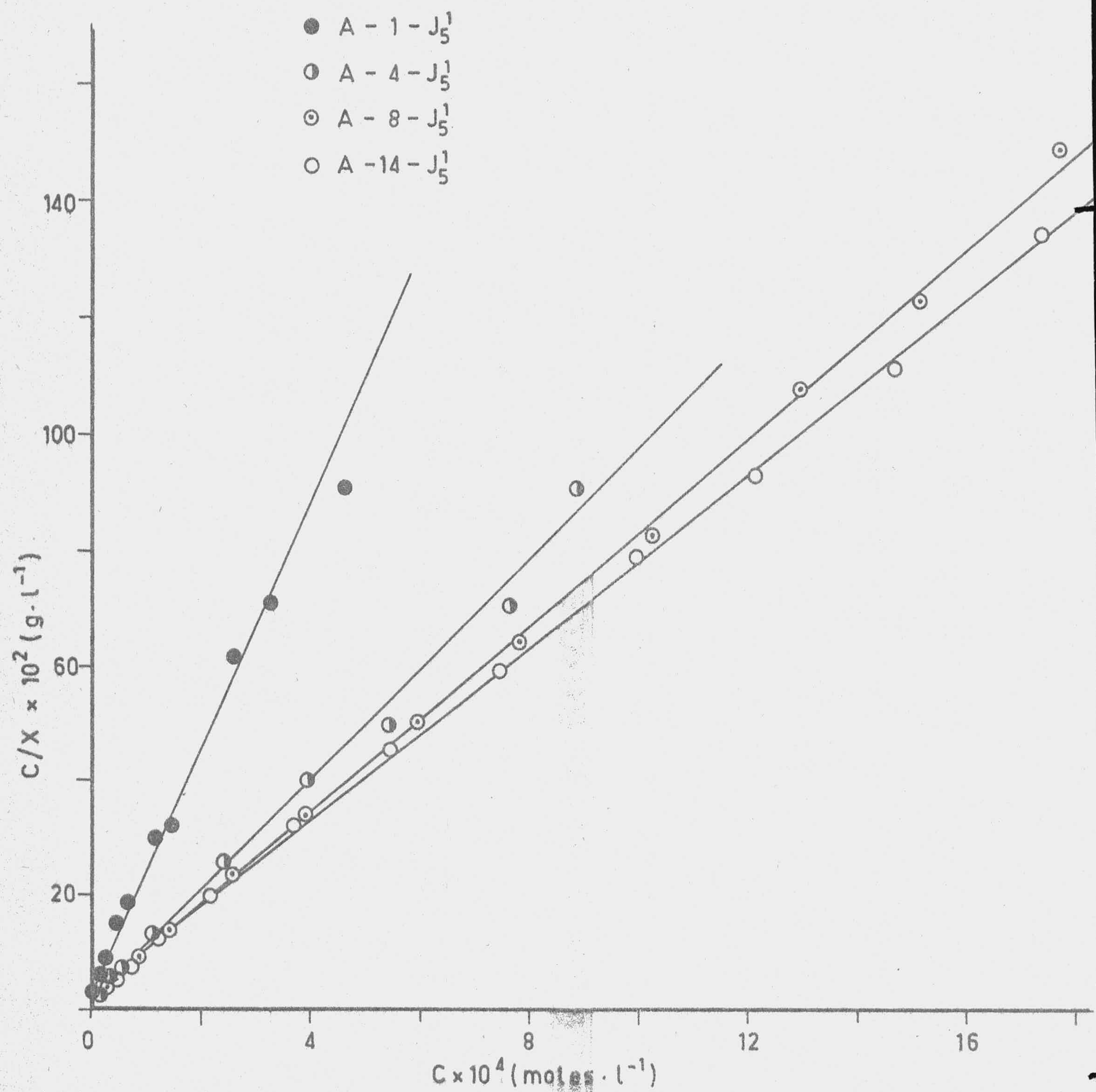


FIGURA 77.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol

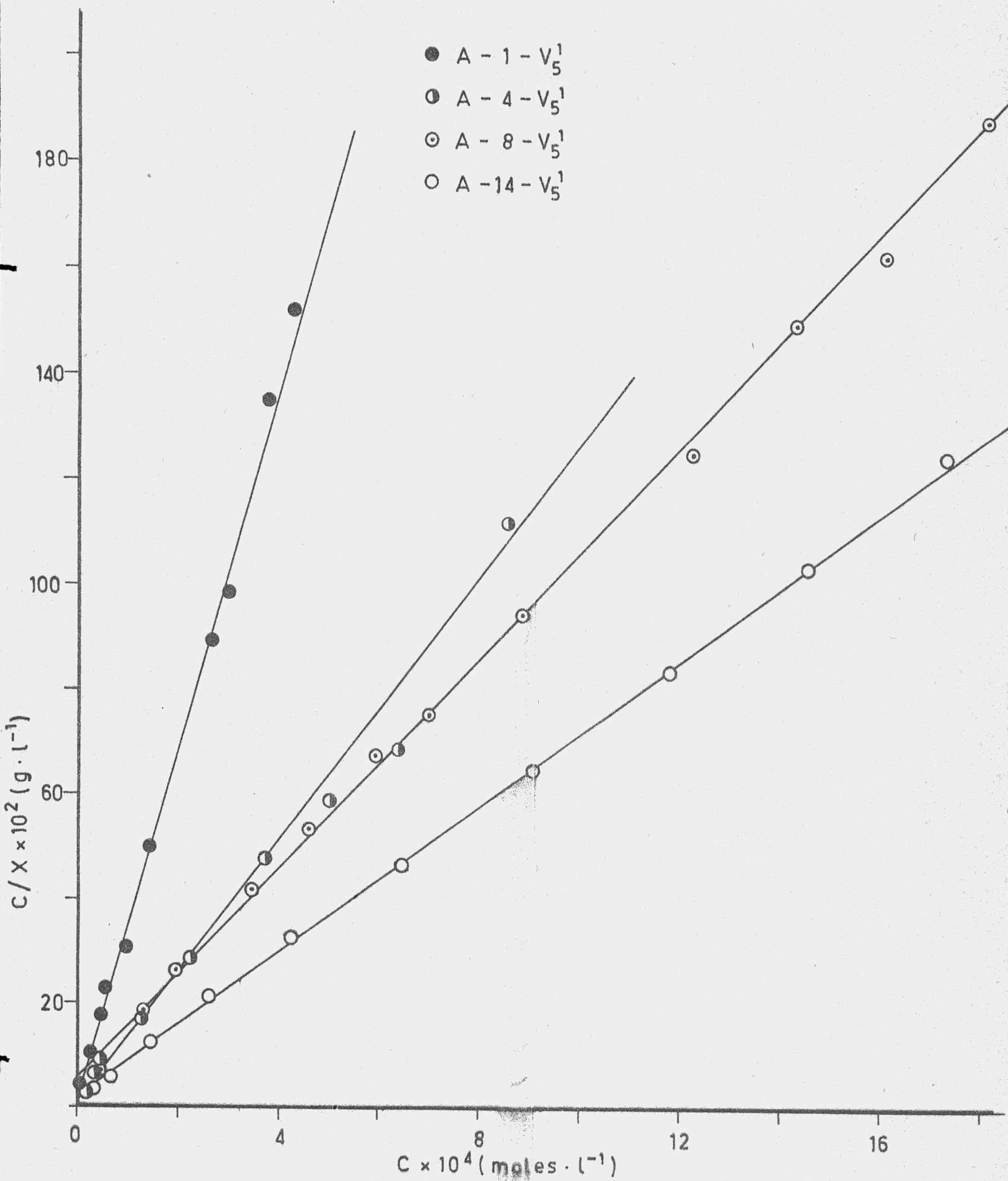


FIGURA 78.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol

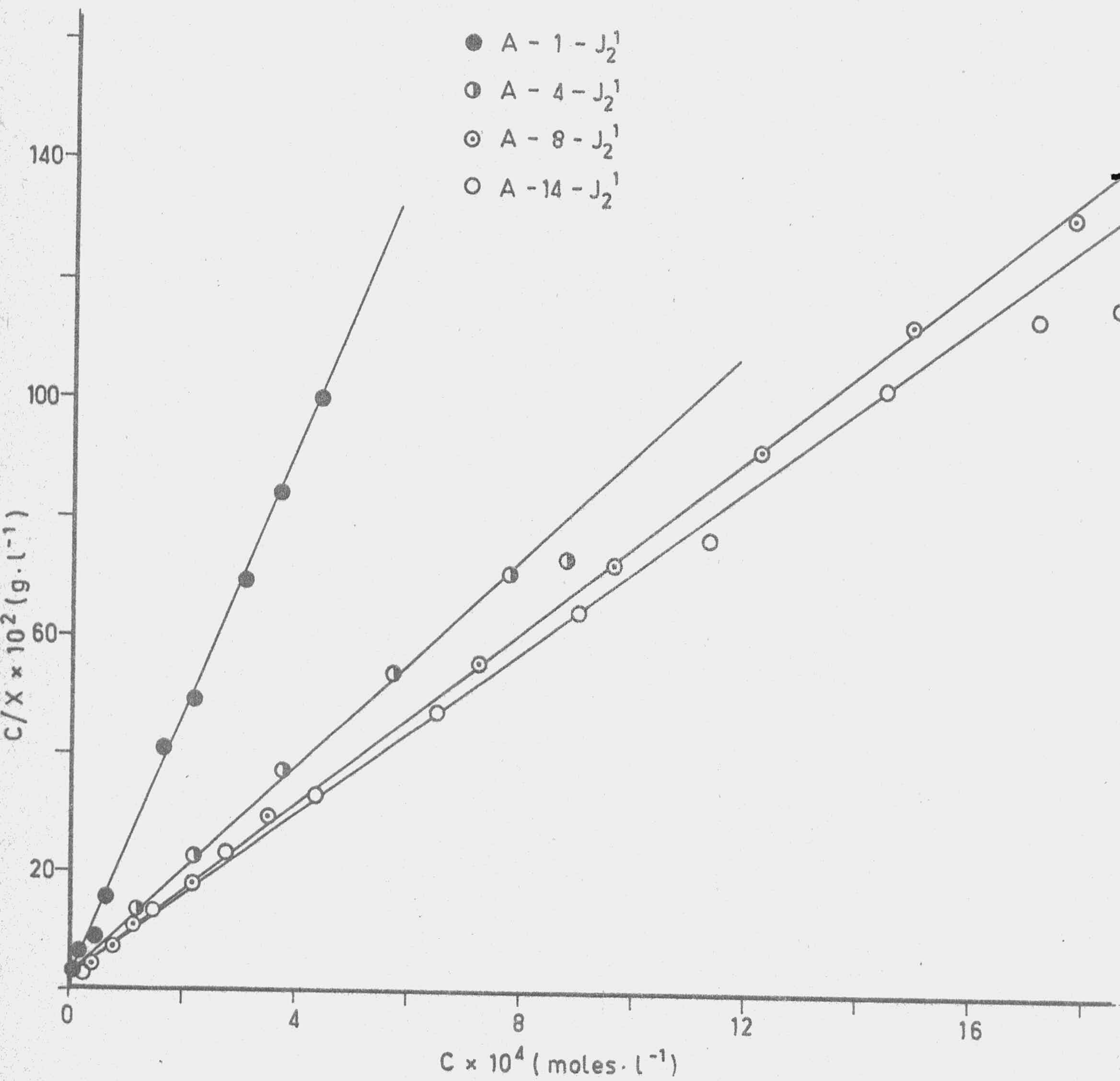


FIGURA 79.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de p-nitrofenol

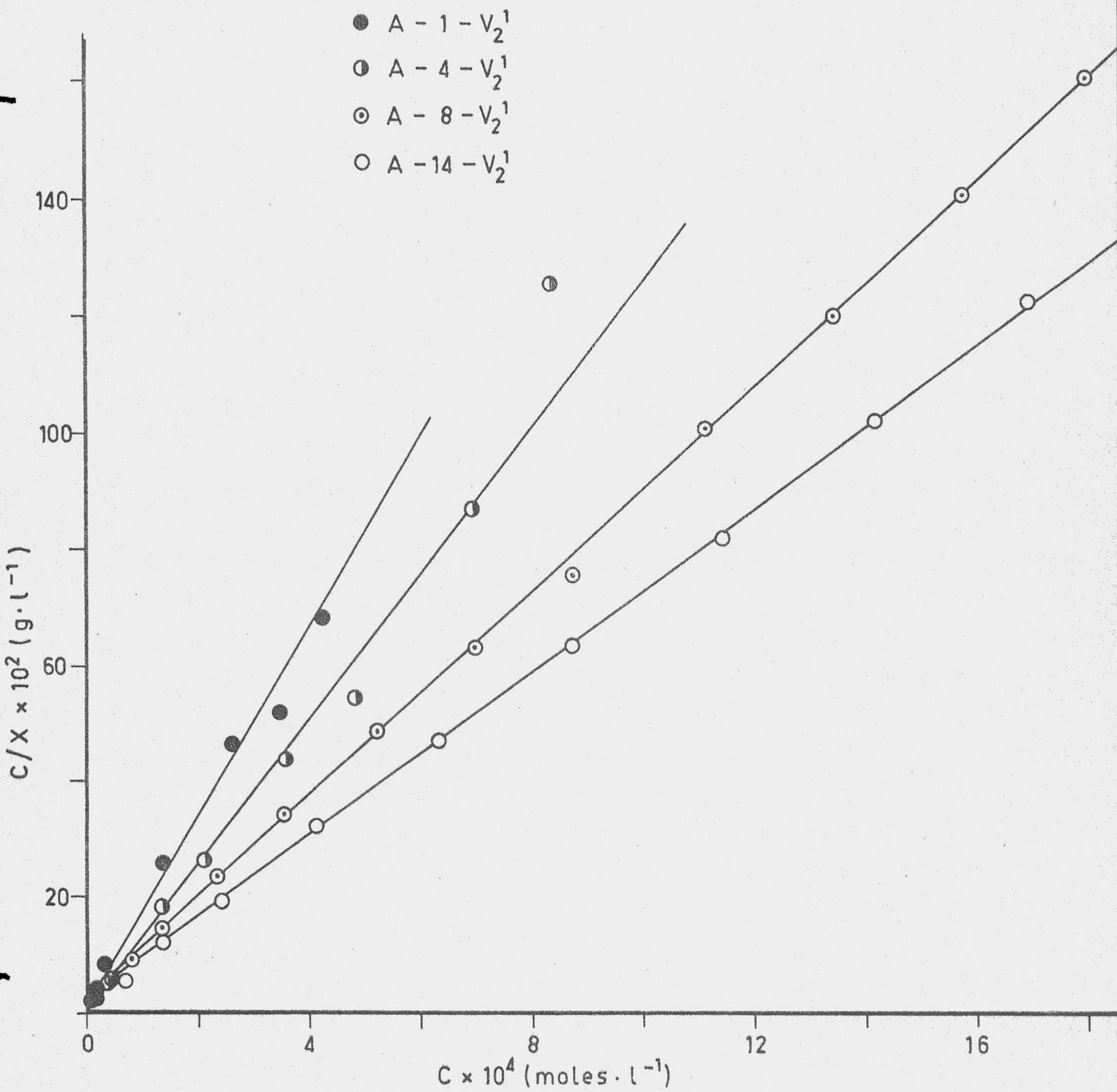


FIGURA 80.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de p-nitrofenol

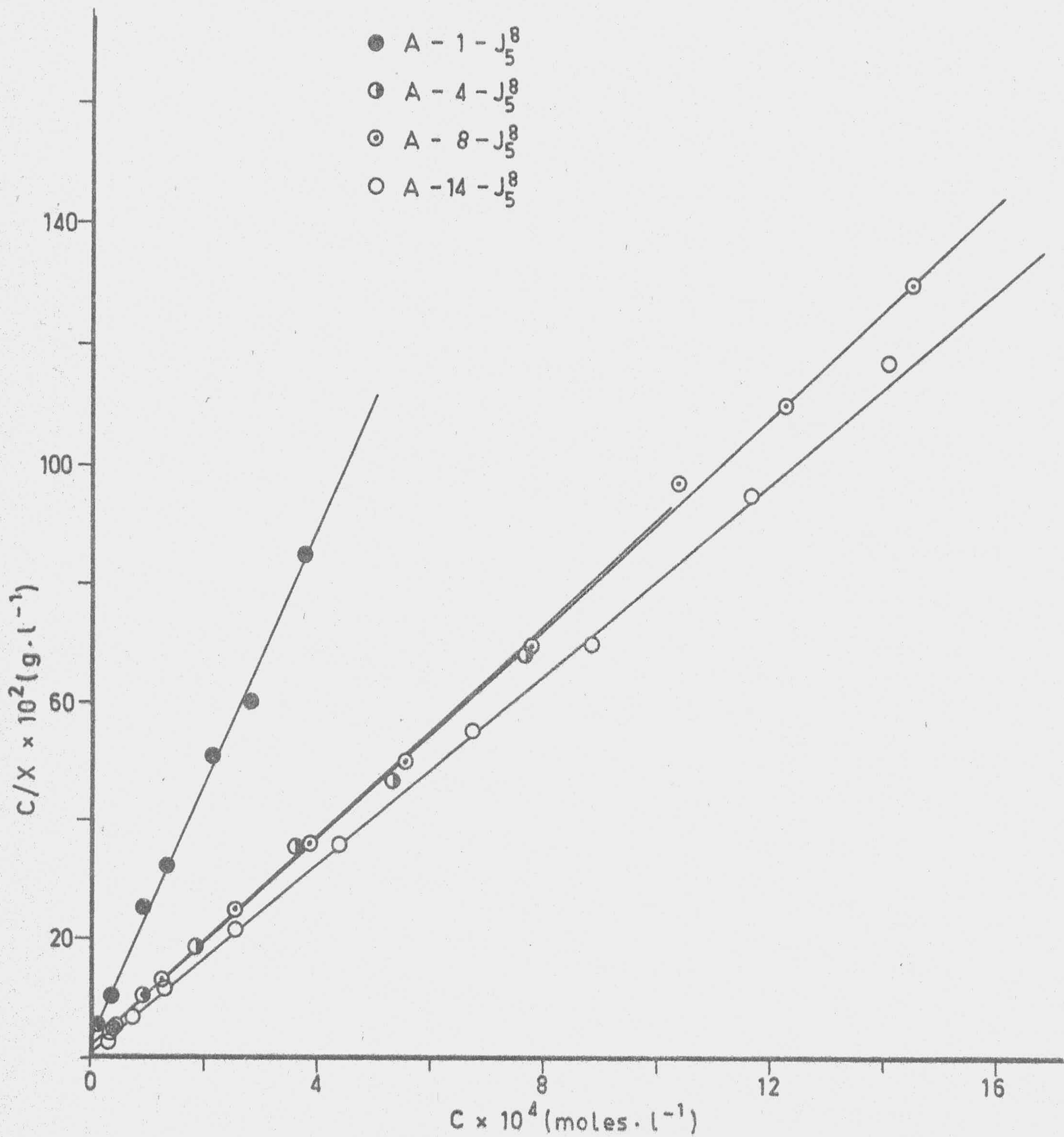


FIGURA 81.- Método de Langmuir aplicado a algunas isothermas de adsorción de p-nitrofenol

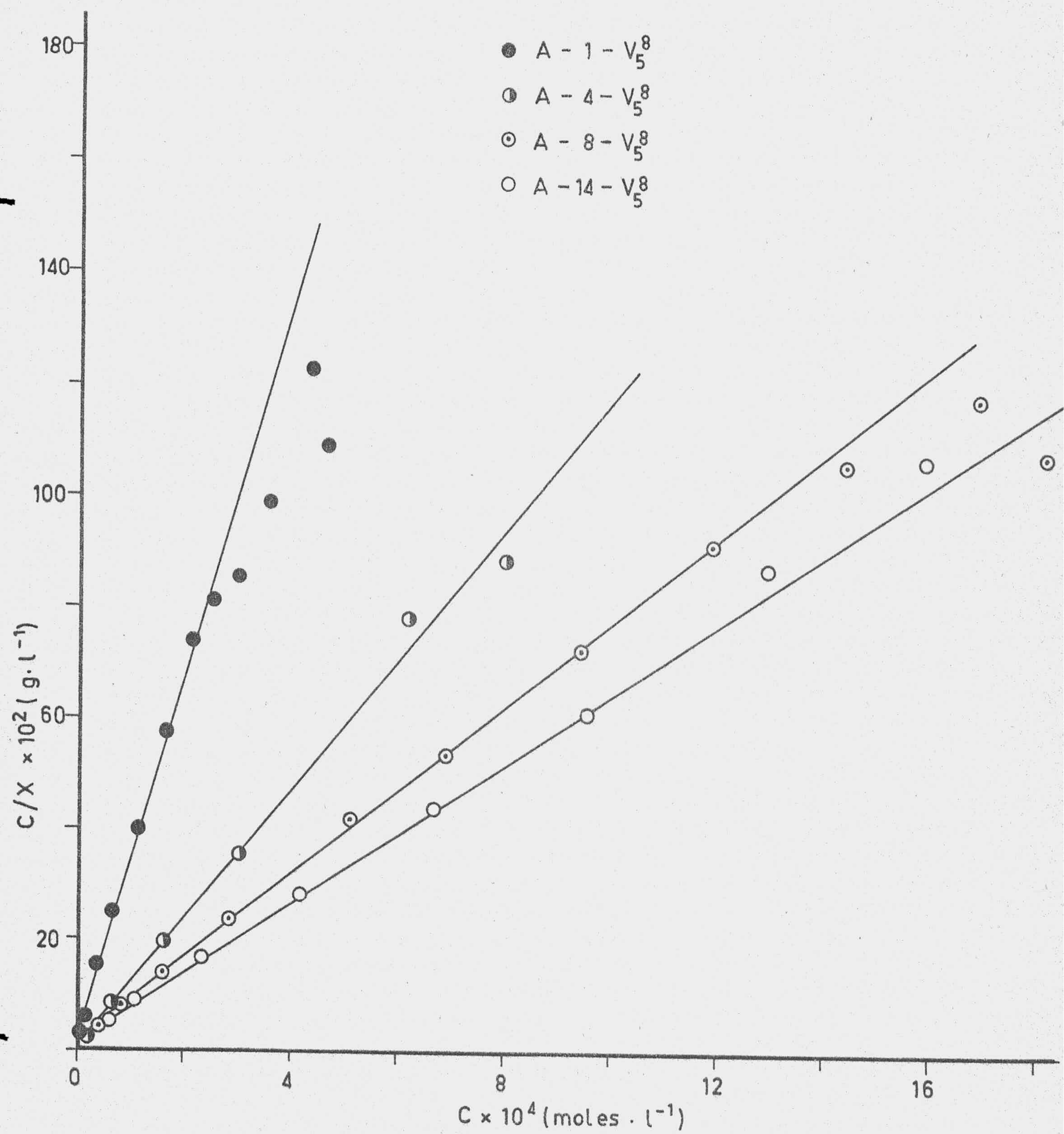


FIGURA 82.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol

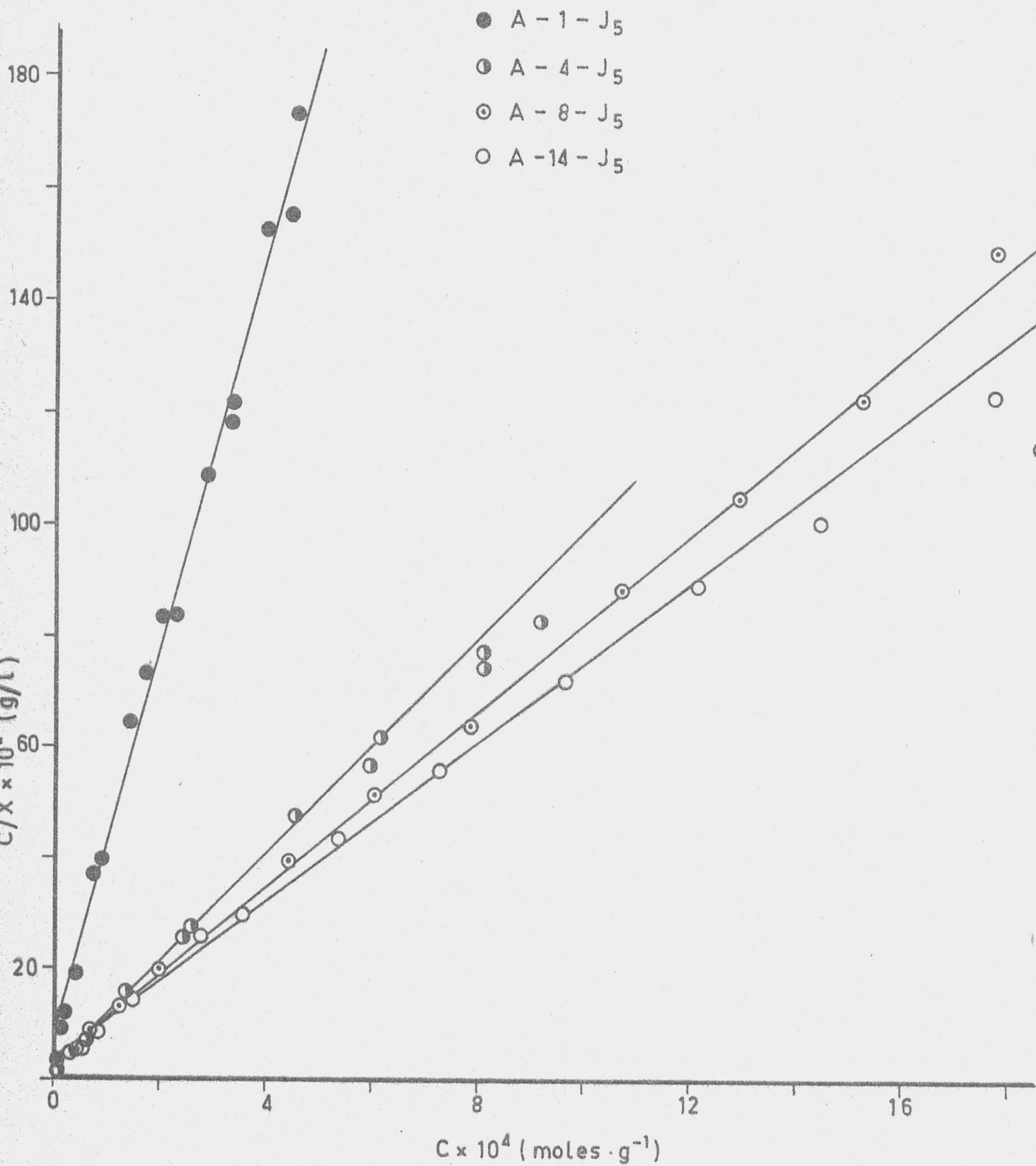


FIGURA 83.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol

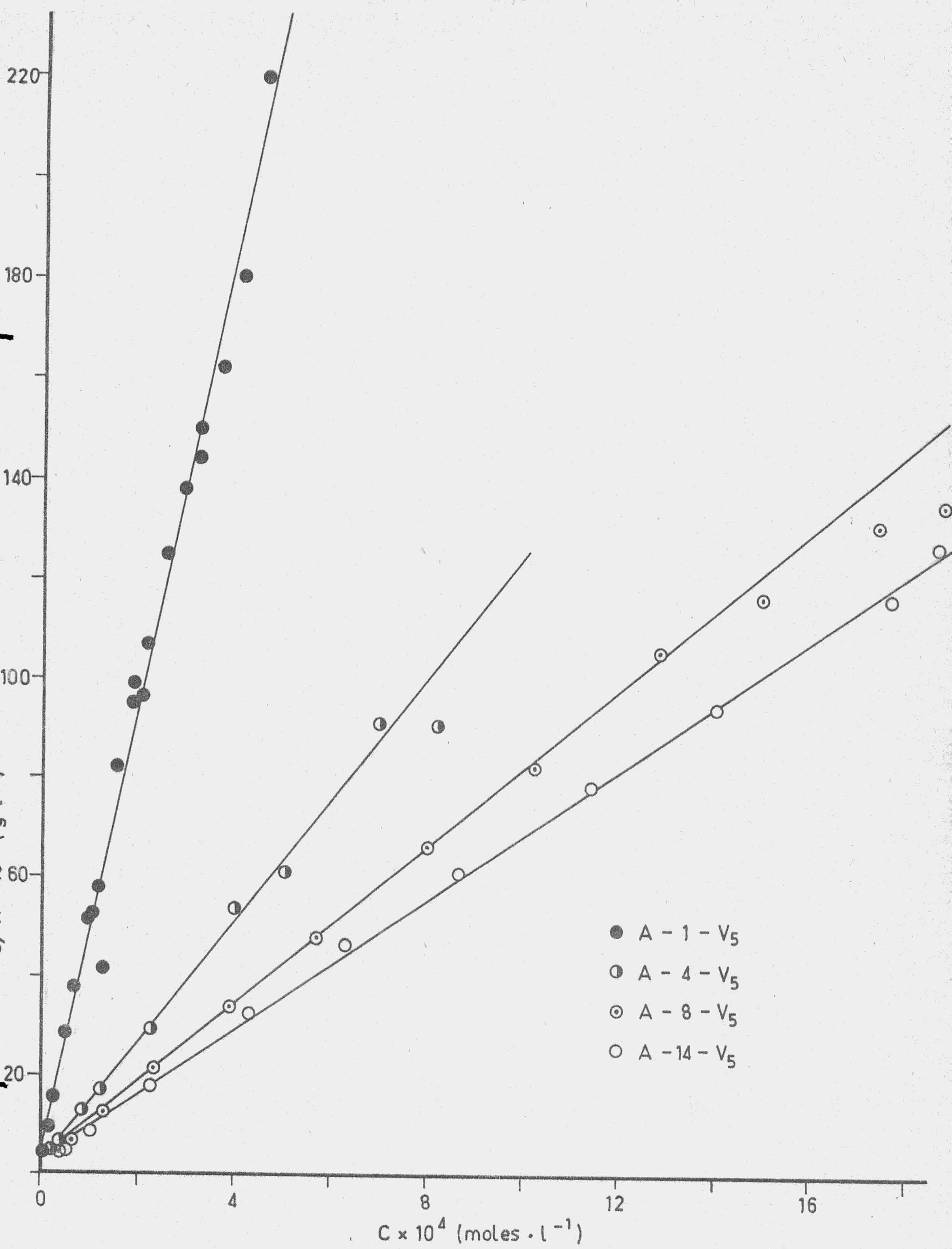


FIGURA 84.- Método de Langmuir aplicado a algunas isotermas de adsorción de p-nitrofenol.

TABLA 131

VALORES DE LA MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE CARBONIZADOS Y ACTIVADOS

Muestra	LANGMUIR		GILES	
	$X_L \times 10^4$	S_L	$X_G \times 10^4$	S_G
MV-800-1h	0'2	6	0'2	6
MJ-800-8h	1'1	34	1'0	32
MV-800-8h	5'6	176	5'6	176
A-1-J ₅ ¹	4'6	145	4'5	142
A-4-J ₅ ¹	10'0	315	10'5	332
A-8-J ₅ ¹	12'2	386	12'0	379
A-14-J ₅ ¹	13'3	421	12'8	403
A-1-V ₅ ¹	2'9	91	2'9	91
A-4-V ₅ ¹	7'8	246	8'3	261
A-8-V ₅ ¹	10'1	319	9'8	308
A-14-V ₅ ¹	14'2	449	13'8	436
A-1-J ₂ ¹	4'5	141	4'4	137
A-4-J ₂ ¹	10'9	345	10'5	332
A-8-J ₂ ¹	13'4	424	13'2	417
A-14-J ₂ ¹	14'5	459	13'8	436

TABLA 131 (Continuación)

VALORES DE LA MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE CARBONIZADOS Y ACTI
VADOS

Muestra	LANGMUIR		GILES	
	$X_L \times 10^4$	S_L	$X_G \times 10^4$	S_G
A-1-V ₂ ¹	6'5	206	6'0	190
A-4-V ₂ ¹	8'1	256	8'3	261
A-8-V ₂ ¹	11'4	360	11'0	346
A-14-V ₂ ¹	14'1	446	13'7	431
A-1-J ₅ ⁸	4'6	144	4'2	133
A-4-J ₅ ⁸	11'2	354	10'5	332
A-8-J ₅ ⁸	11'4	360	11'3	356
A-14-J ₅ ⁸	12'5	395	12'3	389
A-1-V ₅ ⁸	3'4	107	3'0	95
A-4-V ₅ ⁸	9'2	290	8'7	275
A-8-V ₅ ⁸	13'5	427	13'2	417
A-14-V ₅ ⁸	15'7	496	15'0	474

TABLA 132

VALORES DE LA MONOCAPA Y DE LA SUPERFICIE DE ACTIVADOS

Muestra	LANGMUIR		GILES	
	$X_L \times 10^4$	S_L	$X_G \times 10^4$	S_G
A-1-J ₅	2'8	89	2'3	71
A-4-J ₅	10'3	362	9'8	308
A-8-J ₅	12'4	392	12'0	379
A-14-J ₅	13'9	440	12'9	408
A-1-V ₅	2'3	73	2'2	68
A-4-V ₅	8'0	252	7'8	247
A-8-V ₅	12'4	392	11'9	375
A-14-V ₅	15'0	474	13'5	427

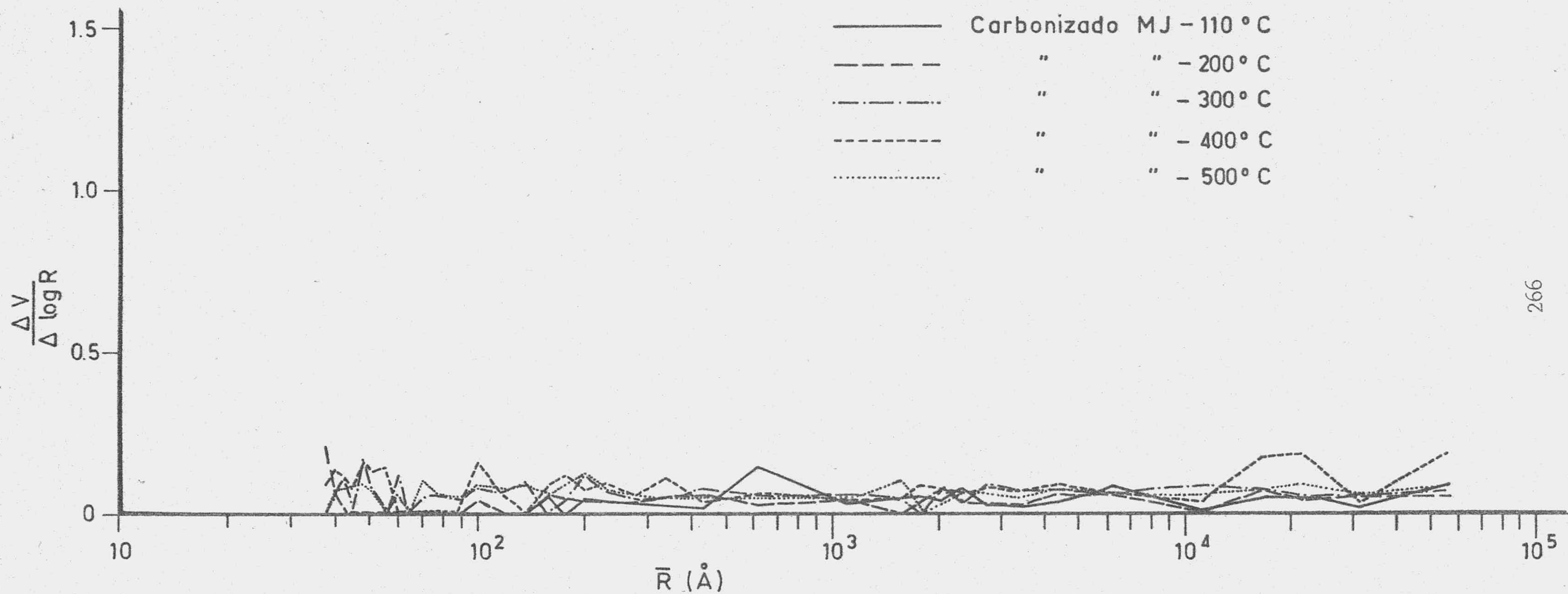


FIGURA 85.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

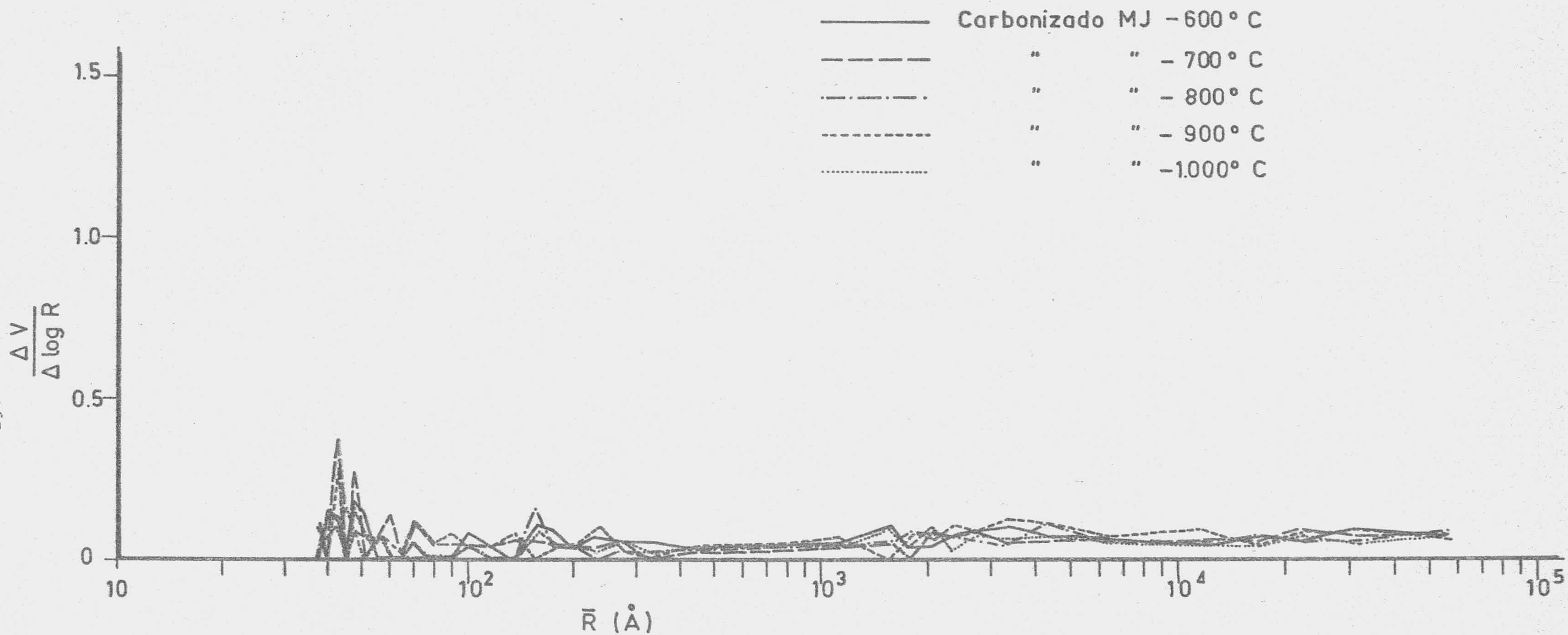


FIGURA 86.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

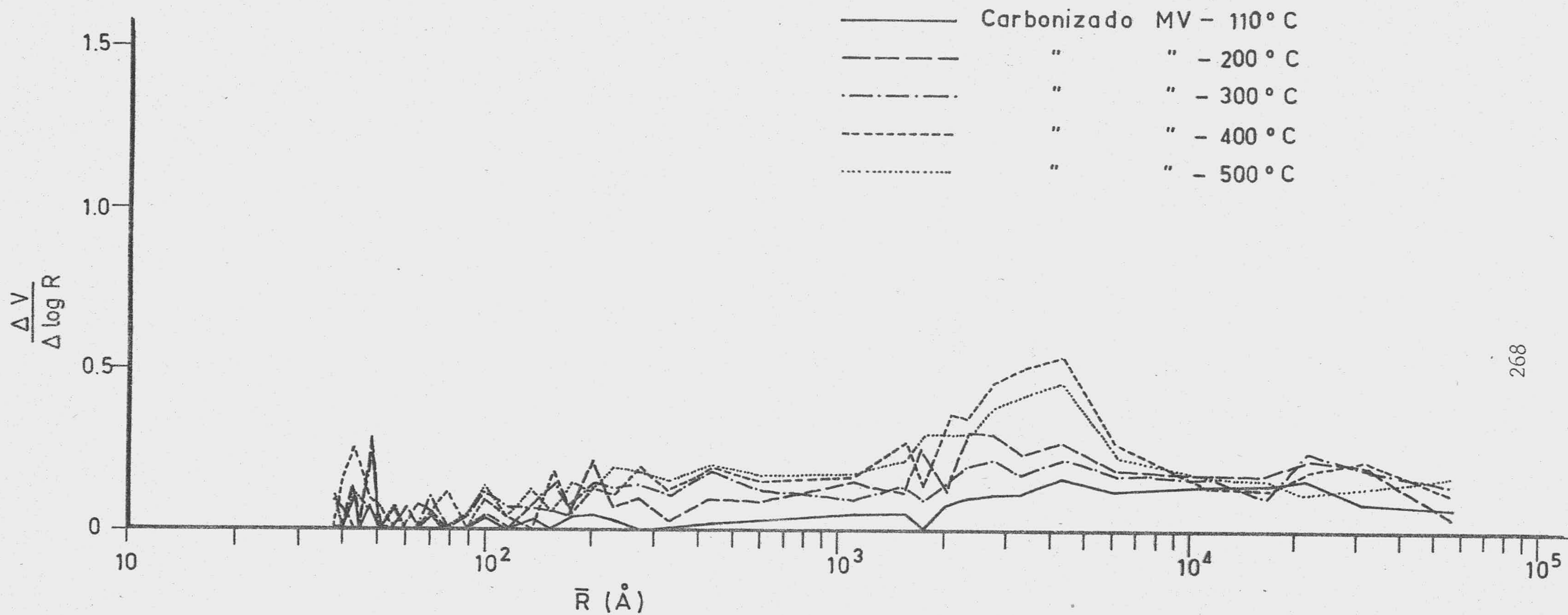


FIGURA 87.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

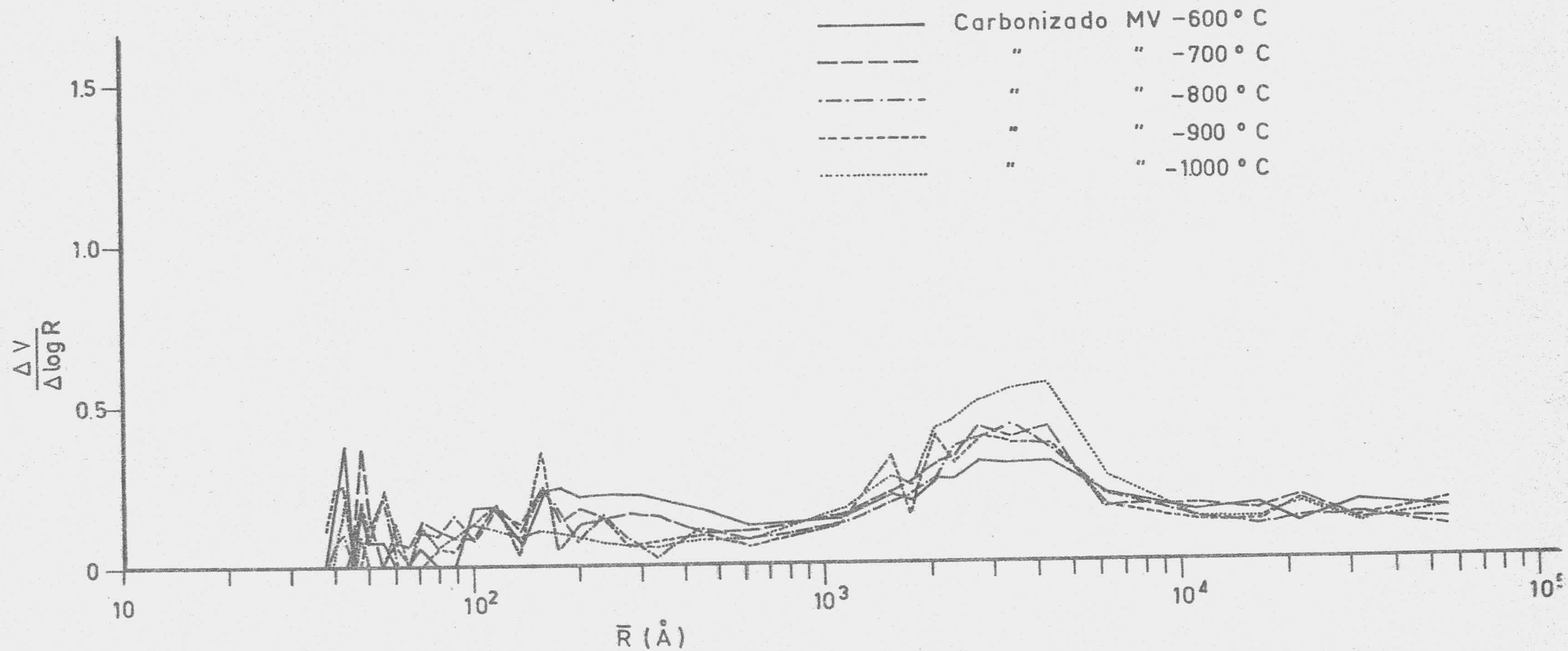


FIGURA 88.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

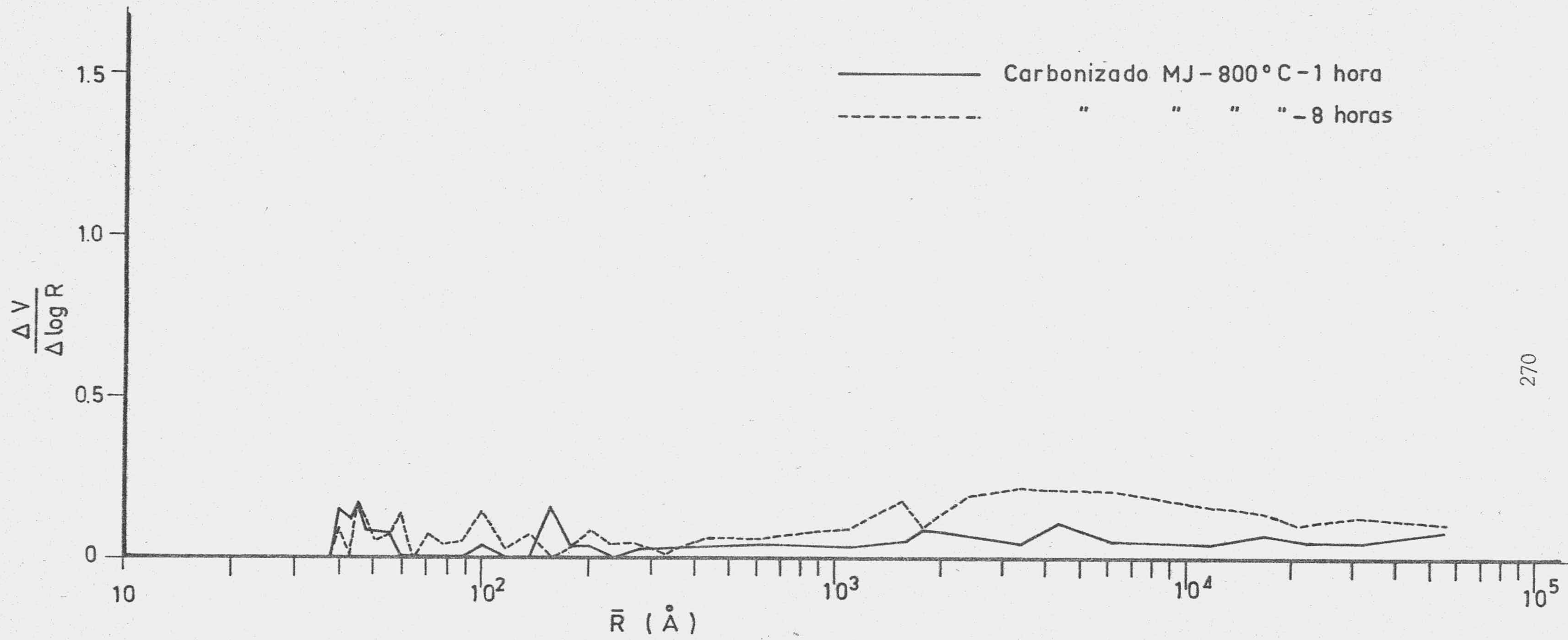


FIGURA 89.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

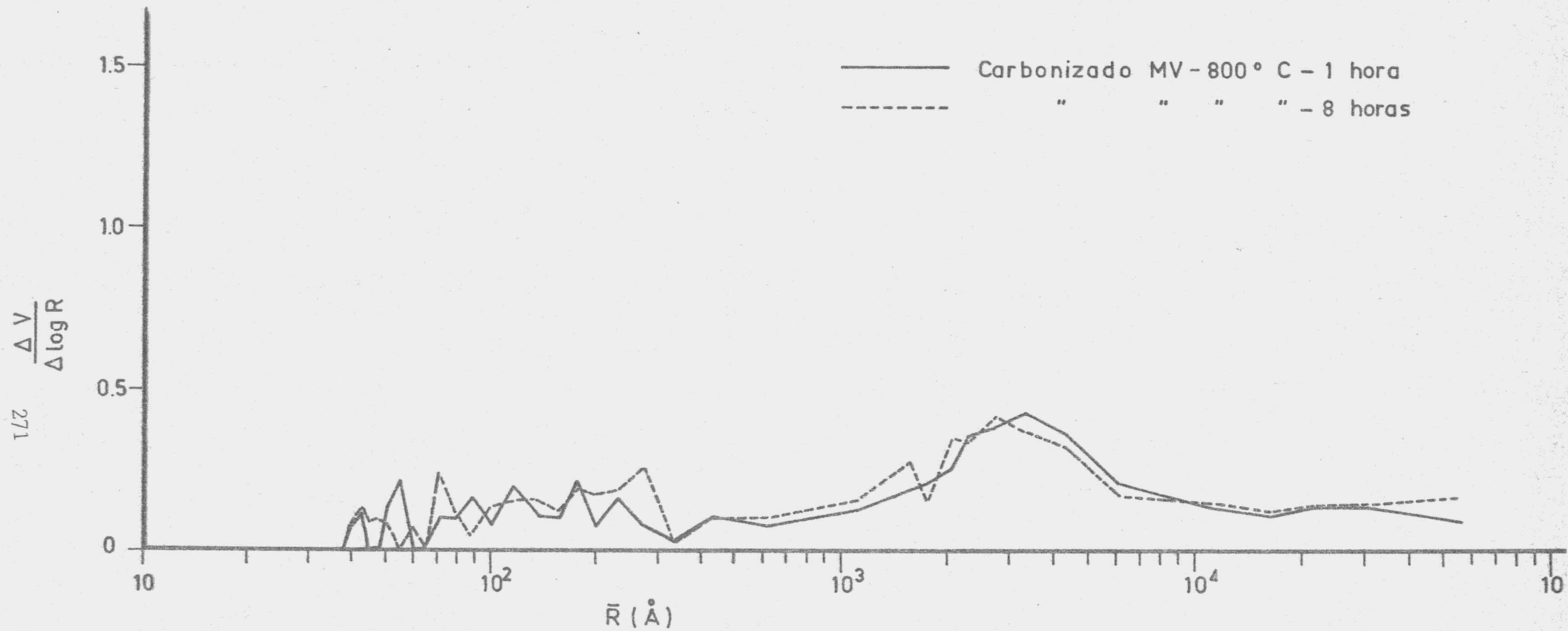


FIGURA 90.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

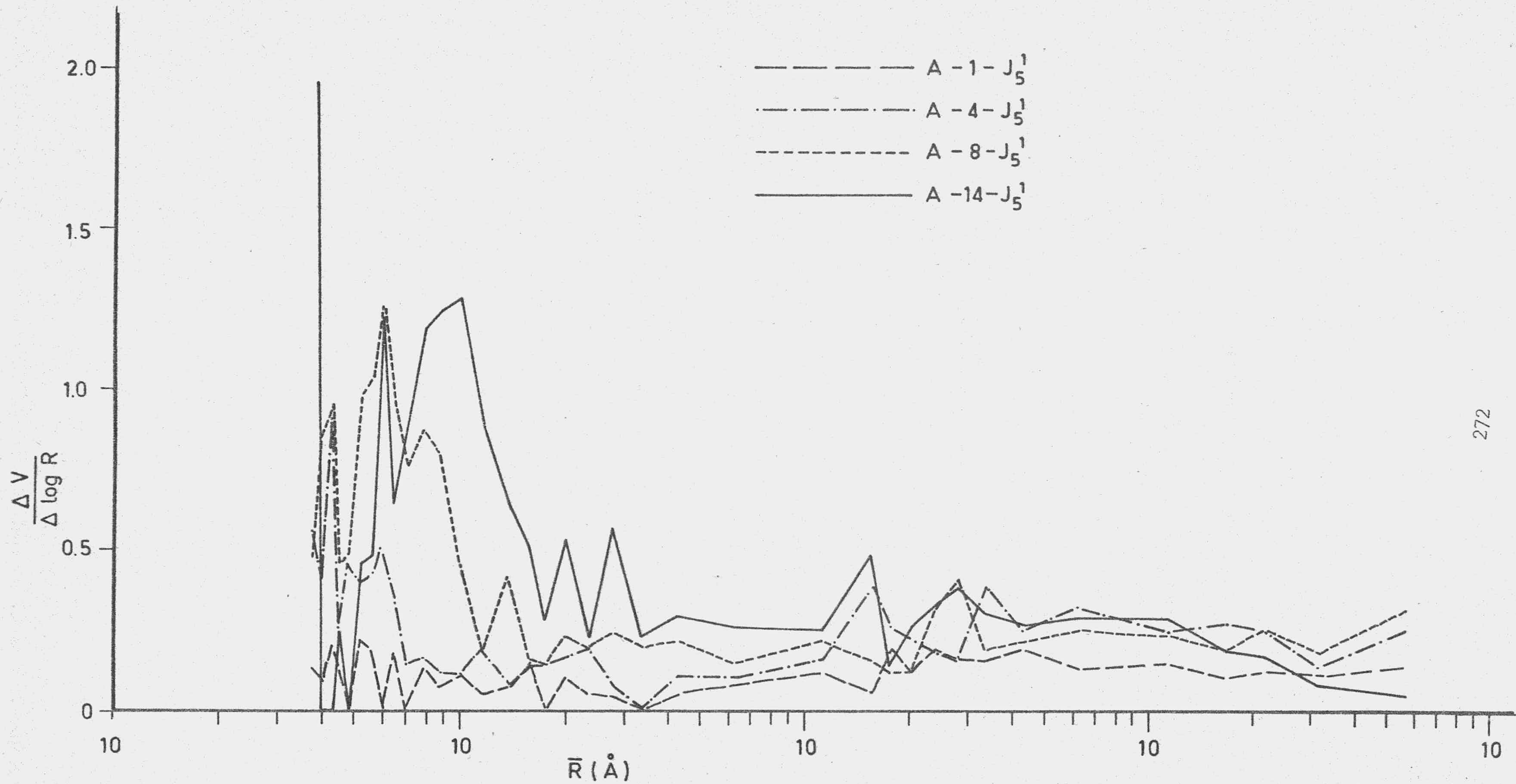


FIGURA 91.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

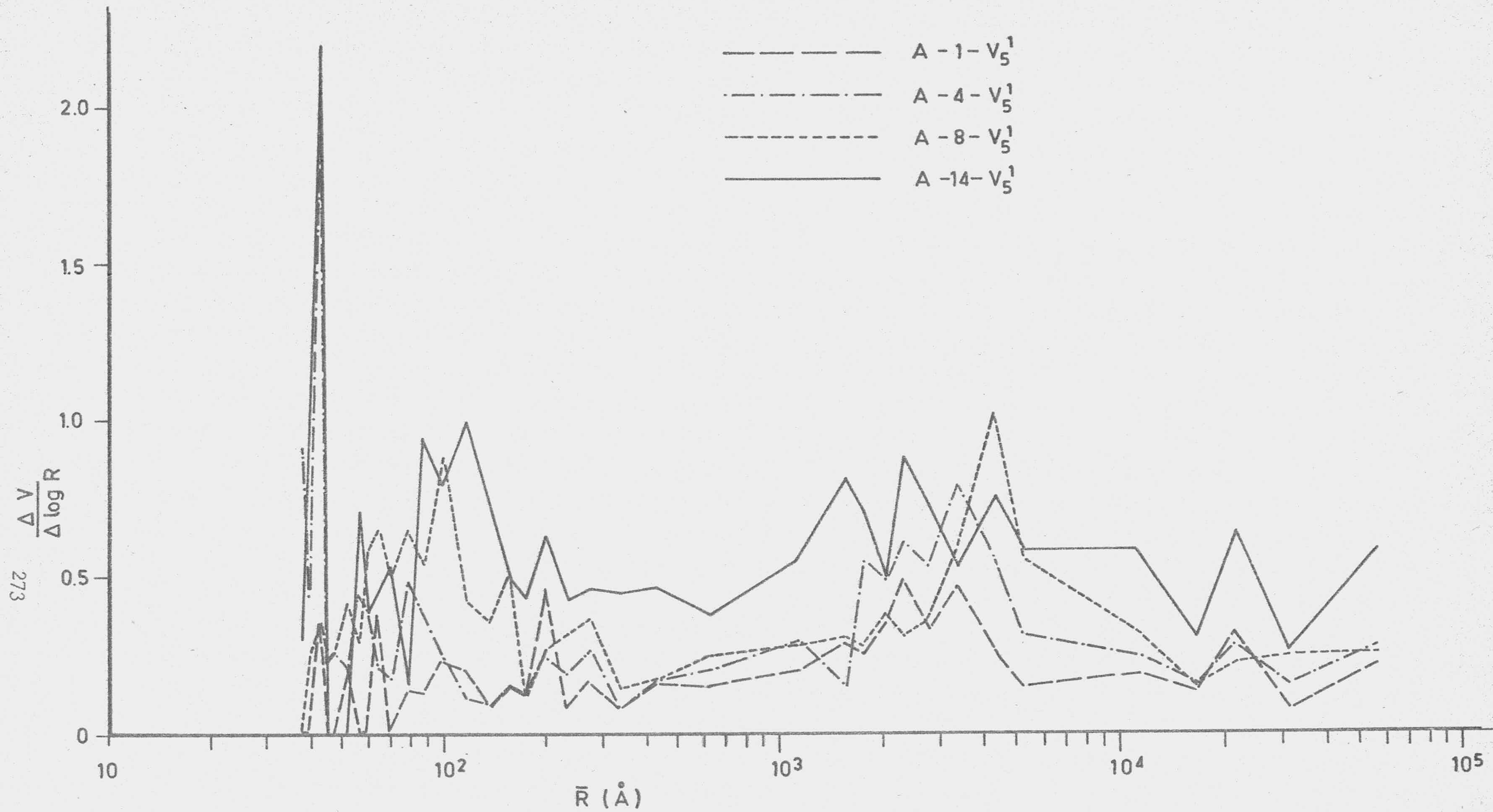


FIGURA 92.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

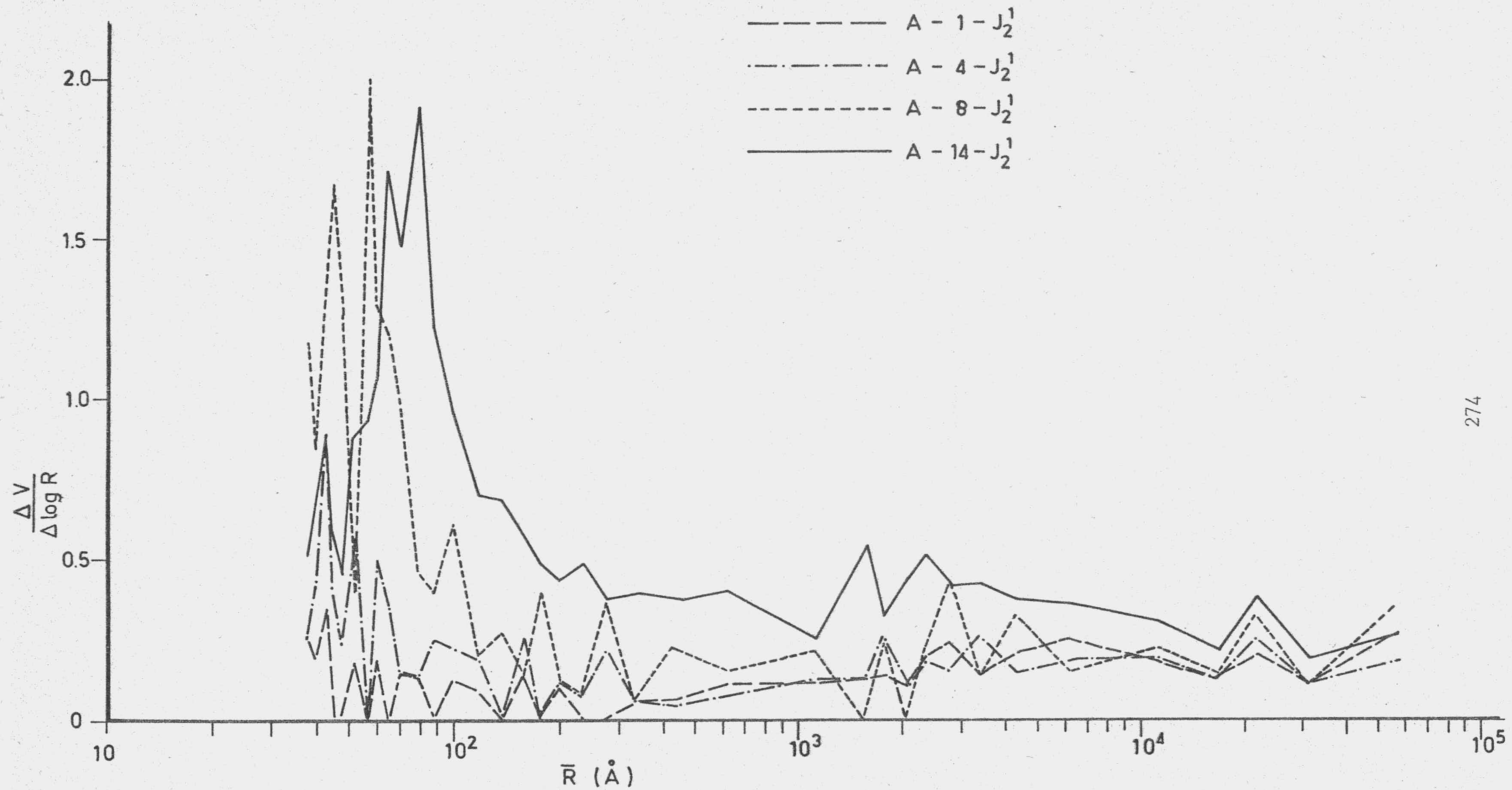


FIGURA 93.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

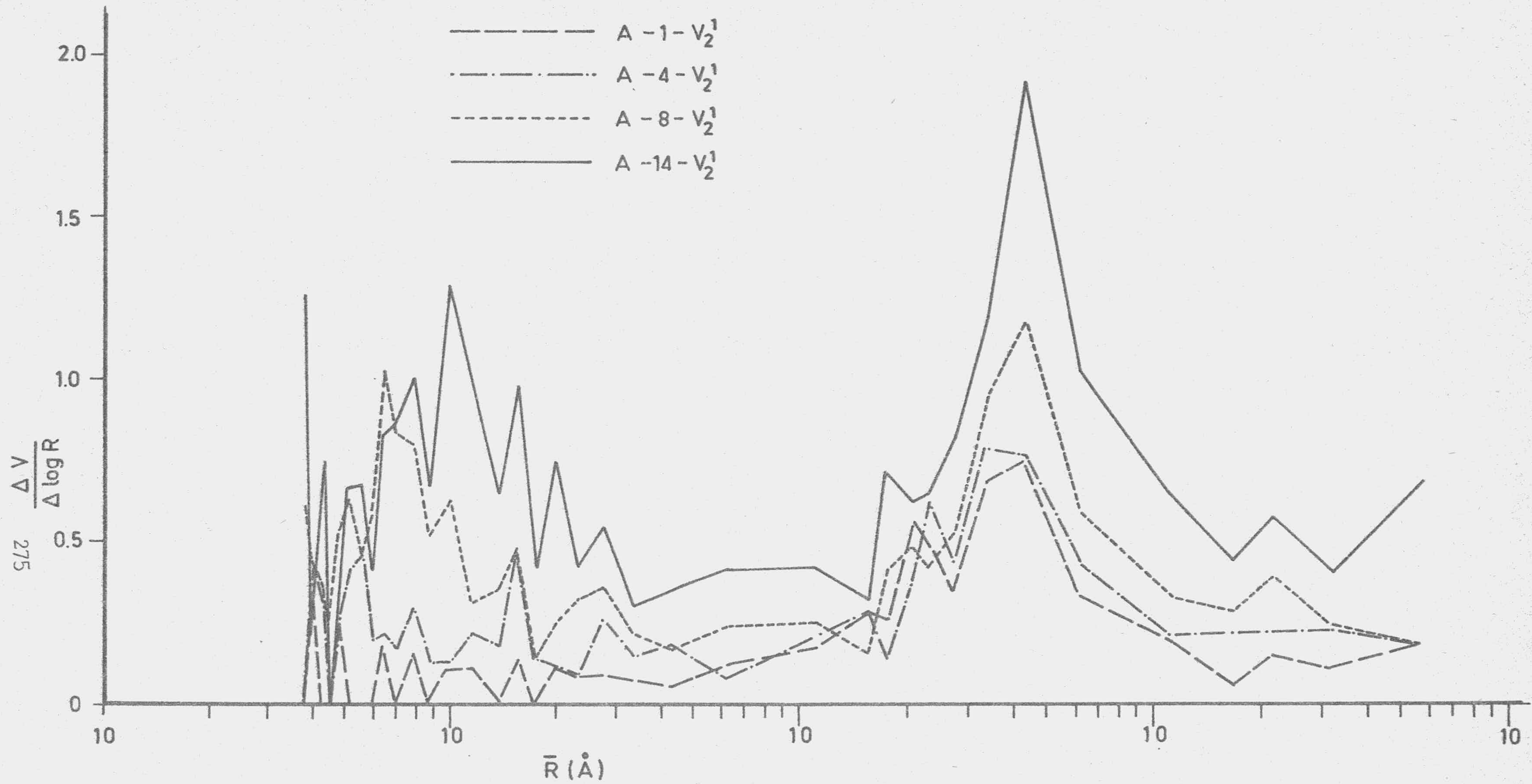


FIGURA 94.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

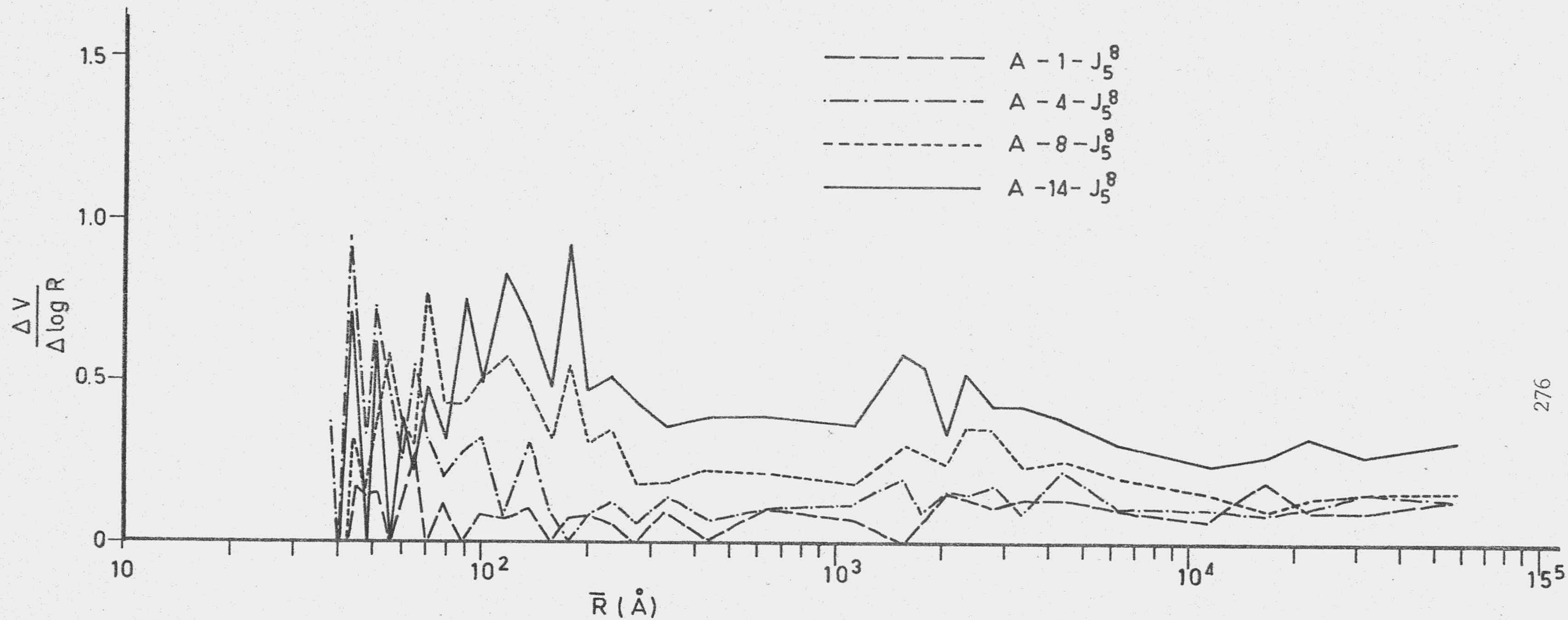


FIGURA 95.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

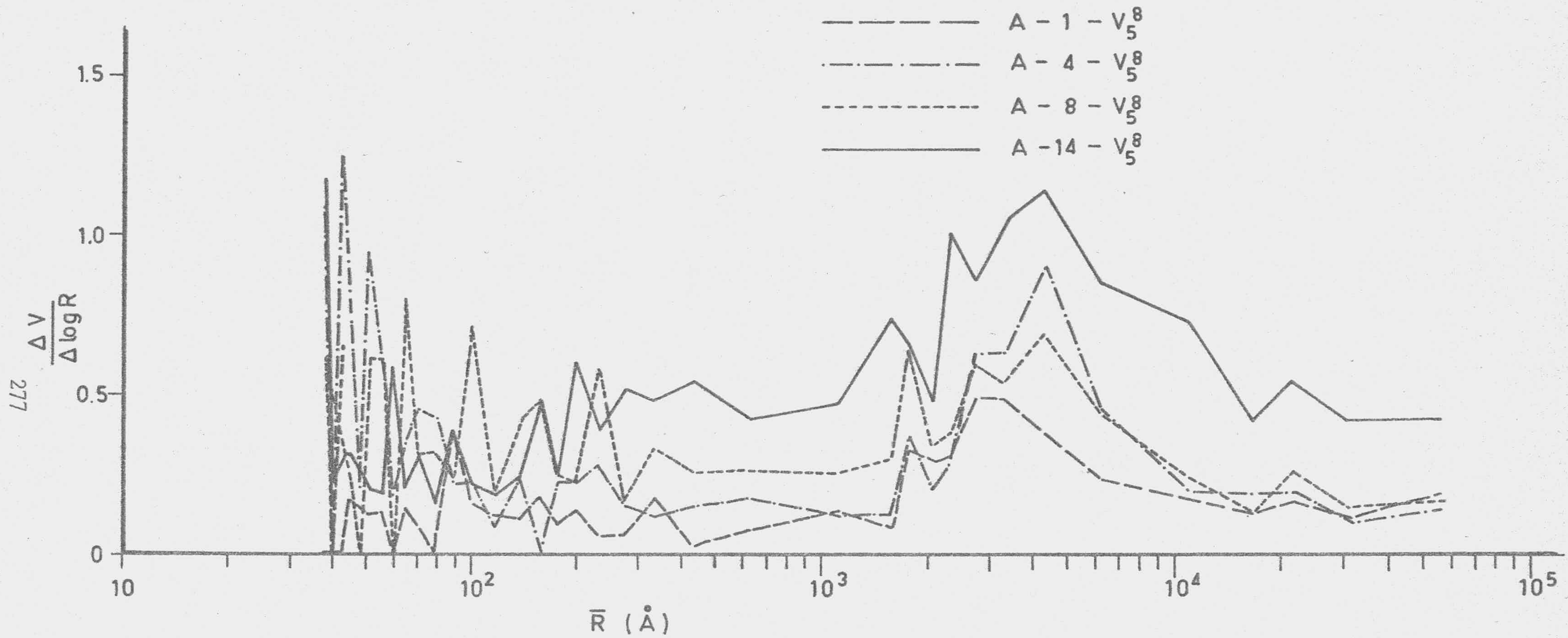


FIGURA 96.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

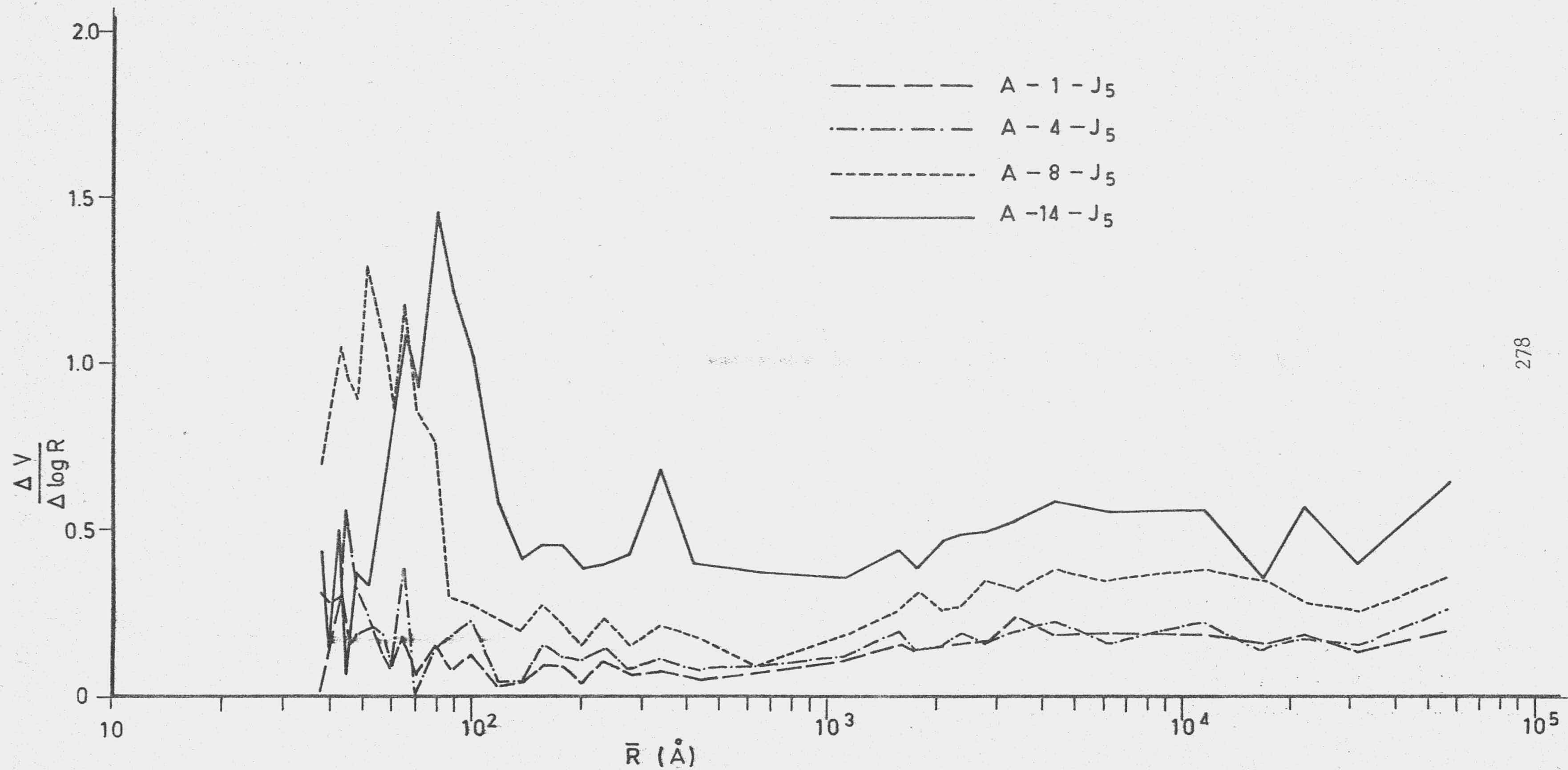


FIGURA 97.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

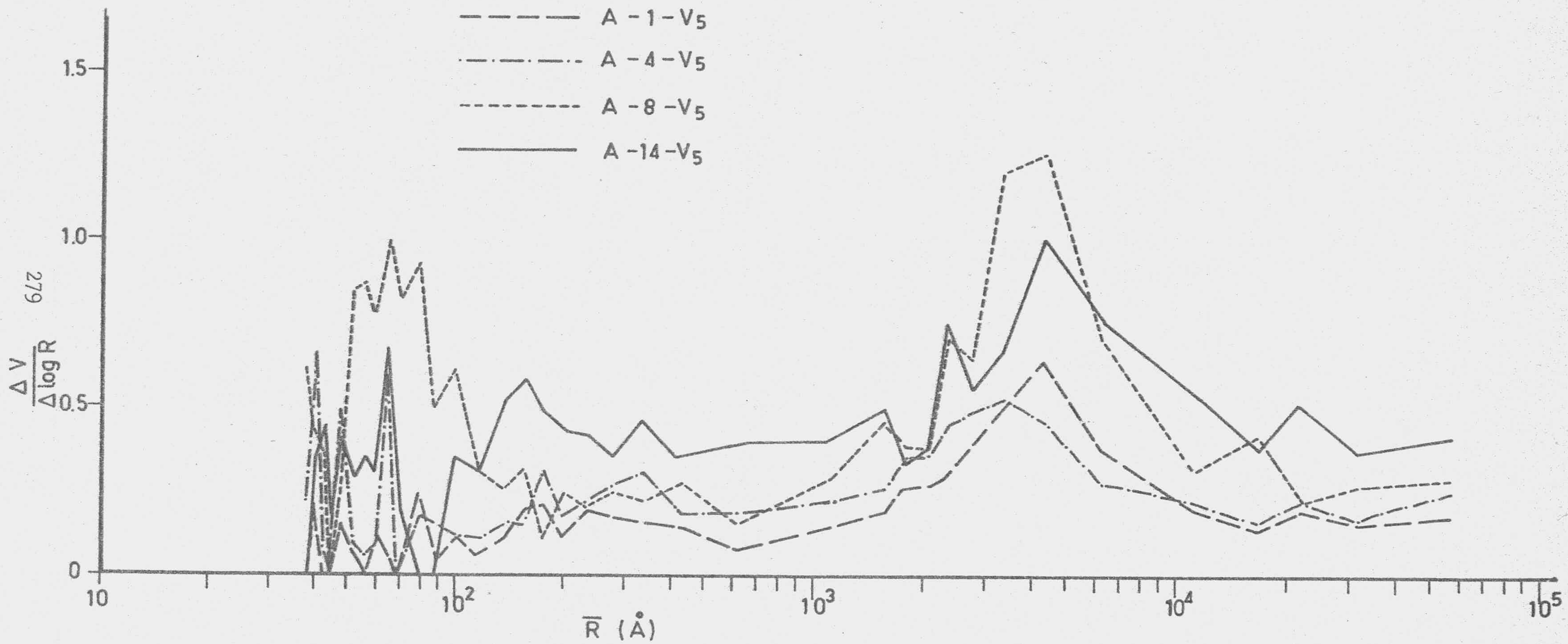


FIGURA 98.- Distribución del tamaño de poros (porosimetría de mercurio)

TABLA 133

VOLUMEN DE POROS Y DENSIDAD DE LOS CARBONIZADOS PROCEDENTE DE MADERA JOVEN

Muestra	V mesoporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	V macroporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	d(1 Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	d(2000Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Madera Joven	0'02	0'10	1'25	1'49
200°C-1 hora	0'03	0'09	1'20	1'40
330°C-1 hora	0'08	0'14	1'04	1'34
400°C-1 hora	0'07	0'15	1'07	1'40
500°C-1 hora	0'08	0'14	0'99	1'27
600°C-1 hora	0'06	0'15	1'04	1'32
700°C-1 hora	0'06	0'13	1'07	1'35
800°C-1 hora	0'04	0'14	1'13	1'43
900°C-1 hora	0'06	0'17	1'08	1'43
1000°C-1 hora	0'04	0'12	1'16	1'42
800°C-8 horas	0'07	0'31	0'87	1'29

TABLA 134

VOLUMEN DE POROS Y DENSIDADES DE LOS CARBONIZADOS PROCEDENTES DE
MADERA VIEJA

Muestra	V mesoporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	V macroporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	d(1 Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	d(2000Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
Madera Vieja	0'02	0'21	1'09	1'37
200°C-1 hora	0'06	0'36	0'89	1'43
300°C-1 hora	0'12	0'35	0'82	1'32
400°C-1 hora	0'12	0'50	0'77	1'47
500°C-1 hora	0'12	0'48	0'72	1'30
600°C-1 hora	0'16	0'41	0'78	1'40
700°C-1 hora	0'14	0'43	0'78	1'39
800°C-1 hora	0'11	0'39	0'82	1'38
900°C-1 hora	0'12	0'41	0'82	1'45
1000°C-1 hora	0'08	0'50	0'80	1'46
800°C-8 horas	0'14	0'42	0'76	1'32

TABLA 135

VOLUMEN DE POROS Y DENSIDADES DE LOS ACTIVADOS

Muestra	V mesoporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	V macroporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	d(1 Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	d(2000Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
A-1-J ₅ ¹	0'09	0'29	0'91	1'39
A-4-J ₅ ¹	0'22	0'49	0'69	1'35
A-8-J ₅ ¹	0'51	0'50	0'58	1'44
A-14-J ₅ ¹	0'68	0'50	0'54	1'48
A-1-V ₅ ¹	0'16	0'51	0'75	1'48
A-4-V ₅ ¹	0'28	0'71	0'61	1'56
A-8-V ₅ ¹	0'41	0'77	0'54	1'51
A-14-V ₅ ¹	0'62	1'21	0'43	1'98
A-1-J ₂ ¹	0'08	0'37	0'87	1'44
A-4-J ₂ ¹	0'21	0'34	0'79	1'41
A-8-J ₂ ¹	0'58	0'50	0'57	1'49
A-14-J ₂ ¹	0'82	0'74	0'47	1'75

TABLA 135

(Continuación)

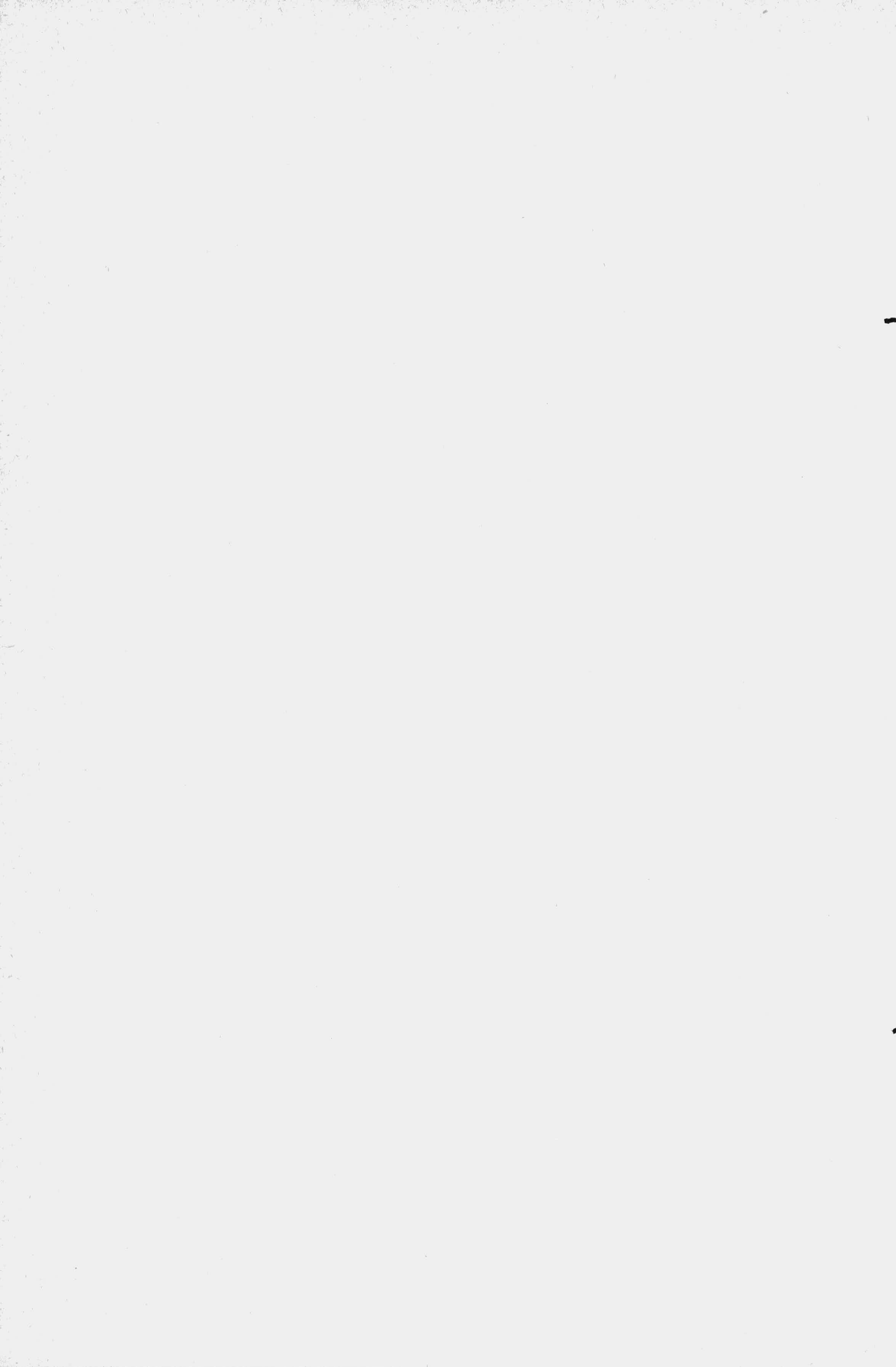
VOLUMEN DE POROS Y DENSIDADES DE LOS ACTIVADOS

Muestra	V mesoporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	V macroporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	d(1 Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	d(2000Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
A-1-V ₂ ¹	0'09	0'58	0'77	1'58
A-4-V ₂ ¹	0'21	0'66	0'68	1'66
A-8-V ₂ ¹	0'46	0'88	0'51	1'60
A-14-V ₂ ¹	0'70	1'52	0'37	2'19
A-1-J ₅ ⁸	0'07	0'24	0'88	1'21
A-4-J ₅ ⁸	0'26	0'29	0'85	1'60
A-8-J ₅ ⁸	0'39	0'43	0'66	1'42
A-14-J ₅ ⁸	0'76	0'52	0'49	1'30
A-1-V ₅ ⁸	0'12	0'46	0'74	1'29
A-4-V ₅ ⁸	0'30	0'59	0'57	1'16
A-8-V ₅ ⁸	0'38	0'68	0'55	1'35
A-14-V ₅ ⁸	0'44	1'38	0'37	1'09

TABLA 136

VOLUMEN DE POROS Y DENSIDADES DE LOS ACTIVADOS

Muestra	V mesoporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	V macroporos $\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$	d(1 Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	d(2000Kg) $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$
A-1-J ₅	0'10	0'35	0'88	1'47
A-4-J ₅	0'17	0'37	0'79	1'37
A-8-J ₅	0'50	0'65	0'55	1'52
A-14-J ₅	0'67	1'07	0'43	1'65
A-1-V ₅	0'14	0'52	0'75	1'49
A-4-V ₅	0'24	0'68	0'65	1'46
A-8-V ₅	0'46	0'98	0'50	1'74
A-14-V ₅	0'40	1'12	0'45	1'46



V.- DISCUSION DE RESULTADOS



V.- DISCUSION DE RESULTADOS

V.- DISCUSION DE RESULTADOS

En el presente Capítulo discutiremos los resultados experimentales y los cálculos basados en los mismos, procurando establecer una relación entre ellos, así como con otros resultados encontrados en la Bibliografía.

5.1.- PROCESO DE CARBONIZACION

El proceso de carbonización se realizó siguiendo el método y utilizando los materiales indicados en el Capítulo 2. Los resultados obtenidos se encuentran en la Tabla III y representados en la Figura 6.

Es de destacar el hecho de que el rendimiento obtenido en el proceso de carbonización, en las condiciones de nuestras experiencias, es independiente de la edad de la madera.

En la citada Tabla III se observa que los rendimientos en el proceso de carbonización con tratamientos térmicos de una hora varían para las muestras procedentes de ambos tipos de madera entre el 75% correspondiente al tratamiento a 200°C y el 30% en el caso de la carbonización a 1000°C. Por otra parte, cuando el proceso de carbonización se realizó a 800°C durante un tiempo de ocho horas los rendimientos para ambas clases de madera fueron del 30%.

Se debe hacer constar que los rendimientos recogidos en dicha tabla corresponden a la media de los obtenidos en las diferentes carbonizaciones realizadas para obtener las cantidades necesarias de muestra para su posterior estudio y que los mismos son reproducibles.

En la Figura 6 se observa cómo el rendimiento del proceso de carbonización disminuye muy intensamente desde la temperatura de 200°C hasta la temperatura de 600°C, a partir de la cual el descenso se hace menos acentrado.

La pérdida de peso que se produce en la muestra cuando ésta es sometida a la temperatura de 300°C, durante una hora, en las condiciones de nuestras experiencias, coincide prácticamente con la que sufre la muestra cuando se le somete a 110°C hasta pesada constante. Esto parece indicar que a la temperatura de 300°C aún no se ha iniciado el proceso de carbonización y la disminución de peso es debida sólo a la pérdida del agua de hidratación.

En el intervalo de temperaturas comprendido entre 300 y 600°C es donde se produce la mayor pérdida de peso, originada por la pirólisis y destilación de los componentes orgánicos de la madera. A temperaturas superiores, en las que el rendimiento disminuye sólo ligeramente, se eliminan aquellas sustancias orgánicas menos volátiles. Por otra parte, el hecho de que los rendimientos obtenidos permanezcan prácticamente constantes a partir de 600°C puede influir en la textura de los carbonizados obtenidos y, consecuentemente, en sus propiedades adsorbentes.

Las pérdidas de peso observadas durante el proceso de carbonización se ajustan muy bien con el mecanismo propuesto por Tang y Bacon (79) para la carbonización de celulosa en flujo de nitrógeno hasta la temperatura de 700°C. Dichos autores dividen el mecanismo de carbonización en cuatro etapas: a) Hasta la temperatura de 150°C se produce la desorción física del agua. b) Entre las temperaturas de 140-240 °C se realiza la deshidratación de las unidades de celulosa. c) Entre 240 y 400°C se produce la rotura de los enlaces glicosídicos, de enlaces C-O y de algunos enlaces C-C a través de reacciones en las que se producen radicales libres y desprendimiento de H₂O, CO, CO₂ etc. d) A temperatura de 400°C y superiores se produce la aromatización.

En nuestro caso, el calentamiento se ha elevado hasta 1000°C, habiéndose producido una destilación prácticamente total de los componentes orgánicos. Por otra parte, las consideraciones indicadas anteriormente con respecto a la pérdida de agua a 300°C en las condiciones de nuestras experiencias parecen coincidir con las suposiciones de Tang y Bacon.

5.2.- PROCESO DE ACTIVACION

Las propiedades adsorbentes de los carbones activos dependen de los procesos de carbonización y, muy especialmente, de la activación de dichos carbonizados. Ya se han indicado las condiciones de temperatura y tiempos empleados en la carbonización. De todos los carbonizados obtenidos se han seleccionado para su posterior activación los correspondientes a los tiempos de carbonización de 1 y 8 horas y temperatura de carbonización de 800°C, en todos los casos.

Los procesos de activación pueden llevarse a cabo, como se indicó en el primer capítulo, bien en disolución utilizando una sustancia deshidratante, por ejemplo $ZnCl_2$ y posterior activación en fase gaseosa, o bien directamente utilizando gases que actúan como oxidantes tales como vapor de agua, dióxido de carbono, aire, etc. La temperatura utilizada en la activación depende del agente activante elegido y suele ser algo inferior a la temperatura de carbonización, en el presente trabajo se ha elegido la temperatura de activación de 775°C, la cual se encuentra dentro del intervalo de temperaturas utilizadas más frecuentemente en el caso de materiales de procedencia y características similares a las utilizadas en nuestra experiencias (80)(12), y como agente activante dióxido de carbono. En todas las series de carbones activos preparados, los tiempos de activación han sido de 1, 4, 8 y 14 horas. En el proceso de activación se han utilizado muestras que habían sido carbonizadas durante tiempos de una u ocho horas, y velocidades de calentamiento

to de 2°C/min. ó de 5°C/min. hasta conseguir la temperatura de activación. También , y con el fin de estudiar la influencia que pueda tener el proceso de carbonización en las propiedades de los activados, se han preparado muestras activando directamente el material de partida. El estudio de las propiedades de los carbones activos preparados directamente podrá indicar la posible influencia de algunos de los factores que puedan condicionar las mismas, tales como la edad de la madera, tiempo de carbonización, tiempo de activación, velocidad de calentamiento y proceso de carbonización.

Los resultados experimentales se encuentran, junto con la nomenclatura utilizada, en las Tablas 4 y 5 . Puede observarse que los rendimientos, referidos a la cantidad de madera pesada inicialmente, varían entre el 32% (para la muestra A-1-V₅) y el 10% (caso de la muestra A-14-J₂¹). A la vista de tales resultados se puede deducir que, en las condiciones en las que se han realizado las experiencias , no ejercen una influencia notable sobre el rendimiento, ni la edad de la madera, ni la velocidad de calentamiento, ni el tiempo de carbonización. Tampoco parece influir sensiblemente en el rendimiento el hecho de que el proceso de activación se realice bien directamente o después de una previa carbonización.

Por otra parte dentro de una misma serie de muestras se puede apreciar, según lo esperado, que el rendimiento disminuye a medida que aumenta el tiempo de activación.

5.3.- ANÁLISIS QUÍMICO

Los resultados de los análisis químicos de algunas muestras significativas fueron incluidos en la Tabla 6.

En ella se puede observar que el contenido en carbono de la madera vieja es superior al de la madera joven, lo que está de acuerdo con las diferencias estructurales que existen entre estas -

dos maderas (81) (82). La madera vieja está constituida por diferentes azúcares unidos entre sí por medio de enlaces de hidrógeno formando macromoléculas de hasta 40.000-70.000 Å de longitud, las cuales constituyen las fibras. En la madera joven el grado de polimerización es mucho menor y la longitud de las macromoléculas es del orden de 75000 Å. Además, la madera vieja tiene un grado de lignificación superior al de la madera joven y, por lo tanto, mayor contenido en carbono.

Con respecto a la variación del porcentaje de los elementos analizados en la serie de muestras formada por la madera original, el carbonizado a 800°C-1 hora y el activado 8 horas, de ambos tipos de madera, se ha de hacer notar, según se aprecia en la Tabla 6, que el porcentaje de carbono aumenta al progresar los procesos de carbonización y de activación; el porcentaje de hidrógeno disminuye, el correspondiente al nitrógeno permanece constante y el azufre solo se ha detectado en el caso de la muestra de madera joven.

En la Tabla 6, además de los resultados del análisis químico elemental se encuentran los datos obtenidos en la determinación del contenido de cenizas, observándose que el mismo aumenta con la carbonización y activación de la madera y, aunque los valores sean relativamente elevados, quedan dentro de los límites encontrados en la bibliografía para el caso de los carbones utilizados en la industria química (12).

El aumento del porcentaje de carbono en las muestras sometidas a los procesos de carbonización y de activación puede explicarse si se considera que en tales procesos se desprenden sustancias en estado gaseoso con la consiguiente pérdida de peso y aumento de la cantidad relativa de carbono, aunque al ejercer su acción el gas que actúa como oxidante se estén eliminando también átomos de carbono. Por otra parte, cuando se estudia la variación del porcentaje de carbono al pasar de las maderas originales a los carbonizados a 800°C-1 hora, aun cuando el contenido en carbono de la madera

vieja es mayor, se llega a valores prácticamente iguales en los carbonizados, lo que indica que en el proceso de carbonización se está eliminando una cantidad relativamente mayor de carbono en el caso de la madera vieja que en el de la joven.

El porcentaje de hidrógeno disminuye en las muestras analizadas, como era de prever, en los procesos de carbonización y de activación. Este comportamiento normal se justifica por el hecho de que en tales procesos se elimina hidrógeno en estado gaseoso como componente del agua y de sustancias orgánicas. Por otra parte, el hidrógeno que permanece en la estructura del carbón activo puede ser el resultado de una carbonización imperfecta o posiblemente porque esté quimisorbido en su superficie, caso en el que resultaría difícil de eliminar incluso mediante tratamiento a elevadas temperaturas.

Otro hecho que merece destacarse es la ausencia de azufre en las muestras analizadas salvo en el caso de la muestra de madera joven, en la que se ha detectado un porcentaje de azufre del 0'59%. Posiblemente esto se deba a una insuficiente eliminación de sulfatos en el tratamiento previo que fué sometida la madera. La carencia de azufre en los carbones activos puede tener una importancia significativa en la aplicación de tales materiales como soportes de catalizadores.

Como ya se ha indicado en este mismo apartado, en la determinación del contenido en cenizas se han obtenido valores relativamente elevados, aunque queden dentro de los límites referidos en la bibliografía. Las cenizas proceden de los componentes inorgánicos presentes en la madera original y que permanecen a través de la carbonización y activación, aumentando a medida que lo hace, el grado de quemado.

Estos componentes inorgánicos juegan un papel importante en la adsorción en fase gaseosa y en disolución, sobre todo cuando

se trata de solutos polares. No obstante, cuando su presencia sea un inconveniente en alguna aplicación de los carbones activos (lo que sucede principalmente en la adsorción de solutos en disolución) existen métodos, descritos detalladamente en la bibliografía, que permiten la eliminación de tales componentes inorgánicos (20)(22)(23).

5.4.- ADSORCION DE GASES

Para obtener información acerca de la textura de las muestras objeto de estudio en el presente trabajo se han obtenido, a partir de la representación de los datos experimentales, las isoter^umas de adsorción de N_2 a las temperaturas de 77 y 90°K así como las correspondientes de CO_2 a la temperatura de 273°K.

Hay que hacer constar que la información así obtenida será complementada con la resultante de la aplicación de otras técni^ucas tales como la porosimetría de mercurio o de la adsorción de solu^utos en disolución.

5.4.1.- ISOTERMAS DE ADSORCION DE N_2 A 77 y 90°K

La adsorción de N_2 a 77°K se ha estudiado sobre los carbonizados y sobre las muestras de carbones activos, obteniendose las isoter^umas que se representaban en las Figuras 7 a 8. Además, se ha realizado la adsorción del mismo adsorbato a la temperatura de 90°K sólo sobre los carbones activos (Figuras 19 a 26).

Dado el gran número de muestras obtenidas y, en consecuencia, la dificultad que entraña el análisis de los resultados experimentales, vamos a desglosar, en el caso de la adsorción de N_2 a 77°K, el estudio de los carbonizados y de los activados.

Las isothermas de las muestras carbonizadas durante una hora, a diferentes temperaturas, y las obtenidas por carbonización durante una y ocho horas a 800°C (Figuras 7 a 10), de ambas clases de madera, son del tipo I de la clasificación B.D.D.T.(75) (Figuras 7 a 10) características de sólidos esencialmente microporosos. En este tipo de isothermas aumenta rápidamente la cantidad de gas adsorbido a presiones relativas bajas, y al seguir aumentando la presión relativa de equilibrio apenas se adsorben cantidades adicionales de adsorbato; en otras palabras, esto nos está indicando que prácticamente todo el gas que se adsorbe lo hace a presiones relativas bajas. Con respecto a este hecho existe la interpretación clásica de que el codo tan pronunciado que aparece en este tipo de isothermas se debe a la formación de la monocapa y otra interpretación más reciente en la que se supone que a presiones relativas bajas se está llenando los microporos de tamaño semejante o algo superior a las moléculas de adsorbato. Esta segunda interpretación es una de las causas de que la exactitud y fiabilidad en los valores determinados de los volúmenes de la monocapa, y por tanto en los subsiguientes de las superficies, sean objeto de severas y continuas críticas. A pesar de estas limitaciones, las superficies obtenidas a partir del supuesto volumen de la monocapa tienen interés comparativo y siguen siendo ampliamente utilizados. No obstante, el hecho de que la isoterma tenga un codo más o menos abierto suele utilizarse como un criterio cualitativo comparativo de la microporosidad. En nuestro caso, si se observan las formas de las isothermas de los carbonizados procedentes de MJ y MV (preparados en las mismas condiciones) se deduce que los segundos son más microporosos (codos más cerrados) que los primeros (codos más abiertos). Por otra parte, cuando se comparan las isothermas de adsorción de los carbonizados procedentes de ambos tipos de madera con tiempos de carbonización de 1 y 8 horas (Figuras 9 y 10) encontramos que, en el caso de las correspondientes a los carbonizados de madera joven, se aprecian diferencias considerables en la forma del codo de la isoterma, mientras que para los procedentes de madera vieja el carbonizado de 1 hora tiene el codo prácticamente igual al de 8 horas. Esto nos sugiere que si la madera jo-

ven se somete a carbonización durante un tiempo prolongado (en nuestro caso fué de 8 horas) se incrementa la microporosidad.

Las superficies de las muestras carbonizadas, a diferentes temperaturas y tiempos de carbonización, de ambos tipos de madera, se han calculado mediante los métodos de B.E.T., Langmuir y Dubinin, los cuales se describieron en el capítulo IV y los valores encontrados para las superficies estaban reflejados en la Tabla 127.

Cuando se comparan los valores de las superficies obtenidas por los diferentes métodos de cálculo utilizados encontramos que son muy parecidos entre sí los resultantes de la aplicación de la ecuación de Langmuir y de Dubinin, siendo éstos a su vez superiores a los calculados por el método de B.E.T., lo cual es debido a las limitaciones propias de esta teoría cuando se aplica a sólidos microporosos (60).

En dicha tabla puede observarse que para la muestras carbonizadas, procedentes de ambos tipos de madera, los valores de las superficies, independientemente del método de cálculo utilizado aumentan al elevar la temperatura de carbonización de 500 a 600°C, permanecen prácticamente constantes entre 600 y 900°C, y disminuyen sensiblemente cuando la temperatura de tratamiento es de 1000°C.

El hecho de que las superficies de los carbonizados aumenten hasta la temperatura de 600°C y se mantengan prácticamente constantes desde dicha temperatura hasta la de 900°C puede indicar que el proceso de carbonización ha finalizado casi por completo a la temperatura de 600°C, la cual coincide con las temperaturas de carbonización encontradas por otros autores (400-600°C) al trabajar con maderas de diferente procedencia (12). Esto confirma los resultados encontrados y ya discutidos acerca de la variación de los rendimientos de los carbonizados en función de la temperatura de carbonización; dichos resultados se encuentran representados en papel doble logartmico en la Figura 99 donde se definen dos líneas rectas

una de mayor pendiente (entre 200 y 600°C) y otra de menor pendiente para temperaturas superiores a 600°C.

Las superficies de los carbonizados de ambos tipos de madera preparados a 1000°C presenten una superficie notablemente inferior a las de las muestras preparadas en el intervalo de temperaturas comprendido entre 600 y 900°C.

Esta sensible disminución de la superficie accesible a las moléculas de N_2 no parece ser debida a un proceso de sinterización, dado que la temperatura y el tiempo de tratamiento son muy pequeños para que tal proceso tenga lugar en forma sensible (83) (84). Por ello pensamos que dicha disminución sea producida por procesos de cierre de algunos microporos. Para poder confirmar esta suposición habría que haber determinado las densidades con helio, pero no se ha dispuesto de dicha técnica.

Otra variable cuya influencia se ha querido determinar ha sido el tiempo de carbonización; los estudios realizados en este sentido indican, de acuerdo con los datos de la Tabla 127, que la superficie aumenta con el tiempo de carbonización, dentro del intervalo estudiado por nosotros (1 y 8 horas). Esto debe estar relacionado con la disminución del rendimiento que se produce en las muestras carbonizadas durante ocho horas y que debe dar lugar a un cierto desarrollo de la porosidad y, por lo tanto, de la superficie.

Este desarrollo de la porosidad al carbonizar durante un tiempo prolongado puede deberse a la creación o apertura de poros como consecuencia de la eliminación de carbono combinado con otros elementos; es decir, que durante este tiempo se estaría completando la carbonización. Otras posibilidades que llevarían asociados cambios en la porosidad, tales como la reorganización de las láminas de carbón (lo que sería difícil a una temperatura tan baja) o la apertura de poros obstruidos, hay que desecharlas ya que supondrían, en las condiciones de trabajo en atmósfera inerte, una constancia en el rendimiento y esto contradice los resultados experimentales.

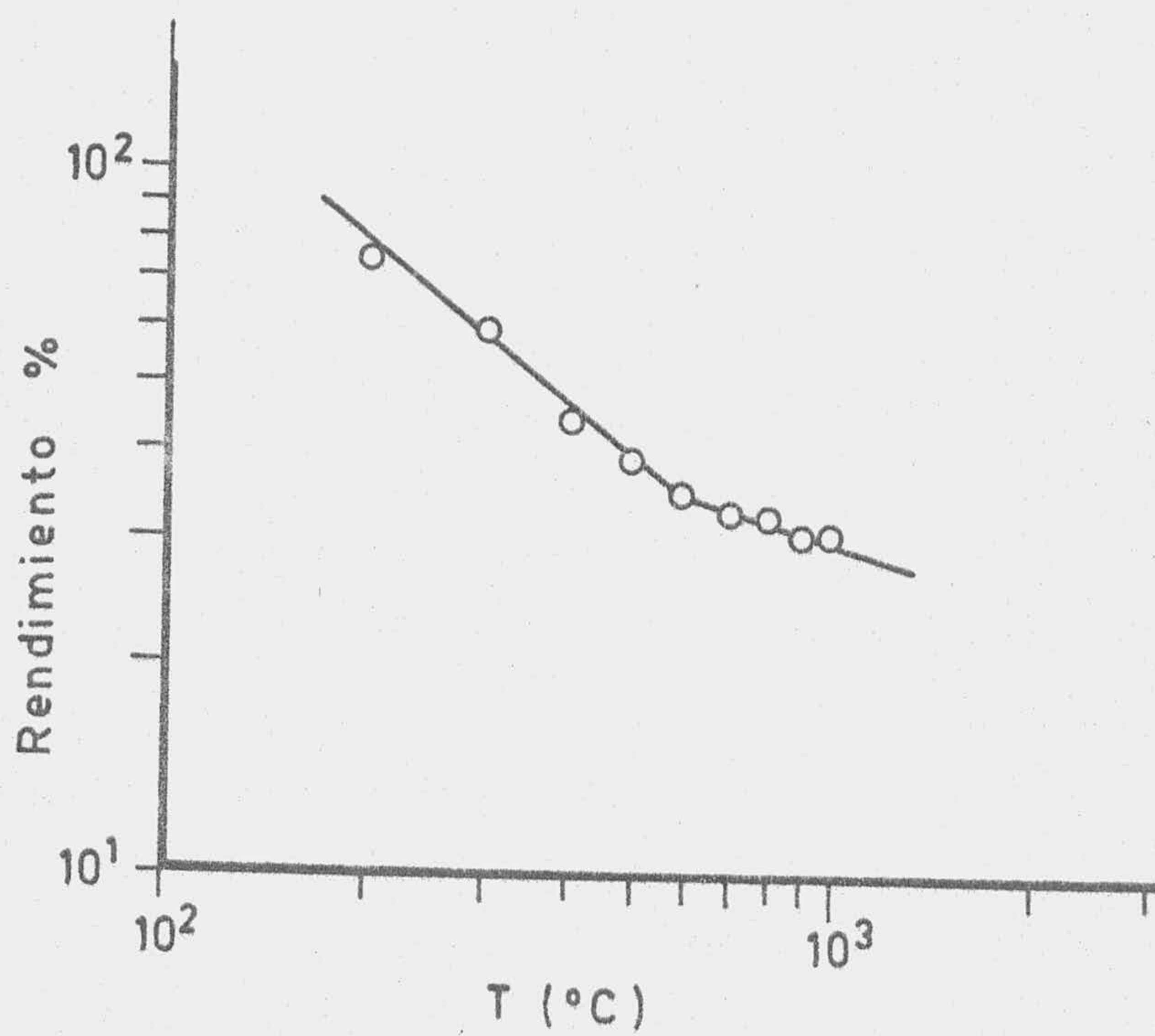


FIGURA 99.- Rendimiento de los carbonizados

A la vista de los resultados descritos y comentados en los párrafos anteriores se ha seleccionado la temperatura de 800°C y tiempos de carboniación de una u ocho horas en la preparación de carbonizados para su posterior activación. Dicha temperatura ha sido elegida por quedar dentro de los límites en los que las muestras de carbonizado presentan una superficie prácticamente constante, y por poder realizar la activación con CO₂ a temperaturas algo inferiores.

Es evidente que hubiera sido imposible realizar el estudio de las propiedades de los carbones activos obtenidos a partir de todos los carbonizados posibles, preparados con diferentes temperaturas y tiempos de carbonización, así como diferentes velocidades de calentamiento, ya que el número de muestras así obtenidas sería muy elevado y, por lo tanto, su estudio estaría fuera de los objetivos que nos hemos propuesto en esta memoria.

Las isotermas de adsorción de N₂ a 77K sobre los carbones activos preparados en las condiciones ya descritas se expusieron en las Figuras 11 a 18. Por otra parte, con el fin de seguir los cambios producidos en la forma de la isoterma del carbonizado y de las muestras activadas a diferentes tiempos, hemos representado, como ejemplo, las isotermas de dos series de carbones activos, una obtenida de carbonizados de madera vieja y otra de joven, y las isotermas del carbonizado de partida, preparado a 800°C y tiempo de carbonización de 1 hora (Figuras 100 y 101). En estas gráficas se puede ver como se va produciendo una evolución de la forma de la isoterma desde la del carbonizado que es representativa del tipo I de la clasificación de B.D.D.T, hasta la del activado con tiempo de activación de 14 horas que se parece más al tipo II de la misma clasificación. La misma variación se produce en las restantes series de carbones activos estudiados, independientemente de la velocidad de calentamiento utilizada en la activación, del tiempo de carbonización y de que la activación se realice con ó sin previa carbonización. Este cambio de la forma de la isoterma indica que a medida que progresa la activación, además de aumentar el número de microporos,

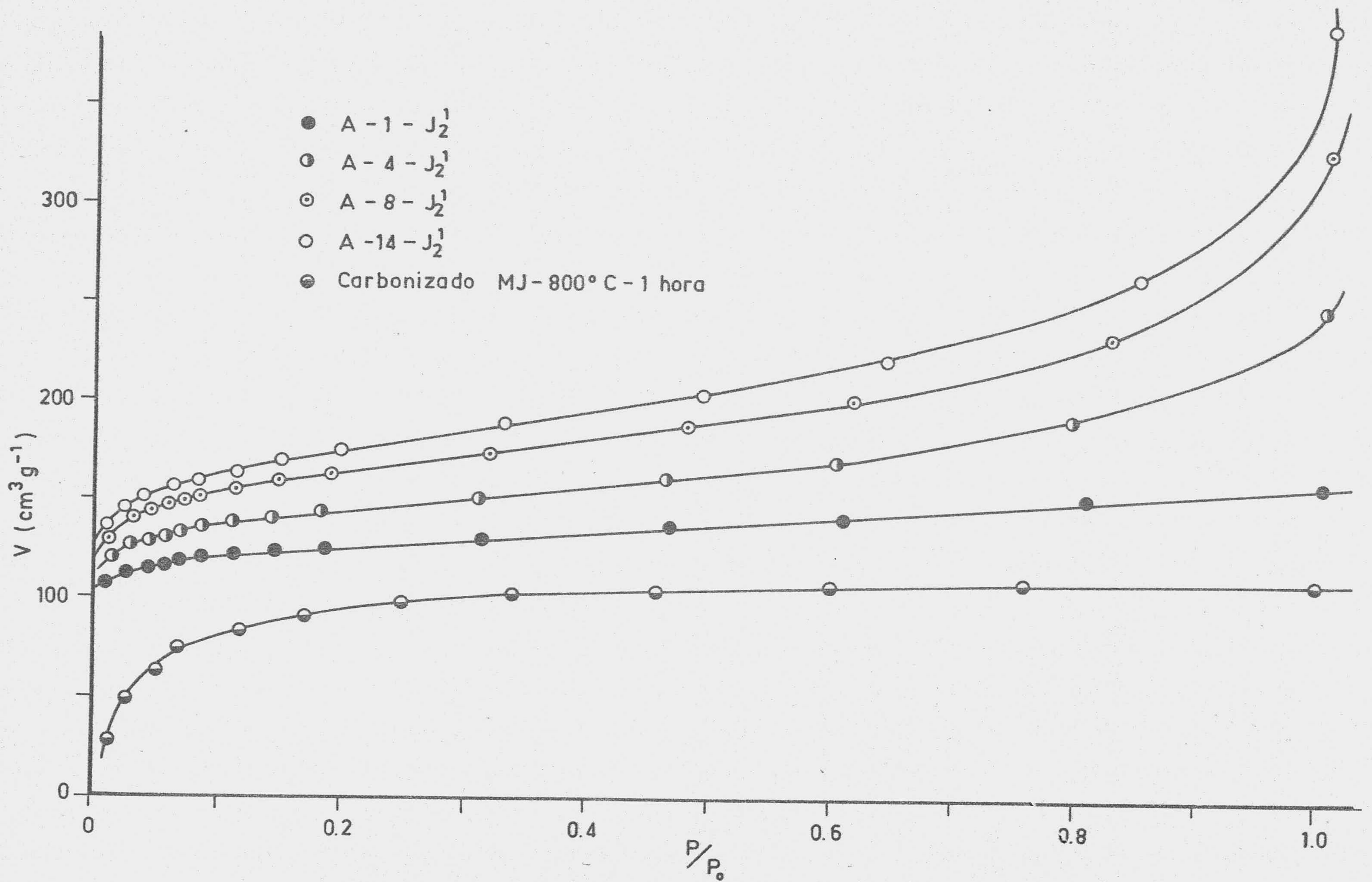
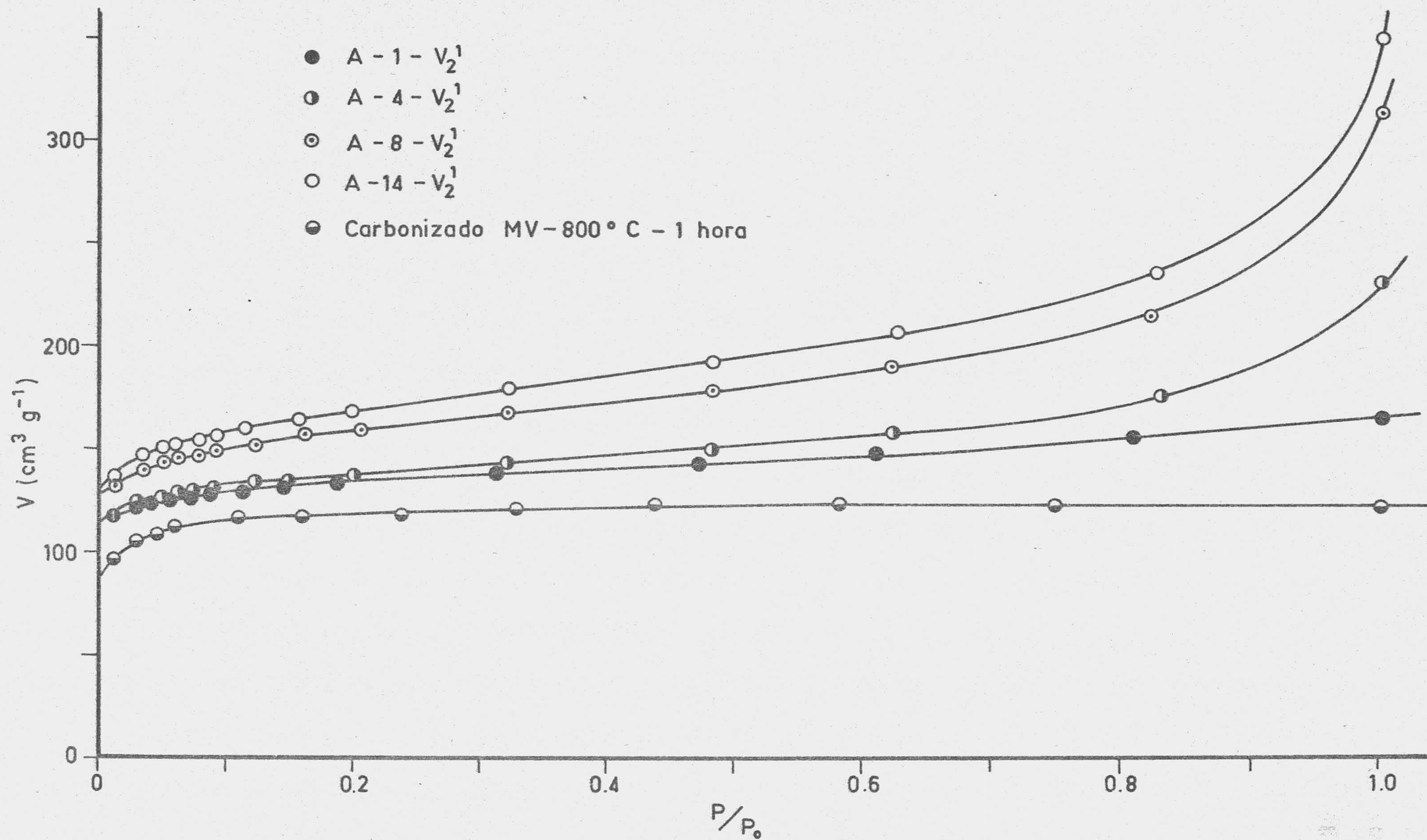


FIGURA 100 - Isothermas de adsorción de N₂ a 77K

FIGURA 101.- Isothermas de adsorción de N_2 a 77K

se produce un desarrollo de la estructura mesoporosa y al efectuar la adsorción del gas y tener lugar la condensación capilar en los mesoporos aumenta considerablemente la cantidad adsorbida, más que cuando la adsorción es multimolecular, a una presión de equilibrio dada inferior, por supuesto, a la de saturación. Así se explica la desviación de la isoterma con respecto a la del tipo I a presiones relativas elevadas.

Las isotermas de adsorción de N_2 a $90^\circ K$ sobre los carbones activos (Figuras 19 a 26) sólo se han podido definir hasta presiones relativas del orden de 0'3 y no es posible asignar a qué tipo pertenecen, aunque es de suponer que sigan la misma variación que las correspondientes a $77^\circ K$. Estas isotermas a $90^\circ K$, para la misma muestra, aparecen siempre por debajo de la correspondiente a $77^\circ K$, lo que nos indica que se trata de un proceso de adsorción física.

La capacidad adsorbente de sólidos porosos principalmente cuando se trata de sólidos microporos, suele darse como volumen de sustancia adsorbida, expresado como líquido, o bien como superficie calculada a partir de la capacidad de la monocapa, V_m . A pesar de esta diferencia de criterios en la interpretación del proceso de adsorción y dado que en la bibliografía el término de superficie se encuentra con mayor frecuencia hemos, optado por este parámetro para comparar las capacidades adsorbentes de los carbones activos objeto de estudio. Las superficies calculadas por los métodos indicados y descritos escuetamente en el capítulo IV las hemos incluido en las Tablas 128, 129 y 130.

Se puede observar que en todas las muestras estudiadas los valores de las superficies obtenidas por el método de B.E.T. (calculadas a partir de los datos de adsorción de N_2 a $77^\circ K$) son inferiores a las correspondientes superficies determinadas por los métodos de Langmuir o Dubinin-Radushkevich.

Esta diferencia es debido a que en estos sólidos microporosos el método de B.E.T. sólo se cumple hasta presiones relativas bajas, (del orden de $P/P_0 \approx 0.1$) mientras que los otros dos métodos lo hacen hasta presiones relativas más elevadas que corresponden con el aumento rápido de la cantidad adsorbida prosiblemente por efectuarse la adsorción en los mesoporos.

Al comparar las superficies de los carbones activos preparados en las mismas condiciones variando sólo el tiempo de activación con el carbonizado de partida, (800°C y una hora) se aprecia un aumento ligero en la superficie cuando se activa sólo durante una hora y que progresivamente se acentua este aumento a medida que el tiempo de activación se hace mayor, de forma que en todas las series, independientemente de la velocidad de calentamiento y de la edad de la madera de la que procedía el carbonizado, se obtiene la máxima superficie para las muestras activadas durante 14 horas. Esto es lógico ya que a medida que se prolonga la activación aumenta el tanto por ciento de quemado con el consiguiente desarrollo de la porosidad, principalmente en la zona de micro y mesoporos. Cuando se parte de un carbonizado a 800°C durante 8 horas (experiencias que fueron realizadas para ver la influencia del tiempo de carbonización) se observa un comportamiento algo diferente, dependiendo de la madera de origen. Con respecto a los carbones activos procedentes de madera joven la variación de los valores de las superficies con el tiempo de activación sigue la misma secuencia que los correspondientes a las muestras procedentes de un carbonizado de una hora, siendo los valores (para iguales tiempo de activación) del mismo orden. En los referente a los activados procedentes de madera vieja las superficies presentan valores análogos a los obtenidos a partir de madera joven cuando los tiempos de activación son de 1, 4 y 8 horas siendo muy superiores cuando se activa durante 14 horas (muestra A-14-V₅⁸), dando en este caso una superficie del orden de 1000 m²/g que es el valor más elevado de los encontrados en este trabajo. El comportamiento diferente de esta muestra creemos puede deberse a una disminución en el tamaño de los

poros producidos durante un proceso de activación prolongada posterior a la carbonización durante 8 horas.

Esta suposición podrá justificarse a la vista de los resultados obtenidos mediante la porosimetría de mercurio, que se discutirá más adelante.

Por otra parte, las muestras A-1-V₅⁸ y A-1-J₅⁸ presentan superficies de 591 y 596 m²/g (según Langmuir) mientras que las superficies de los carbonizados durante 8 horas obtenidos por el mismo método son de 629 y 591 m²/g es decir que son ligeramente inferiores o iguales a las de los respectivos activados. Estos resultados parecen indicar que cuando el proceso de carbonización se realiza durante un tiempo elevado (8 horas) en la activación posterior con un tiempo pequeño (1 hora) no se produce alteración en la estructura porosa que pueda significar un aumento de la superficie. Son necesarios tiempos de activación superiores para la eliminación de obstrucciones y apertura de nuevos poros. En cuanto a lo referente a la influencia de la velocidad de calentamiento sobre las propiedades adsorbentes de las muestras hemos de indicar que los valores obtenidos para las superficies de las muestras preparadas con velocidad de calentamiento de 2°C, para muestras preparadas con iguales tiempos de activación y procedentes del mismo tipo de madera, son en general algo superiores a aquellos que presentan las muestras obtenidas con velocidad de calentamiento de 5°C/min. Esta pequeña diferencia puede deberse al mayor tiempo de contacto del CO₂ con el carbonizado, a partir de la temperatura a la cual se inicia la activación, cuando se utiliza una velocidad de calentamiento de 2°C/min.

Otro estudio que se ha realizado es la posible influencia del proceso de carbonización en las propiedades de los carbones activos. Por este motivo se han preparado muestras activando directamente las maderas con CO₂ en las mismas condiciones de temperatura, tiempos de activación y velocidad de calentamiento de 5°C/min. Los valores calculados para las superficies aplicando los tres métodos ya mencionados fueron recogidos en la Tabla 130.

En la citada tabla se puede observar que las superficies calculadas para las muestras preparadas por activación directa, a partir de ambos tipos de madera, presentan valores muy parecidos..

A continuación vamos a establecer una comparación entre los valores de las superficies de las muestras obtenidas por activación directa con las preparadas partiendo de un carbonizado a 800°C y una hora de carbonización, con idéntica temperatura, velocidad de calentamiento y tiempos de activación. Al comparar los valores de las superficies de las muestras con el mismo tiempo de activación encontramos, en todos los casos, que éstos son ligeramente superiores para las muestras en las cuales el proceso de activación se realizó directamente. Esta diferencia resulta difícil de justificar dado el desconocimiento actual acerca del mecanismo de acción del CO_2 en el proceso de activación; no obstante sugerimos que pueda deberse a la especificidad del CO_2 sobre determinados grupos presentes en la madera (grupos que se eliminarían en el proceso de carbonización) o bien que entre la sustancia activante y los productos resultantes en el proceso de activación tenga lugar una reacción química con formación de algunos productos que puedan ejercer una acción activante o favorecer la reacción del CO_2 con la madera.

Con el fin de establecer una relación entre las superficies de las muestras obtenidas en el presente trabajo y el tanto por ciento de quemado referido al carbonizado se han representado, a título de ejemplo, en la Figura 102 los datos correspondientes a dos series de muestras. En la citada figura se aprecia que existe una relación prácticamente lineal entre las superficies y el tanto por ciento de quemado; esta variación es general en todas las series preparadas si bien hay que hacer la salvedad de que en algunos casos existe una dispersión sensible de los datos experimentales con respecto a la recta ideal.

Se han calculado las superficies accesibles al N_2 a 90°K de todos los carbones activos por los mismos métodos que en el caso de la adsorción de N_2 a 77°K y los valores aparecen en las mismas

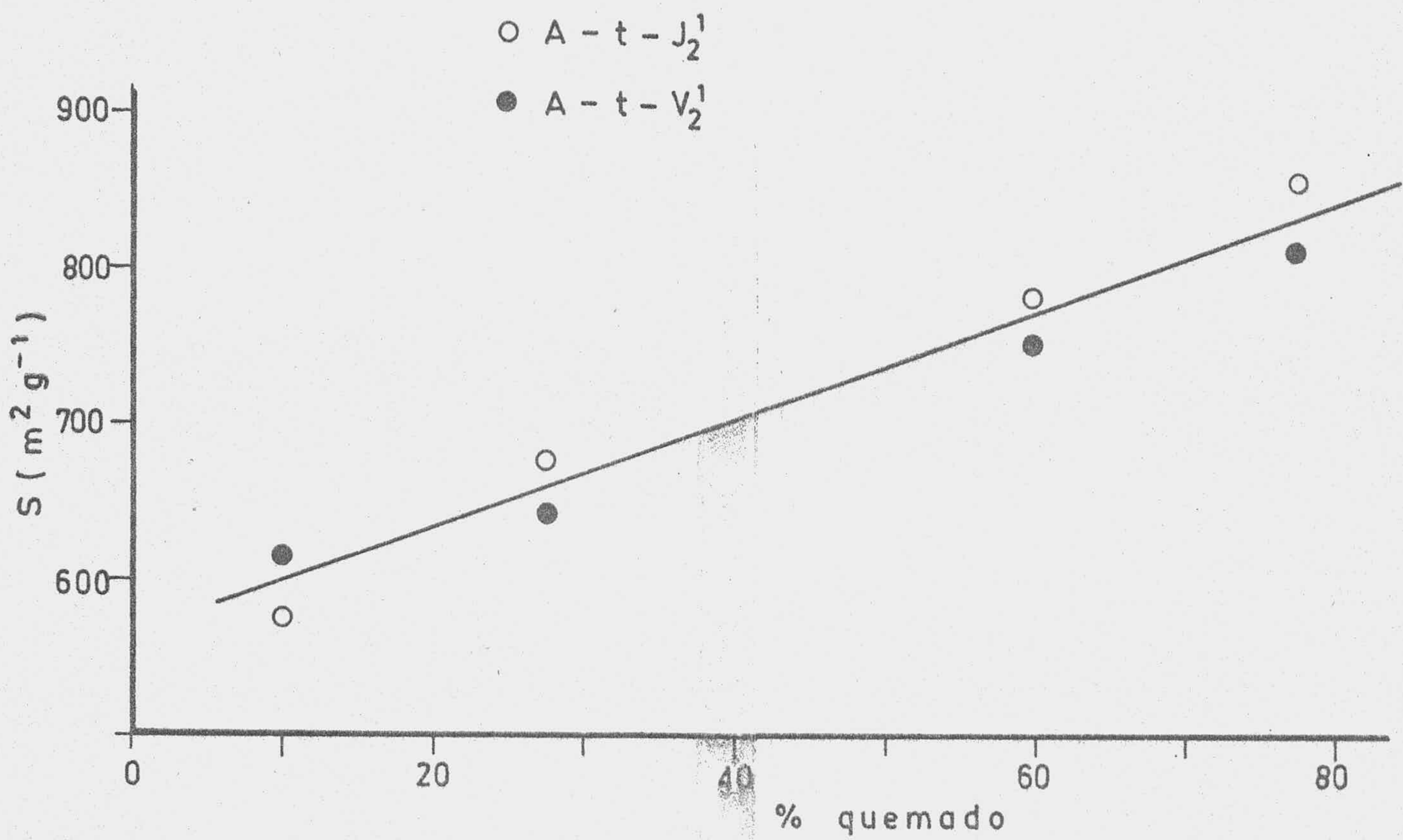


FIGURA 102.- Relación entre la superficie y el tanto por ciento de quemado

tablas. Dichos valores son , en todos los casos, inferiores a los correspondientes a la adsorción de N_2 a $77^\circ K$. La variación de la superficie en función de las variables que hemos estudiado está sujeta a los mismos comentarios que se han hecho en el caso de la adsorción de N_2 a $77^\circ K$.

5.4.2.- ISOTERMAS DE ADSORCION DE CO_2 A $273^\circ K$

En algunos carbones se ha encontrado un efecto de difusión activada en el proceso de adsorción física de gases en los microporos (85) obteniéndose valores del volumen de microporos que difieren de los reales cuando éstos se determinan por adsorción de N_2 a $77^\circ K$. Por ello algunos autores (86)(87) prefieren realizar el proceso de adsorción a temperaturas más elevadas, ($195,273$ ó $298^\circ K$) utilizando CO_2 como adsorbato, ya que al aumentar la temperatura se favorece el proceso de difusión activada. Además, estos autores partidarios de la utilización del CO_2 como adsorbato indican como razón de esta preferencia frente al N_2 la condensación del N_2 en los microporos incluso a presiones relativas muy bajas mientras que según los mismos autores (86)(87), la adsorción de CO_2 se limita a una monocapa.

En la actualidad existen diferentes criterios sobre la elección del adsorbato que dé un volumen de microporos que se ajuste mejor al valor real, encontrándose trabajos en la bibliografía en los que se justifican las razones que determinan la selección del CO_2 (86)(87)(85) o del N_2 (60)(51) como adsorbato. Ante esta divergencia de opiniones decidimos utilizar ambos adsorbatos con la intención de complementar la información obtenida en la utilización de ambos. Las isotermas de CO_2 a $273^\circ K$ sobre los carbones activados se representaron en las Figuras 27 a 34. Dado que a la presión de saturación del CO_2 a ésta temperatura es muy elevada las isotermas sólo se han podido definir hasta presiones relativas de equilibrio muy bajas (0,026) por lo que a las isotermas obtenidas no se las

puede incluir dentro de ningun tipo de la clasificación de B.D.D.T., aunque posiblemente pertenezcan al tipo I de dicha clasificación, característico de sólidos microporosos. Para el cálculo de las superficies específicas a partir de los datos de adsorción se ha utilizado sólo la ecuación de Dubinin-Radushkevich ya que a presiones relativas tan bajas no son apropiadas las ecuaciones de B.E.T. o Langmuir (85). Los valores de las superficies así determinadas se incluyeron junto a los calculados a partir de la ecuación de N_2 en las Tablas 128, 129 y 130.

Al comparar los valores de las superficies específicas calculadas en ambos casos aplicando la ecuación de Dubinin-Radushkevich encontramos que estas son siempre inferiores cuando se utiliza CO_2 como adsorbato. Estos resultados parecen lógicos sí, como ya se anticipó al comparar los datos de adsorción de N_2 a 77 y 90°K, la cantidad adsorbida disminuye al aumentar la temperatura de adsorción - comportamiento normal en los casos de sólidos en los que las dimensiones de sus poros son superiores a las de las moléculas de los adsorbatos.-

Dentro de cada serie de carbones activos las superficies aumentan con el tiempo de activación, aunque las diferencias entre los valores de las mismas correspondientes a las muestras menos y más activadas son superiores a las obtenidas para las mismas muestras cuando se utiliza N_2 a 77°K. Esto indica que el tiempo de activación ejerce una influencia menor en la preparación de carbones activos cuando éstos se utilizan para adsorber CO_2 a 273°K y a presión atmosférica. Esto podría interpretarse, de acuerdo con otros autores (66) como que las muestras obtenidas por nosotros ejercen una acción de tamiz molecular frente al CO_2 , es decir que existe en porcentaje elevado de microporos con tamaños próximos al de la molécula de CO_2 , aunque dada la pequeña diferencia en las dimensiones moleculares de los adsorbatos utilizados, nosotros sugerimos que el distinto comportamiento de estos carbones frente a un adsor-

bato y otro se debe a que en la adsorción de CO_2 a 273K sólo se pueden conseguir presiones relativas muy bajas (del orden de 0'026) y en estas condiciones, probablemente, no se llegue a completar la monocapa.

De todas formas podemos indicar que la variación de las superficies calculadas a partir de los datos de adsorción de CO_2 a 273K en función de las distintas variables consideradas en la preparación de los carbones activos, tales como el tiempo de carbonización, tiempo de activación, activación directa, velocidad de calentamiento o tipo de madera, siguen exactamente las mismas variaciones que las observadas al estudiar las superficies obtenidas con N_2 a 77K, por lo que la discusión que allí se hizo es válida en el presente caso.

5.5.- POROSIDAD

El estudio de la textura de los carbones implica el conocimiento de su superficie, de la porosidad y de la distribución de la misma. La superficie es uno de los parámetros más utilizados para indicar la capacidad adsorbente de un carbón determinado frente a un adsorbato, generalmente de N_2 , CO_2 , vapores, etc. Lógicamente, la superficie accesible a un determinado adsorbato dependerá, entre otros factores, de las dimensiones de dicha molécula y, por tanto, para obtener información acerca de la superficie de un sólido accesible a un adsorbato determinado es necesario conocer la porosidad del sólido en cuestión, así como la distribución de la misma.

La información sobre la porosidad y su distribución se puede conseguir utilizando técnicas cuyos resultados se complementan, tales como porosimetría de mercurio, modelos teóricos aplicables a los datos de adsorción física de gases y de solutos en diso-

lución, difracción de Rayos-X, microscopía electrónica, etc. En el presente trabajo este estudio se ha llevado a cabo a partir de la porosimetría de mercurio, que suministra información acerca del volumen acumulado de poros y sobre la distribución del tamaño de los mismos en las zonas de macro y de mesoporos hasta 37 \AA de radio, como valor mínimo. La aplicación de la ecuación de D-R a los datos de adsorción de física de gases a diferentes temperaturas proporciona también información al respecto. Estos resultados se completan con los obtenidos en la adsorción de p-nitrofenol en disolución a la temperatura de 298K.

Dado el gran número de muestras preparadas y al objeto de simplificar su estudio vamos a proceder a estudiar separadamente los carbonizados de los activados, como ya hicimos anteriormente.

Los resultados de las porosimetrías de mercurio para los carbonizados fueron recogidos en las tablas 62 a 83 y representados en las figuras 35 a 37.

En las citadas tablas se puede observar que, para la misma temperatura de carbonización, las muestras procedentes de madera vieja presentan mayor volumen acumulado de meso y macoporos que las procedentes de madera joven y que dichos volúmenes, para ambos tipos de madera, aumentan desde la madera original hasta el carbonizado preparado a 300°C , permaneciendo prácticamente constante para las muestras preparadas entre 300 y 900°C . Es decir, la temperatura de carbonización no parece ejercer influencia sobre el desarrollo de la meso y macroporosidad, si bien cuando la temperatura se aumenta hasta 1000°C se produce una ligera disminución en el volumen acumulado de mesoporos. Esto parece indicar que a una temperatura baja como es 300°C ya se ha desarrollado la meso y macroporosidad. Por el contrario, cuando estudiamos la superficie de los carbonizados se indicó que los valores de las superficies aumentaban con la temperatura de carbonización de 500 a 600°C (hay que hacer la aclaración de que las isotermas de adsorción de N_2 a 77K de los carbonizados a temperaturas inferiores a 500°C no pudieron obtenerse en el aparato gravimétrico

debido a su poca capacidad adsorbente, siendo constante este valor hasta la temperatura de 900°C y disminuyendo al preparar el carbonizado a 1000°C. Estos resultados parecen indicar que la meso y macroporosidad se producen a temperaturas inferiores que la microporosidad. En cuanto al tiempo de carbonización no parece ejercer influencia sobre la estructura meso y macroporosa, lo que está de acuerdo con lo supuesto anteriormente al estudiar la influencia de la temperatura de carbonización, resultado que difiere con respecto de la influencia del tiempo de carbonización en la microporosidad de los carbonizados.

Las densidades aparentes (Tablas 133 y 134) obtenidas a partir de los datos de porosimetría de mercurio a la presión de $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ experimentan una variación inversa a la indicada para los volúmenes acumulados de poros, siendo las densidades de los carbonizados procedentes de madera vieja inferiores a las de las correspondientes a la joven. La densidad, para ambos tipos de madera, disminuye desde la madera de origen hasta el carbonizado de 300°C, permaneciendo prácticamente constante al aumentar la temperatura alcanzando los valores de alrededor de $0.80\text{ g}/\text{cm}^3$ para el carbonizado de la madera vieja y de $1\text{g}/\text{cm}^3$ para el de la joven. Las densidades calculadas a $2000\text{Kg}/\text{cm}^2$, es decir, restandole al volumen de mercurio desplazado por la muestra a la presión de $1\text{Kg}/\text{cm}^2$ el volumen total de mercurio que llenan los meso y macroporos a la presión de $2000\text{Kg}/\text{cm}^2$, son muy semejantes para ambos tipos de madera y prácticamente permanecen constantes al variar la temperatura.

En lo que respecta a los activados (tabla 84 a 115 y figuras 38 a 45), los valores de los volúmenes acumulados para las muestras activadas son superiores a las de los carbonizados de procedencia, independientemente de la madera de partida, siendo en general dicho volumen acumulado superior para los activados de madera vieja que para los de la joven, preparados en las mismas condiciones. Estos volúmenes acumulados aumentan dentro de cada serie a medida que progresa el tiempo de activación. Otro hecho importante a resaltar es el diferente desarrollo de la porosi-

dad en los carbones activos procedentes de madera vieja y joven; así, mientras en los primeros el volumen tanto de meso como de macroporos aumenta casi linealmente con el tiempo de activación, en los segundos el volumen de mesoporos sigue el mismo comportamiento anterior, mientras que el volumen de macroporos aumenta ligeramente o permanece prácticamente constante con el tiempo de activación. Esto puede verse claramente en la figura 104 en la que se ha representado el volumen de meso, macro y volumen total acumulado de poros en función del tanto por ciento de quemado para dos series de carbones activados procedentes de carbonizados a 800°C y 1 hora de madera joven y vieja, con velocidad de calentamiento de 5°C/min y tiempos de activación de 1, 4, 8 y 14 horas. Este hecho, que es general puede comprobarse en las representaciones diferenciales de volúmenes de poros en función de su tamaño (figuras 91 a 98) en las que se observa que aparecen dos máximos, uno en la zona de meso y otro en la de macroporos, para los carbones activos preparados a partir de carbonizados procedentes de madera vieja y solo un máximo, en la zona de mesoporos, cuando el material inicial en la preparación de los carbones activos era madera joven. Este comportamiento también se observa al comparar los carbonizados procedentes de madera vieja y joven (figuras 85 y 90).

En cuanto a la influencia del tiempo de carbonización sobre el desarrollo de la mesoporosidad durante el proceso de activación (tablas 135 y 136), se observa un comportamiento algo diferente, dependiendo del tipo de madera de partida. Así, en los activados con igual tiempo de activación, procedentes de madera joven, el volumen de mesoporos es prácticamente el mismo para los carbones activos que proceden de carbonizados de una u ocho horas.

cuando la madera de partida es la vieja se observa que los activados procedentes de carbonizados con tiempos de carbonización de una hora presentan, en general, valores de volúmenes de mesoporos algo superiores a los activados obtenidos con iguales

○ v. mesoporos

● v. macroporos

○ v. total

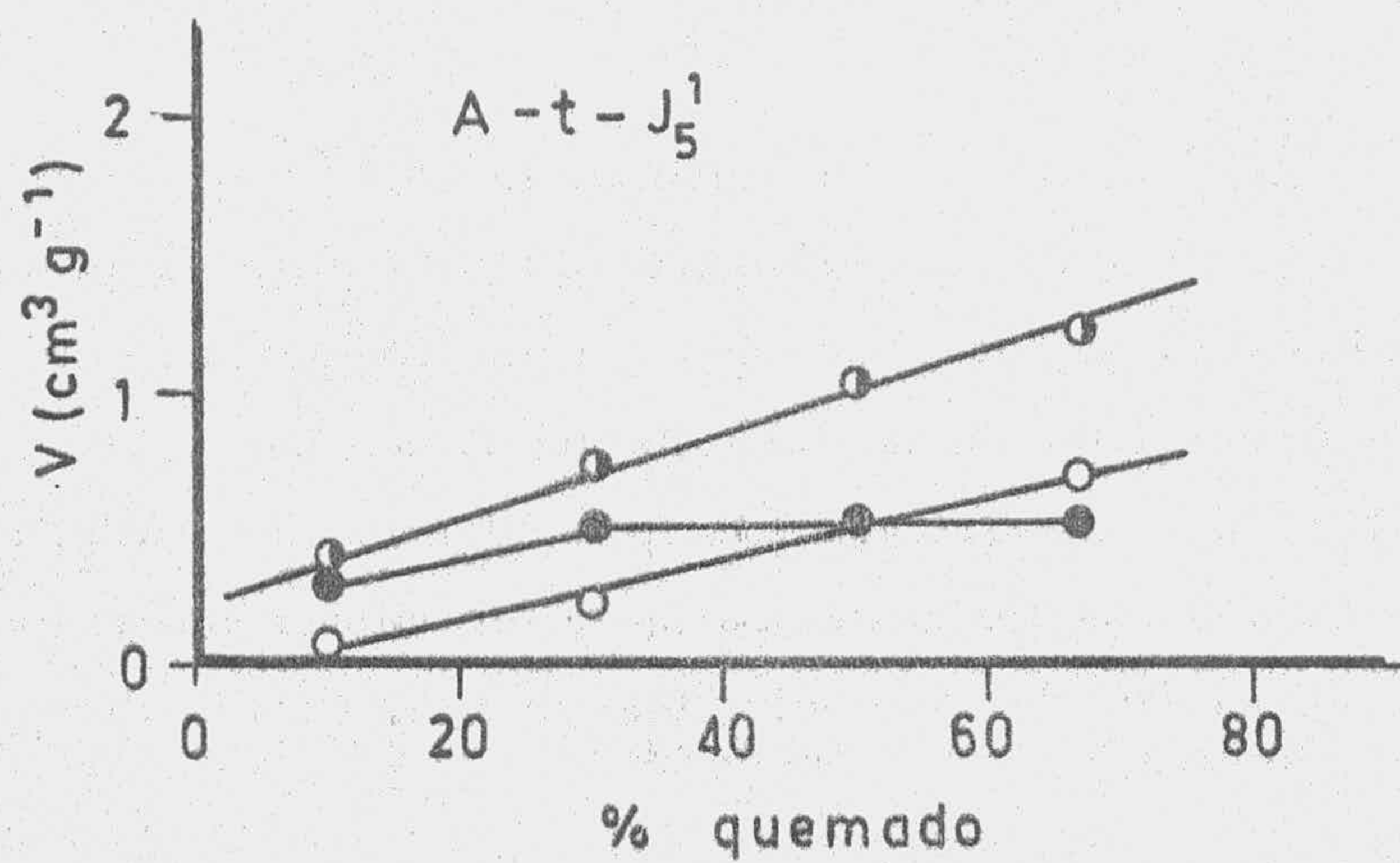
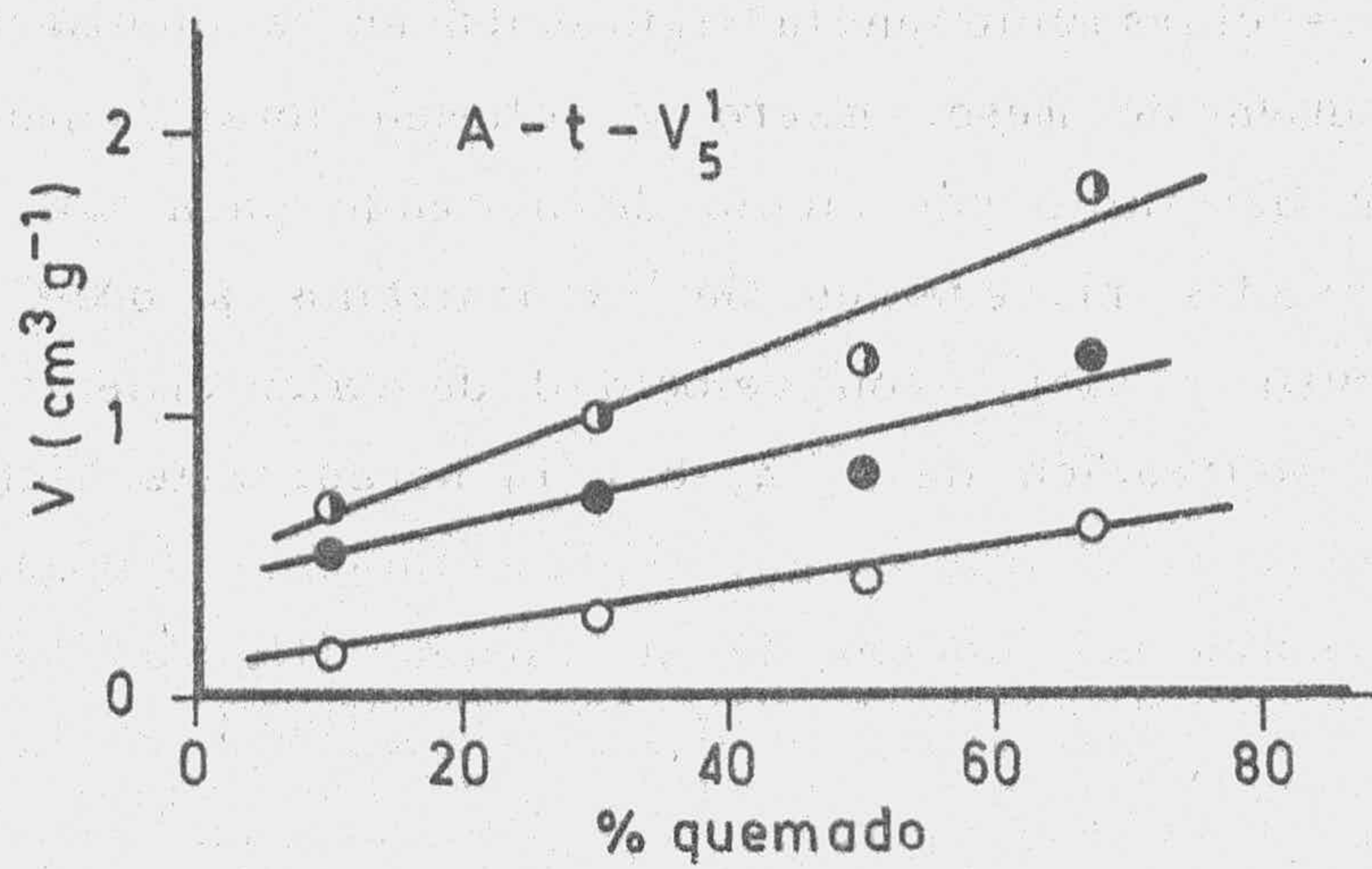


FIGURA 103.- Relación entre volúmenes acumulados de poros y el tanto por ciento de quemado

tiempos de activación procedentes de carbonizados con tiempo de carbonización de ocho horas y que dicha diferencia se acentúa cuando se trata de estos últimos carbonizados activados durante 14 horas.

Este hecho sugiere que el tiempo de carbonización parece tener cierta influencia en el desarrollo de la mesoporosidad del activado cuando se partió de madera vieja, no ejerciendo apenas influencia cuando la madera de partida fue la joven. La muestra resultante en la activación durante 14 horas de un carbonizado de madera vieja con 8 horas de carbonización previa presenta, como se ha indicado anteriormente, un volumen de mesoporos bastante inferior al de la muestra obtenida en las mismas condiciones pero partiendo de un carbonizado de 1 hora. Posiblemente, en el primer caso, además de crearse microporos, se están formando una cantidad adicional de éstos por cierre parcial de mesoporos; este resultado concuerda totalmente con los valores obtenidos de las superficies como ya se discutió al hablar de este parámetro.

En lo referente a la influencia que la velocidad de calentamiento, usado en el proceso de activación, pueda ejercer sobre el volumen de meso y macroporos, se puede observar (tablas 135 y 136) que, en general, para tiempos de activación de 1, 4 y 8 horas, los volúmenes de meso y macroporos de las muestras preparadas con igual tiempo de activación y de la misma madera de partida pero con distinta velocidad de calentamiento ($2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ o $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$) son prácticamente iguales. Sin embargo, cuando el tiempo de activación es de 14 horas, las muestras preparadas con velocidad de calentamiento de $2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ presentan mayor volumen acumulado de meso y macroporos que las preparadas en iguales condiciones pero con velocidad de calentamiento de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$. Es decir, la velocidad de calentamiento parece influir en el desarrollo de la meso y macroporosidad solo para las muestras en las que los tiempos de activación han sido los más prolongados (14 horas).

Por otra parte, al realizar el estudio de las superficies basándonos en los datos de adsorción de nitrógeno a 77°K encontramos valores algo superiores en las muestras preparadas con velocidad de calentamiento de 2°C/min. Comparando los resultados obtenidos en la adsorción física de gases con los correspondientes en la porosimetría de mercurio se puede deducir que con velocidad de calentamiento baja se produce un desarrollo de la porosidad algo superior al originado cuando la velocidad de calentamiento es de 5°C/minuto, por creación de poros nuevos los cuales no deben proceder del estrechamiento de mesoporos.

Con el fin de ver la influencia del proceso de carbonización sobre la meso y macroporosidad de los carbones activos hemos comparado los volúmenes acumulados de los poros correspondientes a las muestras preparadas por activación directa (sin previa carbonización) con las que procedían de un carbonizado. Se encuentra que, para ambos tipos de madera, el volumen acumulado de mesoporos es prácticamente el mismo para las muestras preparadas de las dos formas; estos resultados indican que no existe una influencia sensible del método de preparación sobre el desarrollo de la estructura mesoporosa. En el caso del volumen acumulado de macroporos existe un comportamiento distinto, según la edad de la madera de procedencia; así, en las muestras procedentes de madera vieja no existen diferencia en el volumen de macroporos para las muestras obtenidas con activación directa o con carbonización previa, mientras que en el caso de las muestras preparadas a partir de madera joven por activación directa se observa un mayor desarrollo de la macroporosidad.

Las densidades aparentes de las muestras activadas se determinaron de la forma indicada al estudiar los carbonizados y los resultados obtenidos para las densidades calculadas a 1Kg/cm² aparecen en las Tablas 135 y 136. Al representar las densidades de las muestras activadas en función del tanto por ciento de quemado (Figura 104) se puede observar que, dentro de cada serie, la densi-

dad disminuye al aumenta el tanto por ciento de quemado, apreciándose una correlación casi lineal entre estas dos variables y que, para el mismo tanto por ciento de quemado, la densidad es inferior en los carbones activos procedentes de madera vieja. Siendo, en todos los casos, las densidades de los activados inferiores a los carbonizados de procedencia (Tablas 133 a 136).

Este comportamiento es lógico ya que, como se vió anteriormente, los activados procedentes de madera vieja presentaban valores de los volúmenes acumulados totales de poros superiores a los activados preparados de madera joven, no ejerciendo influencia, para las muestras obtenidas del mismo tipo de madera, la velocidad de calentamiento y el tiempo usado en el proceso de carbonización. Tampoco se ha observado diferencia por el hecho de realizar el proceso de activación en una o dos etapas.

Las densidades aparentes calculadas mediante porosimetría de mercurio a la presión de 2000Kg/cm^2 (Tablas 135 y 136) siguen la misma secuencia que los volúmenes totales de poros acumulados: es decir, las muestras con mayor volumen total de poros tendrán mayor densidad. Por ejemplo, la muestra A-14-V₅⁸ presenta la menor densidad aparente de todos los carbones activos estudiados en este trabajo, lo cual concuerda con los resultados ya discutidos al hablar de las superficie y de los volúmenes acumulados de mesoporos; al activar durante 14 horas un carbonizado preparado a 800°C con un tiempo de carbonización de 8 horas se produce un estrechamiento en los poros disminuyendo el volumen de mesoporos, por lo que presenta la menor densidad aparente, y aumentando el volumen de microporos y, como consecuencia de ello, la superficie también aumenta.

Dubinin (88) supone que en el proceso de adsorción sobre sólidos microporosos se produce el llenado de microporos del adsorbente por el adsorbato en estado líquido; la aplicación de la ecua-

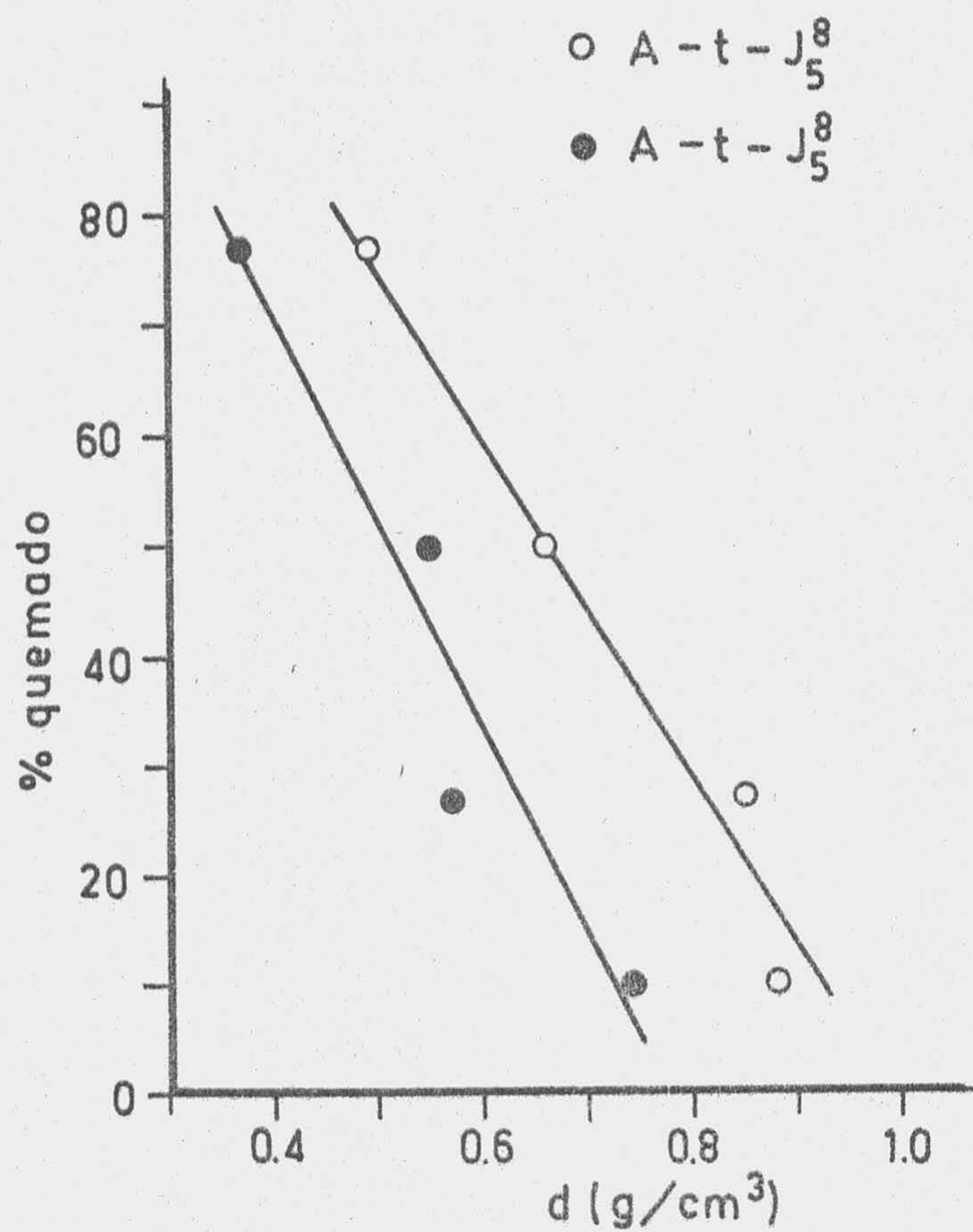


FIGURA 104.- Relación entre la densidad y el tanto por ciento de quemado

ción de D-R a los datos de adsorción de N_2 a $77^\circ K$ y CO_2 a $273^\circ K$ nos ha permitido obtener información acerca del volumen de microporos (V_o), así como determinar el valor de D que da una idea semicuantitativa del tamaño medio de los microporos. Estos valores fueron recopilados en las Tablas 128 a 130.

La discusión de los valores de V_o (líquido) se puede simplificar si tenemos en cuenta que, para un adsorbato dado, estos valores son proporcionales a las correspondientes superficies ya que, como es sabido, V_o (líquido) se calculó multiplicando V_o (gas), obtenido de la representación gráfica de la ecuación de Dubinin, por un factor en el que están incluidas las densidades del adsorbato en los estados líquido y gaseoso a la temperatura de adsorción. Por esta razón, en el presente estudio se va a omitir la influencia de las variables que se controlaron en los procesos de carbonización y activación sobre los valores de V_o (líquido) limitándonos a comparar los valores de V_o determinados al utilizar dos adsorbatos distintos, como son N_2 y CO_2 .

En todas las muestras activadas se puede observar que el valor de V_o calculado a partir de la adsorción de N_2 a $77^\circ K$ es superior al V_o determinado a partir de CO_2 a $273^\circ K$, si bien se debe hacer constar que las diferencias que existen entre ambos valores no son excesivamente considerables aunque aumentan con el tiempo de activación, siendo la diferencia máxima en el caso de la muestra A-14-V₅⁸. Estos resultados podrían ser justificados en base al diferente tamaño molecular de ambos adsorbatos, razón que consideramos en este caso poco consistente, debido a la pequeña diferencia que existe en el diámetro de ambas moléculas. También podrían justificarse los resultados teniendo en cuenta que la adsorción de CO_2 se ha realizado a una temperatura muy superior ($273^\circ K$) que el N_2 ($77^\circ K$). Como es bien sabido en los procesos de adsorción física ésta disminuye al aumentar la temperatura, salvo en los casos en los que el proceso de adsorción se realiza mediante un me-

canismo de difusión activada, el cual se ve favorecido al aumentar la temperatura (89)(90). El diferente empaquetamiento de las moléculas de ambos adsorbatos en los microporos (91) puede también justificar estas diferencias. Por último, hemos de indicar que, posiblemente, a las presiones relativas tan bajas y a la temperatura de 273°K a la que se ha realizado la adsorción del CO₂ no haya tenido lugar el llenado de los microporos con el adsorbato en estado líquido e incluso no se haya completado la monocapa.

La pendiente de la recta obtenida en la representación de D-R da el valor del parámetro D, el cual es función del tamaño medio de los microporos (8)(88)y(51), por lo que algunos autores (92)(93) utilizan dicho valor como una medida semicuantitativa del tamaño medio de microporos y se suele emplear para poner de manifiesto comparativamente los cambios que se producen en la estructura microporosa durante el proceso de activación (94); con esta única finalidad haremos uso de tal parámetro en el presente trabajo.

Los valores del parámetro D, una vez calculados a partir de las representaciones de D-R para la adsorción de N₂ a 77°K y 90°K, fueron incluidos en las Tablas 128 a 130, donde se puede observar que estos permanecen prácticamente constantes para los activados obtenidos en distintas condiciones y procedente de distinto tipo de madera. Por otra parte, como vimos anteriormente, el valor de Vo(líquido) aumenta con el tiempo de activación, es decir, que aumenta el volumen de microporos por un mayor desarrollo de estos durante el proceso de activación, mientras que ahora encontramos que el parámetro D permanece prácticamente constante. Ambos resultados parecen indicar que durante el proceso de activación se están creando microporos de tamaños muy semejantes.

Finalmente, si observamos los volúmenes de microporos Vo, los volúmenes acumulados de meso y macroporos y los valores del parámetro D se deduce que, durante el proceso de activación,

una parte de los microporos se ensanchan dando lugar a la formación de mesoporos y, simultáneamente, se forman microporos de tamaños similares a los originales que permanecen sin modificar. De esta forma se justifica el aumento del volumen de micro y mesoporos al aumentar el tiempo de activación, así como que el parámetro D permanezca prácticamente constante.

Los valores de las superficies accesibles al N_2 a $77^\circ K$ y del parámetro D de los carbones activos obtenidos en el presente trabajo son muy parecidos a los encontrados en los carbones activos preparados por otros autores en este Departamento usando como materiales de partida hueso de aceituna o cáscara de almendra (65) (66) y obtenidos en condiciones semejantes.

5.6.- ADSORCION DEL p-NITROFENOL EN DISOLUCION

El cálculo de la superficie y de la distribución de poros de sólidos se realiza, generalmente, a partir de los datos de adsorción de diferentes gases o vapores sobre la muestra objeto de estudio. Este método necesita aparatos sofisticados y resulta muy laborioso, por lo que numerosos autores (61)(74)(77)(95) han propuesto un método alternativo, a la vez que más sencillo de realización, como es la adsorción de solutos en disolución. Los solutos normalmente utilizados suelen ser colorantes, de fácil determinación espectrofotométrica, y de diferentes tamaños moleculares, con lo que además de determinar la superficie accesible a cada adsorbato se puede obtener información acerca de la distribución de la porosidad del sólido en la zona de micro y mesoporos. Entre los adsorbatos de uso más difundido se encuentra el p-nitrofenol que, como ya se indicó en el capítulo III, es el que parece reunir casi todas las condiciones requeridas para adsorber un soluto en disolución y es el recomendado por un gran número de investigadores (61)(95)(96), por lo que lo hemos elegido en este trabajo.

Aunque Giles y Colaboradores (74) han propuesto un método sencillo, rápido y reproducible para determinar las superficies a partir de las correspondientes isothermas de adsorción en disolución obtenidas sin tener en cuenta el tiempo necesario para que se establezca el equilibrio adsorción-desorción entre el adsorbato y adsorbente, nosotros creemos imprescindible que los puntos que definan las isothermas correspondan a estados de equilibrio entre adsorbato-adsorbente.

5.7.- TIEMPO DE EQUILIBRIO

Hemos de hacer constar que en este trabajo no se ha pretendido realizar un estudio acerca de la cinética de adsorción del p-nitrofenol por los carbones activos, sino sólo determinar el tiempo necesario para que se alcance el equilibrio entre el adsorbato en disolución y el adsorbente. Para ello se operó, según lo indicado en el capítulo III, llegando a definir las curvas representadas en la Figura 46, en la que se puede observar cómo para las muestras activadas con tiempos de 8 y 14 horas, el tiempo de equilibrio se alcanza a los 8 días, mientras, que las activadas durante tiempos menores necesitan un tiempo de 13 días, el cual es del mismo orden al encontrado por otros autores al estudiar la adsorción de solutos en disolución sobre carbones activos (97).

Esta diferencia en los tiempos de equilibrio (8 y 13 días) puede ser atribuida a que en las muestras más activadas se ha producido un desarrollo mayor en los meso y macroporos, los cuales son los que sirven como canales a través de los cuales se va a producir la adsorción en los microporos. Una vez fijados los tiempos de adsorción se procedió a realizar el estudio de la misma. Para ello, se siguió el método experimental ya descrito, obteniéndose así, en cada caso, los valores de (X) y de (C/Co) . La representación de $x = f(C/Co)$ condujo a las isothermas que aparecen representadas en

las Figuras 47 a 55 las cuales aparecen muy bien definidas hasta valores de $C/Co \approx 0.86$.

Dichas isothermas presentan, a valores bajos de C/Co , un tramo casi vertical, por lo que los hemos incluido dentro de las isothermas del tipo H-2 de la clasificación de Giles (98), que constituyen un caso particular de las isothermas de tipo L de la citada clasificación. En algunas muestras más activadas dichas isothermas evolucionan hacia el tipo H-3, es decir, a concentraciones relativas altas se produce un aumento en la cantidad retenida. El hecho de que estas isothermas pertenezcan al tipo H hace pensar, de acuerdo con Giles, que las moléculas del paranitrofenol se encuentran adsorbidas en la superficie del adsorbente con el anillo aromático paralelo a la superficie del adsorbente y unidas a la misma, probablemente mediante fuerzas de Van der Waals y enlaces de hidrógeno del grupo fenol con los oxígeno superficiales del carbón activo. Podrían además producirse interacciones laterales entre las moléculas adsorbidas a través de enlaces de hidrógeno, dando lugar a la llamada adsorción cooperativa (98) ya que las moléculas de p-nitrofenol adsorbidas en la superficie colaborarían en la fijación de nuevas moléculas del adsorbato en la citada superficie.

Cuando los puntos más activos de la superficie del adsorbente han sido cubiertos por las moléculas del adsorbato, éstas se retendrán sobre las primeras ya fijadas a través de enlaces de hidrógeno, dando lugar a una adsorción en multicapa. Estas son las isothermas que corresponden al tipo H-3. Las superficies del adsorbente accesibles a las moléculas del p-nitrofenol se han determinado bien mediante la aplicación de la ecuación de Langmuir a los datos de adsorción, con lo que hemos determinado X_L , ó bien determinando dicho valor mediante el criterio de Giles (61)(98). Este último autor considera que la aparición de un tramo recto paralelo al eje de abscisas corresponde al cubrimiento de las zonas más activas del adsorbente por una capa monomolecular de adsorbato.

A partir de los valores de X_m obtenidos por los dos métodos ya mencionados se ha calculado la superficie de los carbones activos accesible al p-nitrofenol; para ello hemos considerado que las moléculas se encuentran fijadas con el núcleo aromático paralelo a la superficie del adsorbente cubriendo, en esta posición, la molécula del p-nitrofenol un área de 52.5 \AA^2 . Dichos valores de superficies se han incluido junto a los de X_L y X_G en las Tablas 131 y 132. Dado que los valores de la superficie y los de X_m (X_L ó X_G) son proporcionales entre sí, vamos a limitarnos a discutir la superficie, ya que lo que se diga para una será aplicable a la otra.

Como se puede observar en las citadas tablas, los valores de las superficies accesibles al p-nitrofenol de las diferentes muestras estudiadas dan resultados análogos por ambos métodos, aunque algo inferiores los determinados mediante el procedimiento de Giles, lo que puede ser atribuido a los errores de lectura sobre la gráfica; además, dichos valores aumentan, dentro de una misma serie, a medida que lo hace el tiempo de activación no ejerciendo gran influencia las diferentes condiciones en que han sido preparados los carbones activos ni la madera de procedencia. El hecho de que las superficies aumentan desde unos $100 \text{ m}^2/\text{g}$ (para las muestras activadas durante una hora) hasta alrededor de $400 \text{ m}^2/\text{g}$ (para las activadas durante 14 horas) puede ser debido a que al aumentar el tanto por ciento de quemado se está produciendo un aumento en el volumen de microporos a la vez que se están creando meso y macroporos, los cuales aparte de contribuir a la adsorción del p-nitrofenol van a servir de canales a los microporos de tamaño igual o superior a la molécula de p-nitrofenol.

Al comparar los valores de las superficies accesibles al p-nitrofenol, de los carbones activos con los determinados mediante la adsorción de N_2 a 77°K se observa, para todas las muestras, que los calculados usando p-nitrofenol son inferiores a los correspon

dientes al N_2 y que dichas diferencias son mayores en las muestras obtenidas con tiempos de activación más pequeños, lo cual es lógico ya que, como hemos discutido anteriormente, a medida que progresa el tiempo de activación se produce un aumento en el volumen de micro y mesoporos, que son accesibles a las moléculas de p-nitrofenol.

El hecho de que las superficies accesibles al p-nitrofenol sean inferiores a las correspondientes al N_2 coincide con lo encontrado por otros autores al estudiar la adsorción del p-nitrofenol sobre sólidos microporosos (95)(99) y es explicado en base a la diferencia de tamaño molecular del p-nitrofenol y del N_2 , que hace accesibles a poros más pequeños a las moléculas del N_2 con respecto a las del p-nitrofenol.

Por último, hemos creído de interés conocer cuál es la superficie accesible a los diferentes adsorbatos que correspondería a un gramo de madera original después de ser sometida a los tratamientos adecuados para su transformación en carbón activo. Para ello, hemos multiplicado, siguiendo a Kasaoka (100), el rendimiento de cada muestra por la superficie de la misma accesible a los diferentes adsorbatos y al representar estos productos en función de los rendimientos hemos obtenido las figuras 105 y 106, que corresponden a la adsorción de N_2 a 77 K y de p-nitrofenol a 298K, respectivamente. También se han representado en estas figuras las rectas teóricas que corresponden a superficies de 200,500 y 1000 m^2/g .

En la Figura 105 se observa que, para todos los activados, con independencia del tipo de madera utilizada o del método seguido para su preparación, SxR para el N_2 aumenta casi linealmente desde las muestras activadas durante 14 horas, las cuales presentan los menores valores de SxR, hasta las obtenidas con tiempo de activación de una hora, las cuales presentan el máximo valor de SxR dentro de cada serie. Los carbonizados tienen valores de SxR algo inferiores a estos últimos.

N₂ a 77 K

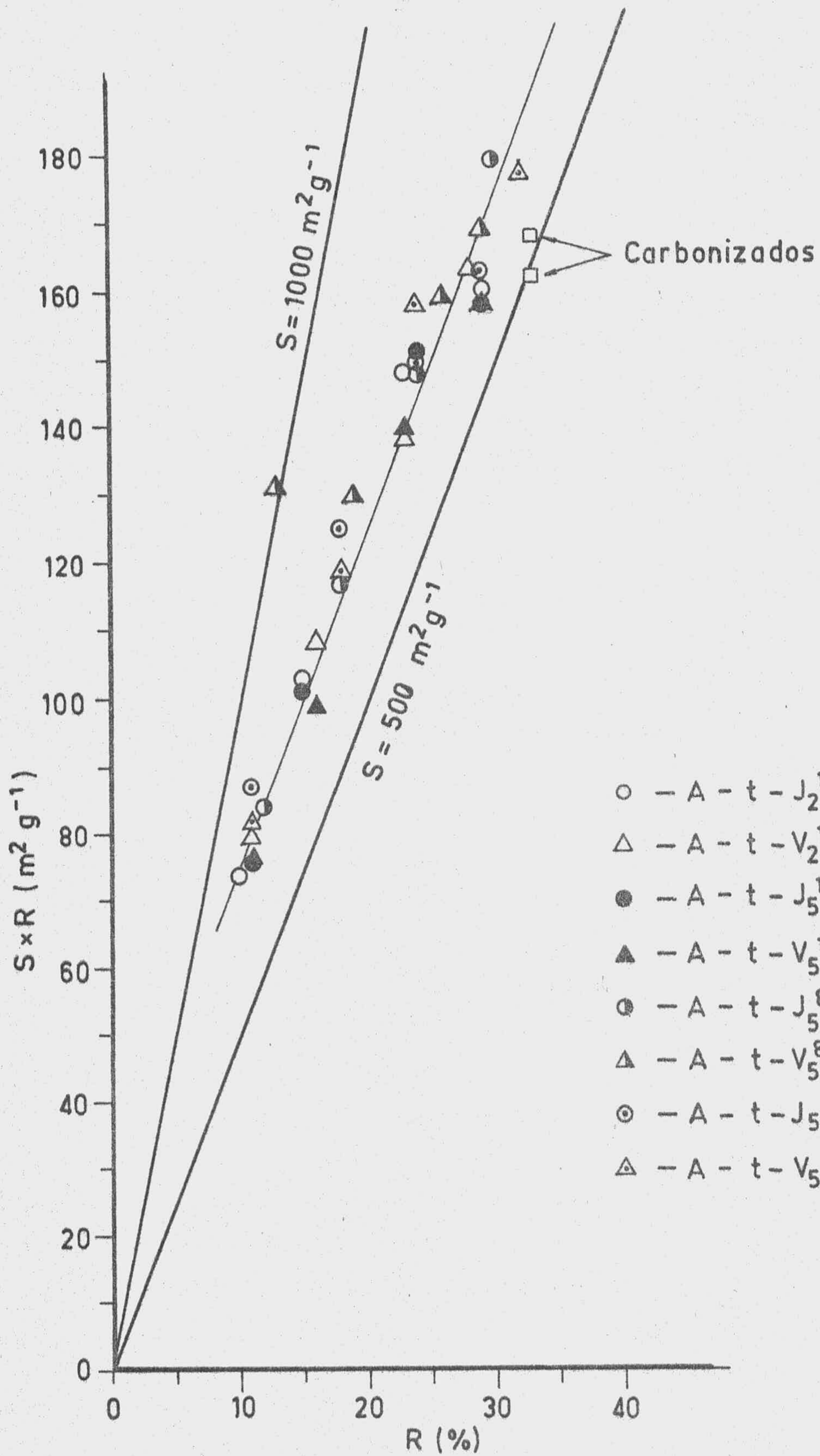


FIGURA 105.- Superficies referidas al peso de madera original

p - Nitrofenol a 298 K

- - A - t - J₂¹
- △ - A - t - V₂¹
- - A - t - J₅¹
- ▲ - A - t - V₅¹
- ⊙ - A - t - J₅⁸
- △ - A - t - V₅⁸
- ⊙ - A - t - J₅
- △ - A - t - V₅

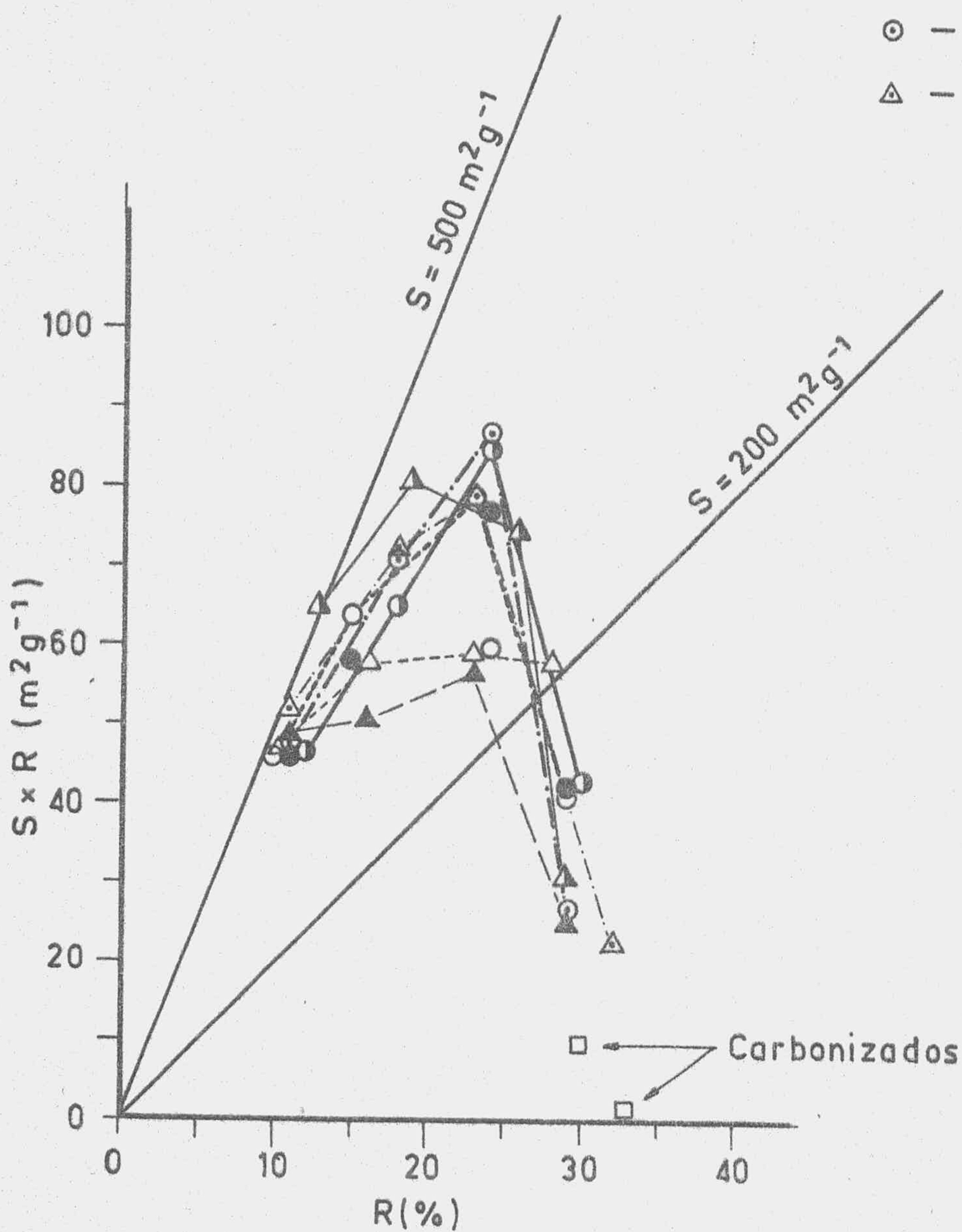


FIGURA 106.- Superficies referidas al peso de madera original



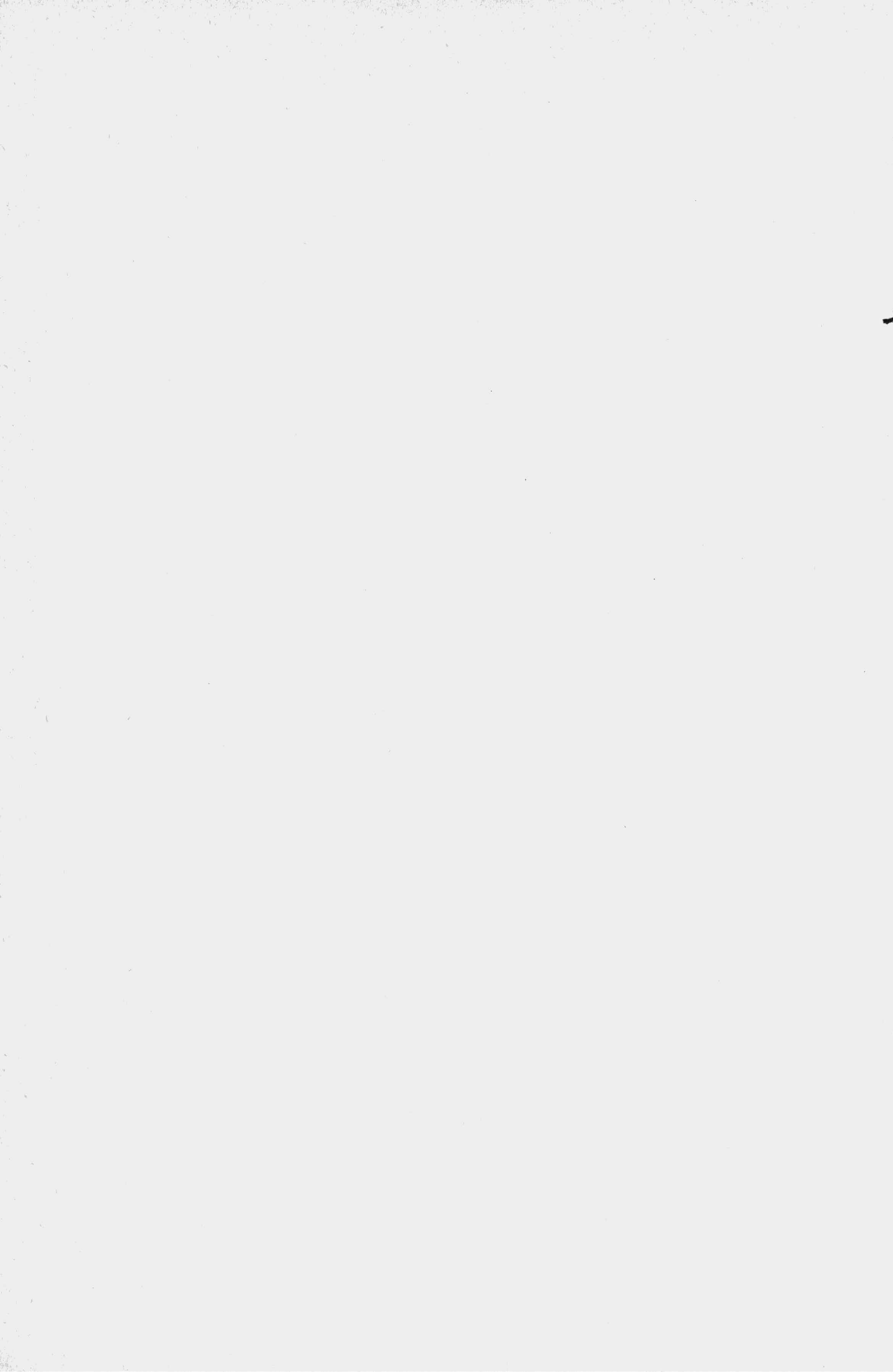
Esto parece indicar que un gramo de madera produce mayor superficie cuando se la transforma en un carbonizado que en un activado y, por lo tanto, en la adsorción de moléculas gaseosas pequeñas sería recomendable utilizar los carbonizados por ser más económica su preparación; sin embargo, no debemos olvidar que la adsorción de N_2 a 77 K sobre los carbonizados era un proceso extraordinariamente lento y, por lo tanto, poco práctico. Por ello, en la adsorción de gases recomendamos la utilización de carbones activos preparados en una sola etapa y con un tratamiento de activación de una hora.

En cuanto a la adsorción en disolución, el comportamiento es muy distinto al anterior; la representación de $SxR=f(R)$ da una línea quebrada con máximos para todas las series de activados, que corresponden a las muestras obtenidas con un tiempo de activación de 4 horas. Además, los carbonizados presentan valores de SxR muy bajos, lo que unido a la cinética lenta que presentan en la adsorción no hacen recomendable su uso en estos procesos. Este hecho está de acuerdo con lo ya indicado acerca de que durante la activación se están creando además de microporos, meso y macroporos, los cuales son fundamentales para que las moléculas de adsorbato lleguen a las zonas donde serán adsorbidas.

De todo ello, se puede deducir que para la adsorción en disolución es imprescindible la utilización de activados y, de éstos, los obtenidos con tiempos de activación de 4 horas y en una sola etapa serán los que den mejores resultados.

Finalmente, debemos destacar el hecho de que, tanto para la adsorción de gases como de solutos en disolución, los carbones activos obtenidos en una sola etapa serán los más económicos en cuanto a su preparación y los más eficientes.

VI.- CONCLUSIONES



VI.- CONCLUSIONES

El análisis de los resultados que hemos elaborado en la preparación y estudio de carbones activos obtenidos a partir de madera de olivo, procedente de tala o poda, coordinados adecuadamente con otros existentes en la bibliografía, nos ha permitido establecer, entre otras, las siguientes conclusiones:

- 1.- El rendimiento en el proceso de carbonización de la madera, en las condiciones experimentales fijadas por nosotros, es independiente de que dicha madera proceda de tala o de poda, o de que el tiempo de carbonización sea de una u ocho horas. Dicho rendimiento varía solamente con la temperatura de carbonización y esta variación parece ser de forma exponencial. Este hecho contrasta con lo encontrado por otros investigadores al estudiar el rendimiento en la carbonización del hueso de aceituna en el que, además de la temperatura influyen otras condiciones experimentales.
- 2.- La carbonización se produce, para ambos tipos de madera, entre las temperaturas de 300°C a 600°C, las cuales coinciden con las encontradas por otros autores al estudiar los procesos de carbonización de la cáscara de almendra y del hueso de aceituna.
- 3.- El rendimiento en el proceso de activación de los carbonizados o de la activación directa de la madera disminuye al aumentar el tiempo de tratamiento y, a iguales tiempos, los rendimientos son independientes del tipo de madera de partida, de la velocidad de calentamiento utilizada hasta alcanzar la temperatura de activación, de que el tiempo de carbonización previa haya sido de una u ocho horas y de que el proceso de activación se realice en dos etapas (carbonización y posterior activación) o en una sola etapa (activación directa).

- 4.- Las isothermas de adsorción de N_2 a $77^\circ K$ sobre los carbonizados procedentes de ambos tipos de madera, con tiempos de carbonización de una u ocho horas, pertenecen al tipo I de la clasificación de B.D.D.T, lo que ya parece indicar que estos carbonizados son sólidos esencialmente microporosos.

El hecho de que el tiempo necesario para que se alcance el equilibrio adsorción-desorción en estos carbonizados sea extremadamente largo hace pensar que el tamaño de los microporos es semejante al de las moléculas del adsorbato utilizado (N_2).

Por otra parte, al aumentar el tiempo de carbonización parece incrementarse la microporosidad de los carbonizados procedentes de madera joven.

A medida que aumenta el tiempo de activación las isothermas van evolucionando desde las de tipo I de la clasificación de B.D.D.T. (pertenecientes a los carbonizados) hasta las de tipo II de la citada clasificación, que corresponden a las muestras obtenidas con un tiempo de activación de 14 horas.

- 5.- Las superficies accesibles a las moléculas de N_2 (a las temperaturas de $77K$ y $90^\circ K$) aumentan dentro de cada serie desde los carbonizados hasta los activados obtenidos con el máximo tiempo de activación (14 horas). El valor más alto encontrado para la superficie accesible al N_2 a $77K$ corresponde a la muestra A-14- V_5^8 y es del orden de unos $1000 m^2/g$.

Dentro de cada serie, el aumento de la superficie es prácticamente función lineal del tanto por ciento de quemado, el cual (como era de esperar) aumenta al hacerlo el tiempo de activación.

- 6.- Las superficies calculadas para los carbones activados procedentes de madera vieja son superiores a las correspondientes para los activados procedentes de madera joven. Esto parece indicar que la estructura de la madera y el grado de lignificación juegan un papel importante en el proceso de activación.

El tiempo empleado en el proceso de carbonización (una u ocho horas) sólo parece influir en los activados preparados con el máximo tiempo de activación.

Las muestras preparadas con velocidad de calentamiento de 2°C/min suelen presentar valores de las superficies accesibles al N₂ ligeramente superiores a los de las preparadas en idénticas condiciones, pero con velocidad de calentamiento de 5°C/min. Esto parece indicar que la velocidad de calentamiento usada durante el proceso de activación, en las condiciones experimentales fijadas por nosotros, no ejerce una influencia apreciable en el desarrollo de la porosidad.

- 7.- Tampoco se aprecian grandes diferencias entre las superficies de los activados obtenidos en dos etapas (carbonización y activación posterior) y los obtenidos en una sola etapa (activación directa). Esto ya fue observado por otros autores al estudiar los métodos de preparación de carbones activos a partir de otras materias primas, tales como hueso de aceituna y cáscara de almendra. Este hecho tiene gran importancia bajo el punto de vista económico, ya que abarata considerablemente el proceso de preparación del carbón activo.

En general, las superficies encontradas para los carbones activados preparados en este trabajo son del mismo orden de magnitud que las calculadas para los carbones activos procedentes de otras materias primas, en condiciones semejantes de preparación, tales como la cáscara de almendra, el hueso de aceituna o el orujo.

- 8.- Las superficies de los carbones accesibles a CO₂ a 273K son , para la misma muestra, siempre inferiores a las calculada con N₂ a 77K. Esto puede explicarse si suponemos que en los carbones activos preparados por nosotros existe un porcentaje elevado de microporos con tamaños próximos al de la molécula de N₂ pero inferiores al de la molécula de CO₂ ó también debido a que en la adsorción de CO₂ a 273°K sólo se pueden con-

seguir presiones relativas muy bajas (del orden de 0'026) y en estas condiciones puede que no se llegue a completar la monocapa.

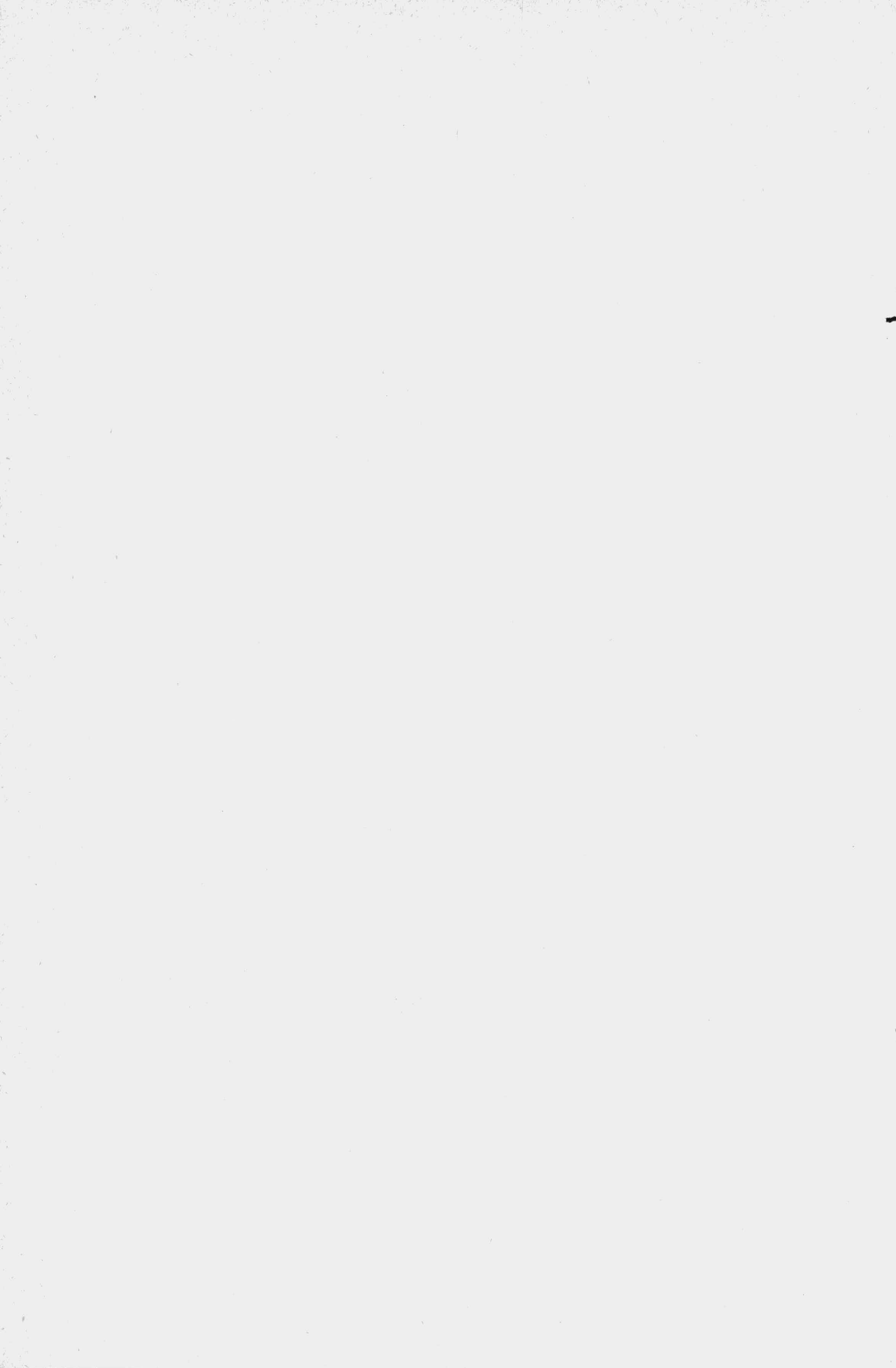
Dentro de cada serie, las superficies accesibles al CO_2 a 273°K siguen la misma secuencia que las correspondientes calculadas con N_2 a 77K .

- 9.- La edad de la madera parece ejercer una influencia notable sobre el desarrollo de la porosidad. Así, en los carbonizados y activados procedentes de madera vieja, se presentan dos máximos para los volúmenes acumulados de poros; uno en la zona correspondiente a los mesoporos y otro en la de macroporos. Sin embargo, en los carbonizados o activados procedentes de madera joven sólo se presenta un máximo en la zona correspondiente al volumen acumulado de los mesoporos.
- 10.- Dentro de cada serie, la densidad determinada a 1 Kg/cm^2 va disminuyendo, casi linealmente, desde el carbonizado, que presenta la máxima densidad, hasta la del activado durante mayor tiempo, el cual presenta la menor densidad, dentro de cada serie. Por otro lado, la densidad determinada a 2000 Kg/cm^2 va aumentando desde el carbonizado de procedencia hasta el activado a 14 horas. Es decir, dentro de cada serie, y a medida que progresa el tiempo de activación, además de producirse un aumento en el volumen de microporos se incrementa el volumen de meso y macroporos, los cuales servirán como canales de acceso de las moléculas de adsorbato hacia los microporos, donde aquellas serán adsorbidas.
- 11.- Las superficies de las muestras accesibles a las moléculas de p-nitrofenol en disolución acuosa son, en todos los casos, muy inferiores a las correspondientes superficies calculadas cuando se utilizó N_2 como adsorbato, lo que está de acuerdo con el diferente tamaño molecular de ambos adsorbatos. Estas diferencias se hacen más pequeñas, en general, al aumentar el tiempo de

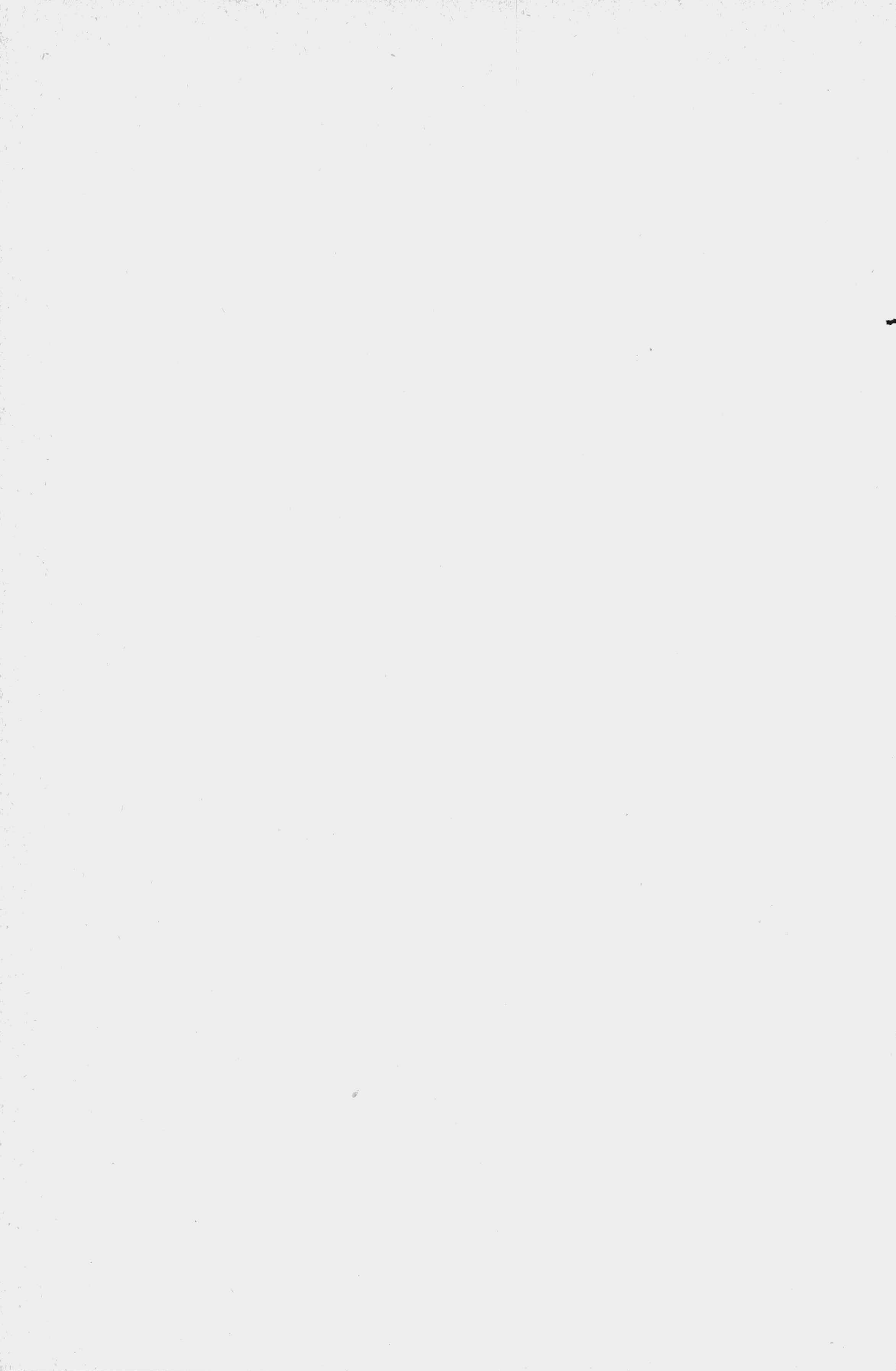
activación, hecho que puede ser justificado por el desarrollo de la micro , meso y macroporosidad durante el proceso de activación y, por consiguiente, haciendo accesible al p-nitrofenol cavidades o zonas superficiales que no lo eran antes de la activación.

- 12.- De todo lo expuesto en esta memoria se deduce que la madera de olivo reúne buenas condiciones para ser utilizada, siguiendo los métodos idóneos, para la preparación de carbones activos de alto poder adsorbente, tanto en los procesos de adsorción en fase gaseosa como en disolución.

Podríamos puntualizar, finalmente, que la utilización de carbones activos obtenidos en una sola etapa (activación directa) con tiempo de tratamiento de una hora podría ser aconsejada cuando se trate de adsorber gases; en cambio, cuando se haya de realizar la adsorción en disolución podrían utilizarse los activados directamente con tratamiento de 4 horas.



VII.- BIBLIOGRAFIA



VII.- BIBLIOGRAFIA

- 1.- DEITZ, V.R.; Bibliography of Solid Adsorbents. pp. 689-696. National Bureau Standards. Washington, D.C. (1944).
- 2.- FONTANA, F.; Memorie Mat. Fis. Soc. ital. Sci. 1, 679 (1777).
- 3.- LOWITZ, "Grell's Chem. Ann.", 1, 221 (1786).
- 4.- HUNTER, A.J.; Phil. Mag. 25, 364 (1863).
- 5.- HUNTER, A.J.; J.; Chem. Soc. 18, 285 (1865); 23, 73 (1870); 25, 649 (1872).
- 6.- STENHOUSE, J.; Chem. News 3, 78 (1861); 25, 239 (1872).
- 7.- TAIT, R. y DEWAR, J.; Proc. Roy. Soc. (Edinburgh) 8, 348 (1874); 8, 628 (1874).
- 8.- RAMSAY, W.; proc. Roy. Soc. (London) A76, 111 (1905); A80, 599 (1908).
- 9.- OSTREJKO, R. von; Birt. Par. 14224 (1900); 18040 (1900).
- 10.- OSTREJKO, R. von; Germ. Pat. 136792 (1901).
- 11.- DACEY, J.R.; "The solid-gas interface" Vol. 2, p. 995, Marcel Dekker, Inc. New York (1967).
- 12.- SMISEK, M. y CERNY, S.; "Active Carbon", p. 15, Elsevier Pub. Amsterdam (1970).



- 13.- ARNELL ,J.C.y BARSS,H.;Can.J.Res. A26,236(1948).
- 14.- LAMOND ,T.G. y MARSH,H.;Carbon,1,293(1963)
- 15.- NUCLEAR GRAPHITE; Ed. R.e. Nightingale. Academic Press. New York (1962).
- 16.- BERNAL, J.D.; Proc. Roy. Soc. (London) A106, 749 (1924).
- 17.- RILEY, H.L.; Quart. Revs. 1, 59 (1947).
- 18.- BISCOE, J. y WARREN, B.E.; J. Appl. Phys. 13, 346 (1942).
- 19.- WEISS, D.E.; Proc. 5th. Conf. Carbon Vol. 1, p. 65, Pergamon Press. New York (1967).
- 20.- ANDERSON, R.B. y EMMETT, P.H.; J. Phys. Colloid Chem. 51, 1308 (1947).
- 21.- KIPLING, J.J.; Quart. Revs. 10,1 (1956).
- 22.- BLACKBURN, A. y KIPLING, J.J.; J. Chem. Soc. 4103 (1955).
- 23.- FREY, J.; Proc. Roy. Soc. (London) A228, 510 (1955).
- 24.- LONG, F.J. y SIKES, K.W.; J.Chim. Phys. 47, 361 (1950); Proc. Roy. Soc. (London) A215, 100 (1952).
- 25.- RAKSZAWSKI, J.P.; RUSINKO, F.Jr. y WALKER, P.L. Jr.; Proc. 5th Conf. Carbon. Vol. 2 p. 243, Pergamon Press, New York (1963).
- 26.- KIPLING, J.J y WILSON,R.B.;J.Appl. Chem. 10,109 (1960)

- 27.- GARTEN, V.A. y WEISS, D.E.; Revs. Pure Appl. Chem. 7, 69 (1957)
- 28.- MONTET, G.L.; Proc. 5th. Conf. Carbon, Vol. 1, p. 116, Pergamon Press, New York (1962).
- 29.- SPENCER, W.B.; AMBERG, C.H. y BEEBE, R.A.; J. Phys. Chem. 62, 515 (1958).
- 30.- GRIFFITHS, D.W.L., THOMAS, W.J. y WALKER, P.L. Jr.; Carbon, 1, 512 (1964).
- 31.- SMITH, R.A.; Proc. Roy Soc. (London) 12, 425 (1863).
- 32.- BAKER, C.G.; J. Chem. Soc. 249 (1887).
- 33.- RHEAD, T.F.E. y WHEELER, R.V.; J. Chem. Soc. 101, 846 (1912); 103, 461 (1913).
- 34.- WARD, A.F.CH. y RIDEAL, E.K.; J. Chem. Soc., 3117 (1927).
- 35.- PURI, B.R.; Chemistry and Physics of Carbon. Vol. 6, p. 191, Marcel Dekker, New York (1971).
- 36.- WALKER, P.L. Jr.; AUSTIN, L.J. y TIETJEN, J.J.; Proceedings of Symposium on Carbon, Vol. 8, p. 12 (1964).
- 37.- RIVIN, D.; The Fourth Rubber Tech. Conf. London, p. 1 (1964).
- 38.- BOEHM, H.P., DIEHL, E.; HECK, W. y SAPPOK, R.; Angew Chem. 3, 669 (1964).
- 39.- WATT, J.D. y FRANKLIN, R.E.; Industrial Carbon and Graphite, p. 321, Soc. Chem. Ind. London (1958).

- 40.- STEENBERG, B.; Adsorption and Exchange of Ions on Activated Charcoal, Almquist and Wiksells, Uppsala (1944).
- 41.- SMITH, R.N., DUFFIELD, J., PIEROTTI, R.A. y MOOI, J.; J. Phys. Chem. 60, 495 (1956).
- 42.- STUDEBAKER, M.L.; Proc. 3rd. Conf. Carbon, p. 289, Pergamon Press, London (1959).
- 43.- AUSTIN, A.E.; Proc. 3rd. Conf. Carbon, p. 389, Pergamon Press London (1959).
- 44.- SNOW, C.W.; WALLACE, D.R.; LYON, L.L. y CROCKER, G.R.; Proc. 4th. Conf. Carbon, p. 79, Pergamon Press, Oxford (1960).
- 45.- PURI, R.P. y HAZRA, R.S., Carbon, 9, 123 (1971).
- 46.- WALKER, P.L. Jr. y SINHA, R.K., Carbon 10, 754 (1972).
- 47.- DUBININ, M.M., "Industrial Carbon and Graphite", p. 219, Soc. for Chem. Industry, London (1958).
- 48.- DUBININ, M.M.; Quart. Rev. 9, 101 (1955).
- 49.- KADLEC, O., Characterization of Porous Solids, p. 13, Soc. Chem. Ind., Londres (1979).
- 50.- MEDEK, J. Fuel 56, 131 (1977).
- 51.- DUBININ, M.M.; Chem. and Phys. of Carbon, Vol. 2, 51 (1966).
- 52.- BERING, B.P., DUBININ, M.M., SERPINSKY, V.V.; J. of Colloid and Interface Science 21, 378 (1966).

- 53.- MARTIN MARTINEZ, J.M.; "Caracterización de la textura porosa de carbones activos mediante el uso de adsorbatos de distinto tamaño molecular". Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada (1981).
- 54.- EMMETT, P.H.; Quart. Revs. 43, 69 (1948).
- 55.- JUHOLA, A.J. y WIIG; J. Am. Chem. Soc. 71, 2078 (1949).
- 56.- HARKINS, W.D. and JURA, G.J.; J. Chem. Phys. 11, 430 (1944).
- 57.- HILL, A. y MARSH, H.; Carbon 6, 31 (1958).
- 58.- KIPLING, J.J.; Porous carbon solids, p. 65. Academic Press, Londres (1967).
- 59.- PONEC, V.; KINOR, Z. y CERNY, S.; Adsorption on Solids, p. 596, Butterworths y Co. Ltd (1974)
- 60.- GREGG, S.J. y SING, K.S.W.; Adsorption, surface area and porosity. Academic Press, London (1967).
- 61.- GILES, C.H. y NAKHWA, S.N.; J. of Appl. Chem. 12, 266 (1962).
- 62.- WALKER, P.L., Jr.; Carbon 10, 369 (1972).
- 63.- MANTELL, C.L.; Industrial Carbon, D. Van Nostrand Co., New York (1946).
- 64.- RODRIGUEZ REINOSO, F.; "Preparación de carbones activos a partir de hueso de aceituna". Tesis doctoral. Facultad de ciencias. Universidad de Granada (1967).

- 65.- MARTINEZ VILCHEZ, F.J.; "Procesos de carbonización y activación de hueso y orujo de aceituna y sus efectos en la textura y capacidad adsorbente de los carbones activos resultantes". Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada (1978).
- 66.- BERENGUER MERELO, C.; "Preparación y caracterización de carbones activos procedentes de cáscara de almendra". Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada (1980).
- 67.- MOLINA SABIO, M.; "Comparación de distintos métodos de preparación de carbones activos a partir de subproductos agrícolas". Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada (1981).
- 68.- McBAIN, J. y BAKER, A.; J. Am. Chem. Soc. 48, 690 (1925).
- 69.- MAHAJAN, O.P. y WALKER, P.L., Jr.; Proc. Nat. Acad. U.S. 7, 115 (1921).
- 70.- MAHAJAN, O.P. y WALKER, P.L., Jr.; Analytical Methods for Coal and Coal Products. Vol. 1, p. 125, Academic Press, New York (1978).
- 71.- GILES, C.H., D'SILVA, A.P. y TRIVEDI, A.S.; J. Appl. Chem. 115, 332 (1969).
- 72.- RINGBON, A.; Z. Anal. Chem. 115, 332 (1939).
- 73.- LANGMUIR, I.; J. Am. Chem. Soc. 40, 1368 (1918).
- 74.- GILES, C.H.; D'SILVA, A.P. y TRIVEDI, A.S.; J. Appl. Chem. 20, 37 (1970).

- 75.- BRUNAUER, S., EMMETT, P.H. y TELLER, R.; J. Am. Chem. Soc. 60, 309 (1938).
- 76.- POLANYI, M.; Verh. Dtsh. Physik Ges 16, 1012 (1914).
- 77.- GILES, C.H. y McKAY, R.B.; J. Chem. Soc. 58 (1961).
- 78.- KIPLING, J.J.; Adsorption from solutions of non-electrolites. Academic Press. London (1965).
- 79.- TANG, M.M. y BACON, R.; Carbon, 2, 211 (1964).
- 80.- HASSLER, J.W.; Activated Carbon, p. 176, Chemical Pub. Co. Inc. New York (1963).
- 81.- FAHN, A.; Anatomía Vegetal, H. Blume Ediciones, Madrid (1978).
- 82.- BARCELO COLL, J.; NICOLAS RODRIGO, G.; SABATER GARCIA, B., SANCHEZ TAMES, R.; Fisiología Vegetal, Edic. Pirámides, Madrid (1980).
- 83.- McENANEY, B. y WILLIS, M.A.; "High temperature chemistry of Inorganic and Ceramic materials", p. 102, Ed. F.P. Glasser and P.E. Potter, Chem. Soc. Special, Publication No. 30, London (1977).
- 84.- McENANEY, B. y DAVASTON, N.G.; Carbon 13, 515 (1975).
- 85.- MARSH, H. y RAND, B.; 3rd. Carbon and Graphite Conference, p. 172, Londres (1971).
- 86.- LAMOND, T.G. y MARSH, H.; Carbon, 1, 281 (1964).

- 87.- MARSH, H. y WYNNE, W.F.K.; Carbon, 1, 269 (1964).
- 88.- DUBININ, M.M.; J. Colloid Interface Sci. 23, 487 (1967).
- 89.- WALKER, P.L., Jr. y KINI, K.A.; Fuel, Vol. XLIV, p. 453 (1965).
- 90.- NANDI, S.P. y WALKER, P.L., Jr.; Fuel 43, 385 (1964).
- 91.- EMMETT, P.H.; Catalysis Vol. 1, p. 37, Reinhold, New York (1954).
- 92.- MARSH, H. y SIEMIENIEWSKA, T.; Fuel 46, 441 (1967).
- 93.- MARSH, H. y RAND, B.; J. Colloid Interface Sci. 33, 101 (1970).
- 94.- DUBININ, M.M.; Proc. 5th. Conf. Carbon 1, 81 (1962).
- 95.- MARSH, H. y CAMPBELL, H.G.; Carbon, 9, 489 (1971).
- 96.- GILES, C.H., HASLAM, R., HILL, A.R. y TRIVEDI, A.s.; J. Appl. Chem. Biotechnol., 21, 5 (1971).
- 97.- LOPEZ GONZALEZ, J. D., VALENZUELA CALAHORRO, C. y JIMENEZ LOPEZ, A.; An. de Edafología y Agrobiol. XXXVI, 527 (1977)
- 98.- GILES, C.H., MacEWAN, T.H., NAKHWA, S.N. y SMITH, D.; J. Chem. Soc., 3973 (1960).
- 99.- GILES, C.H. y D'SILVA, A.P.; Transactions of the Faraday Soc. 1943 (1969).
- 100.- KASAOKA, S.; SAKATA, Y., YAMOTO, H. y NISHIYAMA, T.; J. Chem. Soc. Japan, 858 (1980).



Biblioteca Universitaria de Granada



01066800