





503.82
5678
EI

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

DIRECTOR : Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

TOMO CLXXXVII

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969

06.82
678

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

ENERO-FEBRERO 1969 — ENTREGAS I-II — TOMO CLXXXVII

187

SUMARIO

SERIE I, CIENCIAS Nº 18

Pág:

MARÍA S. CATALDI, SARA M. DE IPIÑA, JORGE PIANAROLI Y CÉSAR JOJOT, Estudio de un micrococo productor de ácido glutámico..... 3

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS Nº 11

J. COREMBERG Y F. M. MAZZOLAI, Uso del efecto Bordoni para investigar migración de defectos puntuales en metales..... 14

ADOLFO LEANDRO MONTES, La cromatografía gaseosa aplicada en el estudio de algunos aceites esenciales de plantas nativas del centro y norte Argentinos..... 21

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969



SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tamborel †
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zeballos †

JUNTA DIRECTIVA

(1966-1967)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares :</i>	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Ing. Nicolás Konzewitsch
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Ing. Sigfrido Lichtenthal
	Ing. Carlos A. J. Mari
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Alberto Bilotti
<i>Vocales Suplentes</i>	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Fernando D. Díaz Solá
	Ing. Andrés E. Garlan
	Dr. Jorge R. A. Vanossi

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

San Juan

Presidente

Doctor Indalecio Carmona Ríos

Vicepresidente

Ingeniero Fernando Volponi

Secretario

Doctor Pablo A. Del Carril

Tesorero

Cont. Púb. Duilio S. Graffigna

Vocales

Ingeniero Ramón Ruiz Bates

Ingeniero Federico Rocha

Doctor Antonio Aguilar

Santa Fe

Presidente

Dr. Argentino A. Bonetto

Vicepresidente

Dr. Ezio Emiliani

Secretario

Prof. Clarice T. Pignalberi

Tesorero

Ing. Quím. Enrique A. Virasoro

Vocales

Ing. Quím. Guillermo Berraz

Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente

Ing. Roberto Diego Cotta

Vicepresidente

Ing. Camilo B. Rodríguez

Secretario

Dr. Luis M. Boggia

Prosecretario

Ing. Horacio C. Albina

Tesorero

Dr. Teodoro G. Krenkel

Protesorero

Ing. Pedro Diego Jensen

Vocales

Dr. Max Birabén, Dr. Homero

Bibiloni, Dr. Jorge J. Ronco,

Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Ives

L. Danna, Ing. Aaron Beilinson

e Ing. José G. Romano

Yalour.

ESTUDIO DE UN MICROCOCO PRODUCTOR DE ACIDO GLUTAMICO

POR MARIA S. CATALDI, SARA M. DE IPIÑA, JORGE PIANAROLI
Y CESAR JOJOT *

SUMMARY

After a brief bibliographic survey of works on bacteria with ability for glutamic acid synthesis, the requirements for optimum production have been investigated by way of a bacteria selected for such a purpose among 500 cultures under research ; of which 26.8 % gave positive results.

The best incubation time is around 3 days being a glucoside broth at 2 % the most convenient inoculum. Other recomendable requirements are : ammonium salt concentration : 1 %, and medium reaction : pH 6.4. Addition of some activators such as corn steep, peanut flower and yeast extract is most advisable.

As the characteristics of the aforesaid bacteria partly differ from those already described in currant bibliography, it was decided to clasify it as *Micrococcus conglomeratus*, atypical strain.

RESUMEN

Luego de una somera revisión bibliográfica de los trabajos sobre bacterias capaces de sintetizar ácido glutámico, se estudian las condiciones óptimas de producción mediante una bacteria seleccionada con ese objeto, entre 500 cultivos estudiados de los cuales el 26,8 % dió resultado positivo.

El examen de las condiciones estudiadas permitió determinar que el tiempo de incubación óptimo es alrededor de 3 días, el inóculo más conveniente es el que proviene de un caldo glucosado al 2 %, la concentración más apropiada de la sal de amonio es de 1 %, la reacción del medio más adecuada es de pH 6,4 y el agregado de algunos activadores como el macerado de maíz, la harina de maní y el extracto de levadura, son los más aconsejables.

Las características de la bacteria en cuestión, se diferencia, en parte a las ya descriptas en la literatura, por lo cual se resolvió clasificarla como *Micrococcus conglomeratus*, variedad atípica.

* Cátedra de Microbiología Industrial, Ingeniería Química, Universidad de Buenos Aires.

I. INTRODUCCION

Las bacterias capaces de sintetizar ácido glutámico a partir de una solución de glucosa, con una fuente amoniacal y sales minerales, son relativamente abundantes en la naturaleza de acuerdo con recientes investigaciones.

Kinoshita y sus colaboradores, en 1957¹ fueron los primeros en poner de manifiesto este tipo de síntesis microbiana con un cultivo que denominaron *Micrococcus glutamicus*. El ácido glutámico formado por esta bacteria era el equivalente a la quinta parte, aproximadamente, de la glucosa consumida.

En el año 1959, Chao Chao y Foster sintetizaron ácido glutámico mediante bacterias esporuladas del grupo del *Bacillus megatherium*, con las cuales la cantidad de ácido glutámico formado era algo superior al 50 % de la glucosa consumida.

Más recientemente Veldkamp y colaboradores, 1963, demostraron que los representantes del género *Arthrobacter* son igualmente capaces de producir este aminoácido en cantidades industrializables.

Según estos autores el 25 % de los cultivos de *Arthrobacter* probados fueron capaces de producir ácido glutámico en un medio mineral con glucosa y una sal de amonio. Este aminoácido fue el más comúnmente encontrado junto con alanina. También son capaces de producir otros aminoácidos en cantidades relativamente grandes como ácido aspártico, valina y lisina.

En Japón, Su y Yamada, 1960, Hirose y col. 1961, Tsumoda y col. 1961, Shiio y col. 1962, Kageaki y col. 1962, y otros, obtuvieron este aminoácido a partir de especies del género *Brevibacterium*, con rendimientos inferiores a los citados en primer término.

Las investigaciones de Kinoshita sobre producción de ácido glutámico han constituido el fundamento de la producción industrial de esta sustancia y los trabajos posteriores han ido contribuyendo al mejor conocimiento de los diversos factores que inciden sobre su producción, como ser la exigencia en biotina para su síntesis, que han permitido llegar a la situación actual.

El propósito de la presente investigación ha sido el de conocer la habilidad de algunas bacterias para producir ácido glutámico y el estudio de exigencias para una producción óptima, posiblemente aplicable a las condiciones locales.

¹ Véase bibliografía al final del trabajo.

II. METODOS DE INVESTIGACION

1. *Microbiológicos*

En este trabajo se estudiaron 500 cultivos de bacterias aisladas de diversos suelos y aguas estancadas de distintos lugares del país.

Las siembras para los aislamientos se efectuaron al principio en agar común de extracto de carne, posteriormente se usó el medio usado por Kinoshita, 1959, y por último se empleó simplemente agar agua donde se obtiene un desarrollo de bacterias con pocas exigencias nutritivas. Los diferentes tipos de colonias aparecidas fueron sembradas en agar estría del medio de Kinoshita empleándose éstos como inóculos para la selección de cepas, transplantándolas, a su vez, en 50 ml de un medio líquido en Erlenmeyer de 250 ml, agitándose luego en un agitador rotatorio en estufa a 28° C.

A las 48-72 y 96 horas se tomaron muestras para determinar la cantidad de ácido glutámico formado, hasta que se determinó el óptimo período de incubación para la producción del aminoácido buscado.

La composición del medio de cultivo líquido, usado al principio de esta investigación es: Glucosa 3 g; ClNH_4 7 g; $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 1 g; $\text{SO}_4\text{Mg}(7\text{H}_2\text{O})$ 0,05 g; y CO_3Ca 5 g; H_2O corriente 1000 ml.

De los cultivos obtenidos en esta primera selección se estudiaron detenidamente las condiciones óptimas de desarrollo, como se verá más adelante, así también como la influencia de distintas sustancias activadoras de esta biosíntesis.

Las cepas seleccionadas finalmente se conservaron en agar común en estría y por liofilización; los cultivos más promisoros fueron sometidos a la acción de la luz ultravioleta con la finalidad de seleccionar mutantes que den mayores rendimientos que el cultivo original.

2. *Químicos*

El ácido glutámico formado en los caldos, se determinó por medio de cromatografía en papel en un sistema fenol-agua, revelado con ninhidrina al 0,2 % en acetona, eluido en agua destilada y dosificado por el método de Hyman Rosen. Juntamente con las muestras de caldo se corría una solución de ácido glutámico puro, como control.

Posteriormente se cambió este método efectuando la cromatografía en papel en un sistema fenol-agua (160-40). Se revela con una

solución de ninhidrina al 0,2 % en acetona, y la elución de las manchas se efectúa en una solución saturada de SO_4Cu en etanol al 75 %, agitando constantemente. Con el líquido, que es límpido, se lee el porcentaje de transmisión en un espectrofotómetro Beckman contra un blanco de agua destilada. Se observan dos máximas a 450μ y 516μ de modo que se puede leer en colorímetro con filtro azul y verde. Las curvas "standard" se hicieron con ácido glutámico y alanina puros.

El primero de los métodos de determinación permitió comprobar que esa técnica exalta los valores en la concentración del ácido glutámico formado, puesto que algunos de los componentes del medio de cultivo interfieren en la lectura de su concentración. No obstante, este método fue usado por varios autores que manifiestan haber obtenido valores altos en los rendimientos de este aminoácido.

La técnica empleada posteriormente, es decir la cromatografía en papel y la elución de la mancha en SO_4Cu -etanol, permitió obtener resultados más exactos sin ninguna clase de interferencias. Por lo tanto, en el trabajo se continuaron los dosajes con este segundo método.

III. RESULTADOS

De los cultivos aislados que se probaron, el 26,8 % demostraron ser capaces de formar ácido glutámico en una solución mineral con sulfato de amonio y glucosa.

El ácido glutámico formado es el más común de todos los aminoácidos sintetizados por este grupo de bacterias. Siempre que se comprobó la formación de ácido glutámico se halló igualmente alanina, hecho éste que ha sido comprobado anteriormente por muchos autores.

Uno de los cultivos estudiado denominado T.53.14(4)C₁₁ dio consistentemente mayor cantidad de ácido glutámico en las distintas pruebas realizadas, por lo cual se resolvió continuar trabajando con esta cepa, que luego fue analizada morfológica y fisiológicamente y se encontró que sus características no coincidieron con las descriptas en la literatura, entre los gérmenes productores de este aminoácido.

A continuación se especifican los resultados obtenidos con respecto a la influencia de los diversos factores estudiados.

1. Tiempo de incubación

En los medios líquidos incubados en Erlenmeyer con agitación, se tomaron muestras de los caldos de fermentación a partir de las 20 hs y en distintos períodos de tiempo hasta las 110 hs de incubación, determinándose la cantidad de ácido glutámico y alanina formados. Como puede verse en el Gráfico N° 1 el tiempo óptimo de incubación parece ser de 72 hs.

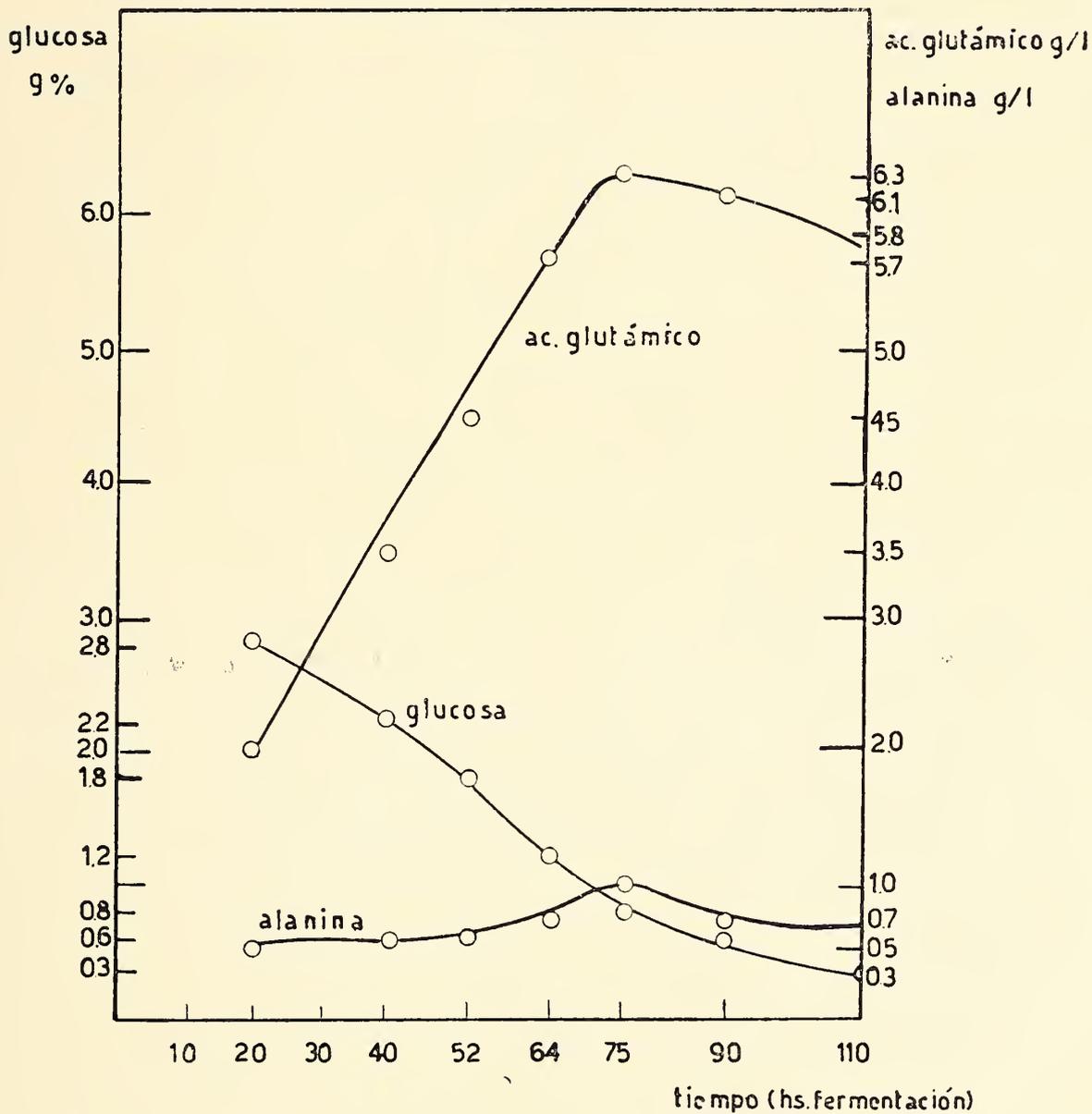


Gráfico 1

2. Inóculo

Para conocer la influencia que el inóculo tiene en la producción de ácido glutámico, se hicieron una serie de experiencias que consistieron en determinar la naturaleza y la edad más apropiada de éste para las siembras de los frascos de fermentación, tomándose

muestras periódicas de estos frascos para determinar la cantidad de ácido glutámico formado.

Los inóculos usados fueron preparados en medio mineral y en caldo glucosado al 2 % y se utilizaron en proporción del 5 %.

Los resultados obtenidos indican que los inóculos preparados con caldo glucosado se muestran superiores a los preparados con medio mineral, como se ve en el Gráfico N° 2.

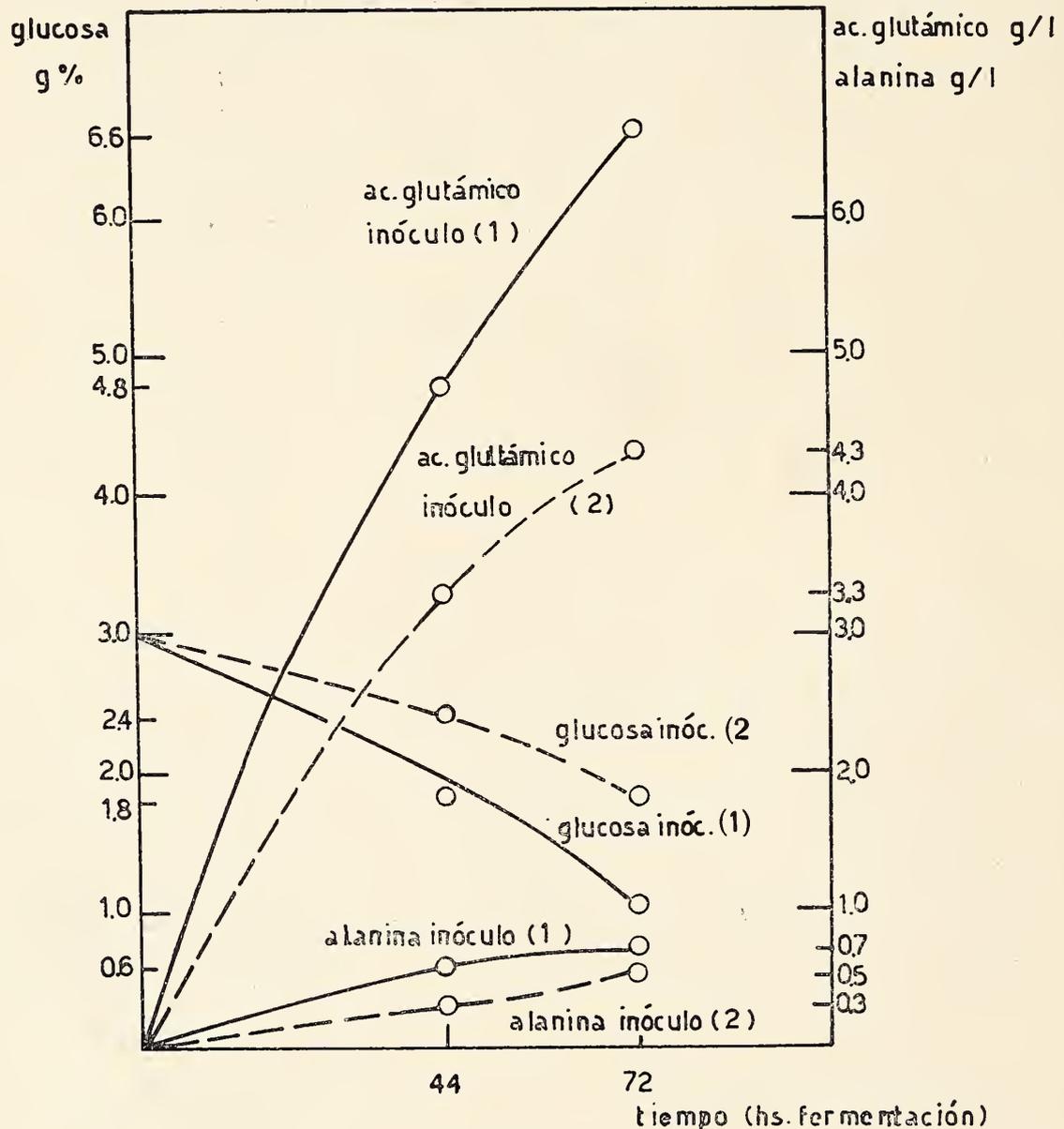


Gráfico 2

3. Fuente amoniacal

Las sales de amonio probadas fueron: sulfato, cloruro, nitrato y además urea en concentraciones de 0.4, 0.7, 1 y 2 % referidos al ion amonio. Es evidente que de éstas el sulfato de amonio es el que produce la mayor formación de ácido glutámico. Con respecto

a la concentración de esta sal se ha encontrado que la cantidad óptima es de 1 %. Cuando se usan cantidades mayores de ácido glutámico continúa formándose, pero a la vez desaparece tan rápida-

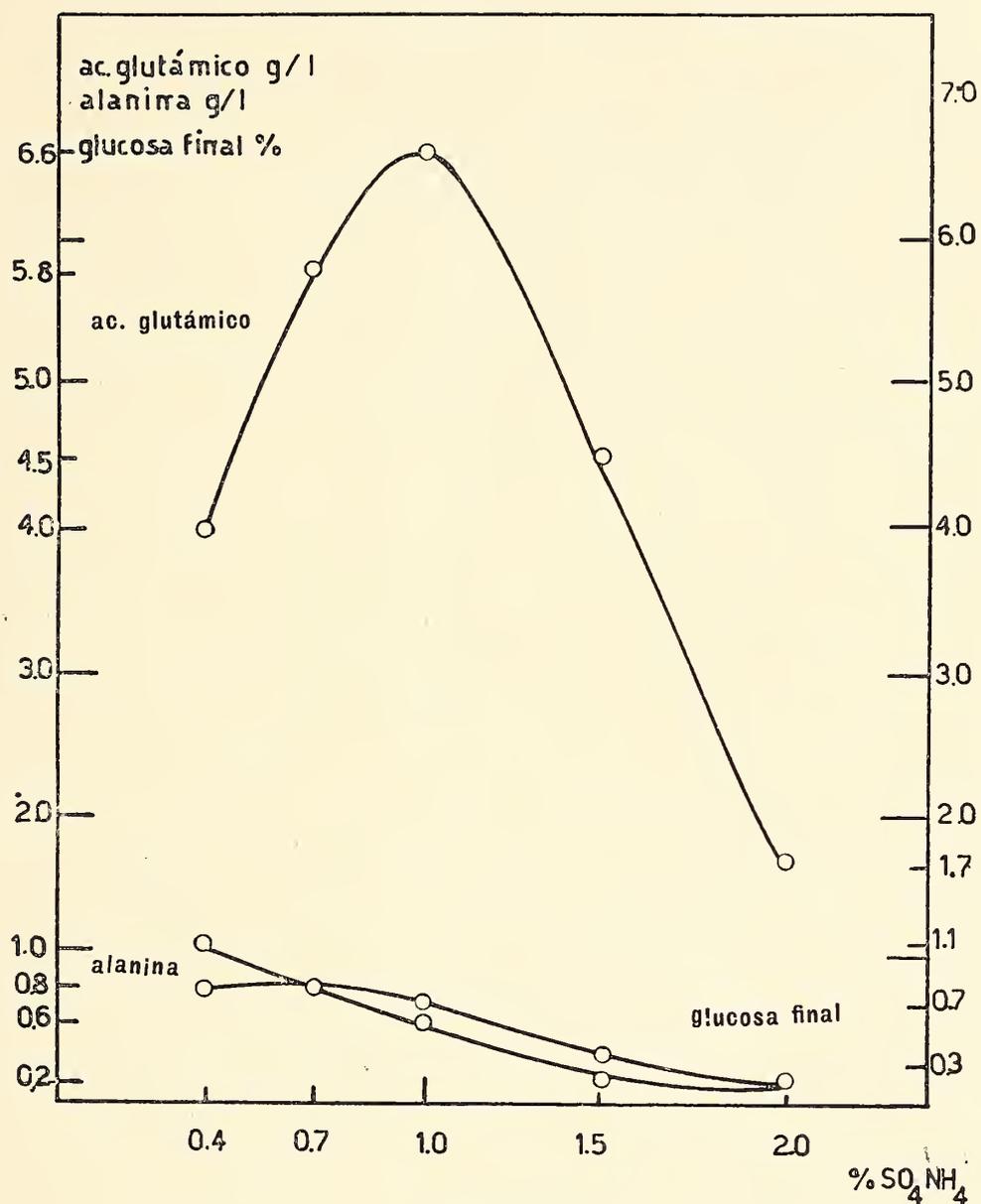


Gráfico 3

mente como se ha formado. Este fenómeno también fue ya observado por Veldkamp y col. en 1963.

Con respecto a la formación de alanina, ésta disminuye a medida que aumenta la concentración de sulfato de amonio. En el Gráfico N° 3 puede observarse los resultados antedichos, con el sulfato de amonio que fue la sal seleccionada.

4. Rección del medio

De acuerdo con los datos de la literatura la reacción óptima para la formación de ácido glutánico varía en los diversos cultivos empleados.

En el presente trabajo se ensayaron los siguientes valores: pH 5.8 - 6.4 - 7 - 7.5, usándose el mismo medio de cultivo que en las experiencias anteriores, con $\text{SO}_4(\text{NH}_4)$, manteniéndose ajustado a las cifras mencionadas, mediante el agregado de amoníaco al 30 %.

Los mejores resultados fueron obtenidos cuando el medio de cultivo era mantenido a pH 6.4. En este valor la glucosa se consume rápidamente y la formación de alanina es muy pequeña como lo muestra el Gráfico N° 4 siguiente:

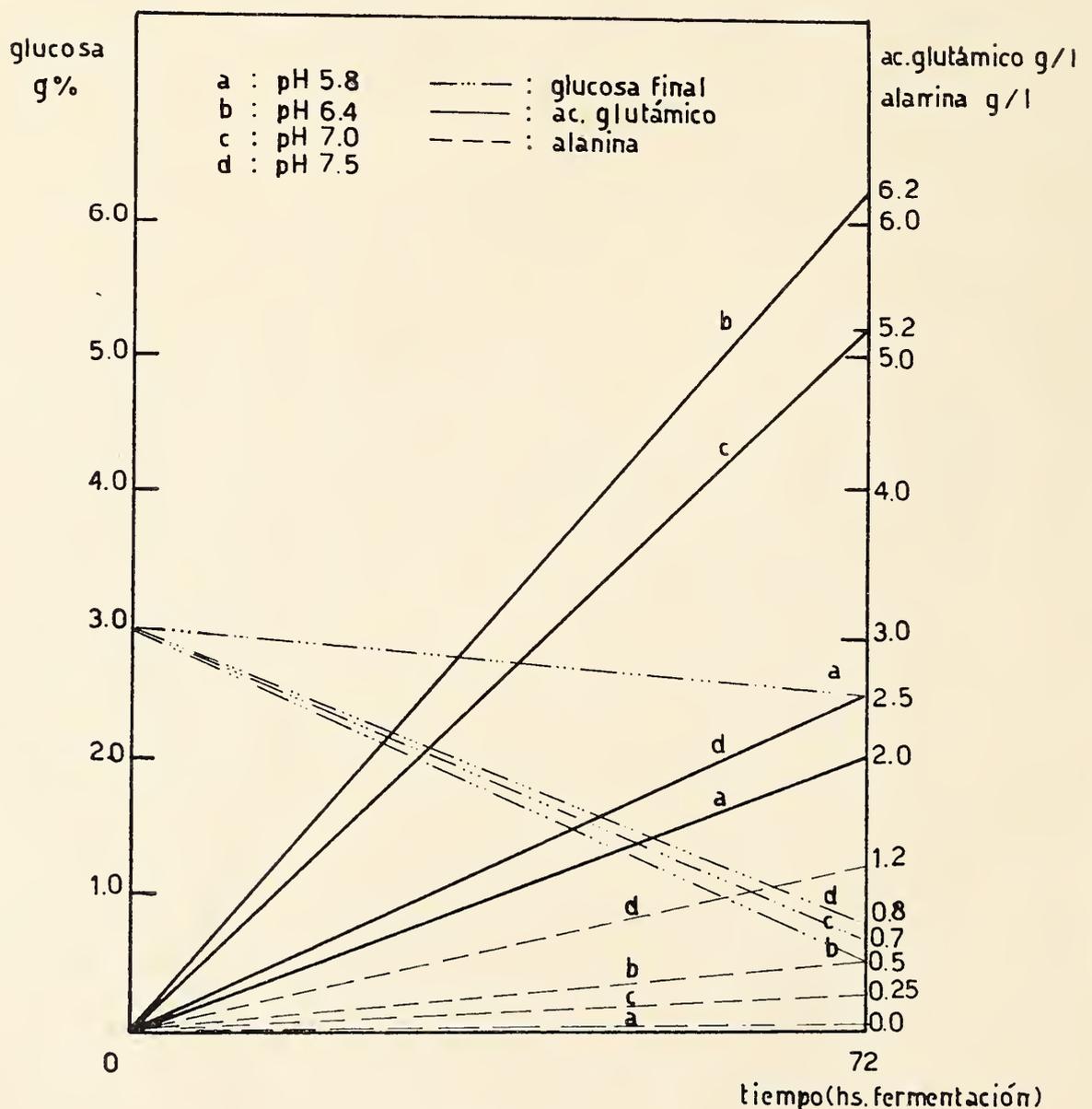


Gráfico 4

5. *Activadores*

En la literatura consultada se ha citado reiteradamente el uso de activadores para favorecer la síntesis del ácido glutámico a partir de glucosa y sales de amonio.

La biotina ha sido la sustancia que ha dado resultados más alentadoras.

Veldkamp y col.; Chao, Chao y Foster; Merck; Shiio; comunicaron sensibles aumentos de rendimiento mediante el empleo de biotina.

Okumura, 1962, obtuvo también resultados similares en algunas de sus experiencias, aunque en otras, el agregado de biotina resultó ineficaz.

El comportamiento del cultivo estudiado en el presente trabajo corresponde posiblemente a este segundo grupo de microorganismos. Los múltiples ensayos hechos para poder demostrar la influencia de la misma, puso en evidencia que ésta solo produce aumentos de hasta un 5 % en la dosis de 10^{-10} gr por litro.

El empleo de la tiamina, con el mismo objeto, en concentraciones de 1 a 30 μg por ml sólo produjo un escaso aumento de rendimiento de 1.3 % en la dosis de 3 μg por ml por lo cual no se la consideró utilizable.

La *penicilina* agregada a razón de 4 μ por ml motivó una disminución del rendimiento debido posiblemente a su acción inhibidora del desarrollo.

El *extracto de levadura* empleado en dosis de 1 a 10 mg % produjo también un aumento del 11.5 % en la dosis de 5 mg %.

La *harina de maní* en dosis de 10 mg % produjo un aumento del rendimiento del 11 %.

Finalmente el *macerado de maíz* agregado en dosis de 10 mg % permitió obtener un aumento del 12.5 %.

Los resultados anteriores aconsejan el empleo del macerado de maíz, harina de maní, o extracto de levadura como activadores que pueden ser considerados como utilizables en la práctica industrial para la elaboración de ácido glutámico por fermentación.

IV. CARACTERISTICAS Y SISTEMATICA DE LA BACTERIA ESTUDIADA

El cultivo estudiado en este trabajo resultó ser un verdadero micrococo morfológicamente diferente del llamado *Micrococcus glutamicus*, que por su forma más bien alargada corresponde mejor considerarlo incluído en el género *Arthrobactér* como ya lo hiciera notar Veldkamp y col., 1963.

El conjunto de las características morfológicas, fisiológicas y de cultivo de la cepa en estudio permitió llegar a la conclusión de que pertenece incuestionablemente al género *Micrococcus*. Los caracteres diferenciales de las especies correspondientes a este género que figuran en el Manual de Bergey comparados con las de la cepa en estudio, que se resumen a continuación, autorizan a considerarla como una nueva entidad fisiológica de este grupo.

En el deseo de no complicar aún más el estado un tanto impreciso en que se encuentra la sistemática microbiológica en la actualidad y en consideración a la existencia de una mayor aproximación con la especie denominada *Micrococcus conglomeratus* se ha resuelto provisoriamente, considerar el cultivo estudiado como una variedad atypica de la citada especie.

V. BIBLIOGRAFIA

- Bergey's. *Manual of Determinative Bacteriology*, Williams and Wilkins 7 ed.
- Chau, E. C. S. and Stevenson, I. L. 1962. *On the biotin requirement of « Arthrobacter globiformis »*.— *Com. J. Microbiology* 8 : 403-405.
- Chao, K. C. and Foster, J. W. 1959. *A glutamic acid-producing « Bacillus »*.— *Journal of Bacteriology* 77 : 715-725.
- Hirose, Y. and Yamada, K. 1961. *Studies on the amino acids fermentation of pentose materials. Part II. Formation of amino acids from pentose and hexoses by « Brevibacterium pentose-aminoacidium nov. sp. »*.— *Agr. Biological Chemistry (Japan)* 25 : 410-416.
- Kageaki Koudo, Toshinari Matsui and Nobur Miyachi, 1962. *L-glutamic acid by fermentation. The new bacteria of the Genus « Brevibacterium » isolated from nature to produce L-glutamic acid.*— *Nippon Kagaku Kaishi* 36(2): 141-159.
- Kinoshita, S., Udaka, S. and Shimono, M. 1957. *Studies on the aminoacid fermentation. Part I. Production of L-glutamic acid by various microorganisms.*— *Journal General Applied Microbiology (Japan)* 3 : 193-205.
- Kinoshita, S., Nakayama, K. and Akita, S. 1958. *Taxonomical Study of Glutamic acid accumulative bacteria, « Micrococcus glutamicus nov. sp. »*. *Bulletin Agricultural Chemistry Soc. (Japan)* 22 : 176-184.

- Kinoshita, S. 1959. *The production of aminoacids by fermentation processes.*— *Advance Applied Microbiology* 1 : 201-214.
- Merck and Co. 1961. *Procédé d'obtention par voie microbiologique de l'acide glutamic.*— L (t) French Patent 1.266.757.
- Shiio, I., Ofsuka, S. and Takahashi, M. 1962. *Effect of biotin on the bacterial formation glutamic acid I. Glutamate formation and cellular permeability of amino acid.*— *Journal Biochemistry (Japan)* 51 : 56-62.
- Shiio, I., Ofsuka, S. and Katsuya, V. 1962. *Effect of biotin on the bacterial formation of glutamic acid. II. Metabolismo of glucose.*— *Journal Biochemistry (Japan)* 51 : 109-111,
- Shu, Y. C. and Yamada, K. 1960. *Studies on L-glvtamic acid fermentation. Part II. Fermentative production of L-glutamic acid from glucose by « Brevibacterium divaricatum, nov. sp. ».*— *Bulletin Agricultural Che Soc. Japan* 24 : 140-146.
- Veldkamp, H., Van Den Berg G. and Evenhuizen, L. P. T. M. Z. 1963. *Glutamic Acid Production by « Arthrobacter globiformis ».*— *Antonie van Leenwenhoek* 29 : 35-51.
- Tsunoda, I., Shiio, I. and Mitsughi, K. 1965. *Bacterial formation of L-glutamic acid from acetic acid in the growing culture medium. I. Cultural condition.*— *Journal General Applied Microbiology (Japan)* 7 : 18-29.

USO DEL EFECTO BORDONI PARA INVESTIGAR MIGRACION DE DEFECTOS PUNTUALES EN METALES

Por J. COREMBERG * Y F. M. MAZZOLAI **

RESUMEN

En este artículo se discute la posibilidad de emplear el efecto Bordoni de relajamiento anelástico de dislocaciones, para investigar la cinética de la migración de defectos puntuales sobre dislocaciones y las leyes de interacción correspondientes. Se exponen los fundamentos teóricos de un método basado en el modelo de Brailsford (abrupt-kink model) del efecto Bordoni, y se deducen expresiones susceptibles de verificación experimental.

ABSTRACT

The possibility of the use of the Bordoni effect (anelastic relaxation of dislocations) to investigate the kinetics of punctual defects migration for dislocations and the corresponding interaction laws, is discussed. The teoretical foundations of a method based on the Brailsford model (abrupt-kink model) of the Bordoni effect are exposed, and also expresions fit for experimental verification are deduced.

1. INTRODUCCION

Se han destinado muchos trabajos a investigar el comportamiento de defectos puntuales en sólidos cristalinos, sea aproximando el cristal matriz a un medio elástico continuo y los defectos puntuales a inclusiones o inhomogeneidades elásticas (1), sea teniendo en cuenta la naturaleza discreta del cristal, particularmente cuando la distancia entre defectos es comparable con los parámetros de la red cristalina (2).

* Dpt. Física, Facultad de Ingeniería, Univ. de Buenos Aires, República Argentina.

** Istituto di Ultracustica, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, Italia.

En trabajos anteriores, se ha mostrado la posibilidad de emplear la recuperación del efecto Bordoni de relajamiento de las dislocaciones, para investigar la migración de defectos puntuales sobre dislocaciones en metales b.c.c. (3) y f.c.c. (4). Particularmente en (4) se sugiere la posibilidad de que este método suministre una prueba indirecta de la validez de la ley de interacción entre vacancias prevista por Eshelby (5).

En este artículo nos proponemos exponer los fundamentos teóricos del método para determinar la ley de interacción entre defectos puntuales y su migración hacia las dislocaciones.

2. LEYES DE INTERACCION ENTRE DEFECTOS CRISTALINOS

De acuerdo a la definición operativa dada por Eshelby (6), una inclusión esférica elástica pura (o una inhomogeneidad esférica elástica pura) se obtiene insertando en una cavidad esférica de un continuo isotrópico una esfera elástica de tamaño desigual (o perfectamente igual) con constantes elásticas iguales (o diferentes) a las macroscópicas del cristal matriz. La energía elástica de interacción E_1 para la inclusión esférica y la correspondiente E_2 para la inhomogeneidad, con un campo de tensiones internas τ_{ij} , uniformes en el volumen Ω de la imperfección puntual, resulta (7):

$$E_S = E_1 + E_2 = \frac{1}{3} \tau V_R + \frac{\Omega}{2} [(A/9K) \tau^2 + (B/2\mu)^* \tau_{ij}^* \tau_{ij}] \quad (1)$$

$\tau = \sum_j \tau_{jj}$ suma de las componentes normales τ_{jj} del campo de tensiones internas en la posición de la vacancia;

$$\tau^2 = \left(\sum_j \tau_{jj} \right)^2$$

$^* \tau_{ij} = \tau_{ij} - \frac{1}{3} \tau \delta_{ij}$, componentes de desviación del campo de tensiones internas, siendo δ_{ij} la delta de Kronecker;

$^* \tau_{ij}^* \tau_{ij} = \sum_i \sum_j ^* \tau_{ij}^2$, o sea la convención sobre suma en los índices repetidos;

V_R , volumen de relajación de una vacancia a $T = 0^\circ \text{K}$, en un medio con superficie libre. V_R es negativa: $V_R = \Delta V - v$, siendo

ΔV al volumen de formación de la vacancia y v el volumen atómico ($v = \frac{1}{4} a^3$) con a constante de la red en metales f.c.c.;

Ω , volumen que rodea a una vacancia y en cuyo interior las constantes elásticas son sensiblemente alteradas;

K es la constante elástica volumétrica (o. coeficiente de compresibilidad);

$A = (K - K') / [K - (K - K') \alpha]$, es un parámetro conveniente donde K y K' son las constantes elásticas volumétricas a $T = 0^\circ K$ en el material perfecto y en la vecindad de la vacancia respectivamente; mientras que $\alpha = (1 + \sigma) / 3 (1 - \sigma)$ donde σ es la relación de Poisson;

μ es el módulo de torsión;

$$B = (\mu - \mu') / [\mu - (\mu - \mu') \beta]$$

es otro parámetro similar al A , con

$$\beta = 2 (4 - 5 \sigma) / 15 (1 - \sigma)$$

Para un metal f.c.c. por ejemplo, resulta (7)

$$E_S = \frac{v}{2} \left\{ -\frac{1}{3} \tau + \left(\frac{X \tau^2}{9 K} \right) + \left(\frac{X^* \tau_{ij}^* \tau_{ij}^*}{2 \mu} \right) \right\} \quad (2)$$

donde X % reducción porcentual del módulo de Young debida a una concentración de vacancias del 1 % (8) (X cerca de la unidad).

Cuando la fuente del campo de tensiones es otro defecto cristalino, la (1) da la energía de interacción mecánica E_S entre dos defectos puntuales. Eshelby demuestra en (5) que la interacción entre dos defectos puntuales puros (inclusiones o inhomogeneidades) sumergidos en un medio infinito es cero, mientras que no lo es para dos inclusiones inhomogéneas, y su dependencia de la distancia mutua r_{12} puede expresarse en la forma

$$E_S \propto (r_{12})^{-6} \quad (3)$$

Es interesante señalar que Hardy J. R. y Bullough R. (9) llegan a una ley del mismo tipo para la interacción inducida entre dos vacancias en una red cúbica armónica (con la hipótesis de la naturaleza discreta de la red cristalina), si se acepta la isotropía elástica.

Continuando con la aproximación del continuo, si la fuente del campo de tensiones es una dislocación helicoidal o de borde, la relación (1) da (7):

$$E_s = \gamma (r)^{-2} \quad (4)$$

$$E_s = \frac{\delta \sin \theta}{r} + \frac{1}{r^2} \varepsilon (1 - 2\sigma \sin^2 \theta) \quad (4')$$

donde γ , δ , ε , σ son constantes, r es la distancia entre la vacancia y la dislocación, θ el ángulo entre el radio vector r y el vector de Burger.

La difusión impulsada por tensiones (stress-assisted diffusion) de defectos puntuales hacia dislocaciones, fue estudiada por distintos autores: Cottrell y Bilby (10), Friedel (11) y Harper (12).

Aceptando las deducciones de Harper, se llega a la ley (4):

$$\frac{c(t) - c(0)}{c(0)} = \frac{4}{\Lambda a^2} \left[1 - \exp \left(- \frac{\Lambda}{4} a^2 B_i t^{2/i+2} \right) \right] \quad (5)$$

$c(t)$, concentración atómica de defectos puntuales en el instante t a lo largo de la línea de dislocaciones

$$= \frac{\text{número de defectos puntuales en la red}}{\text{número de sitio disponibles}}$$

Λ = densidad planar de dislocaciones

$$\Lambda \left(\frac{1}{\text{cm}^2} \right) = \frac{\text{long. total de disloc.}}{\text{volumen}}$$

a , constante de la red.

$$B_i - (i = 1 \text{ ó } 2) \left\{ \begin{array}{l} B_1 = \frac{12}{a^2} (\pi/2)^{1/3} \left(\frac{\delta D}{kT} \right)^{2.3} \quad (10) \\ B_2 = \frac{\pi}{a^2} \left[\frac{i(i+2)\gamma a_i D}{kT} \right]^{2/i+2} \quad (11) \end{array} \right.$$

$D = D_0 \exp(-E/kT)$, coeficiente de difusión

δ , constante

i , exponente para la ley de interacción defecto puntual-dislocac.

$$E = \gamma (1/r)^i \quad (11)$$

Admitiendo que cada defecto puntual precipitado genere un punto de anclaje, la longitud media de los segmentos de dislocación en el instante t estará dada por:

$$\frac{1}{l_m(t)} = \frac{1}{l_m(0)} + \frac{c(t) - c(0)}{a} \quad (6)$$

La intensidad de la relajación de dislocaciones (medida por el máximo del coeficiente de disipación de energía elástica Q_M^{-1}) y su temperatura T_N , pueden vincularse a la migración de defectos puntuales sobre dislocaciones siguiendo el modelo de codos abruptos (abrupt kink model) de Brailsford, que tomamos como hipótesis de trabajo (13, 14).

Siguiendo a Brailsford, admitiremos que el efecto de relajación se debe al movimiento térmicamente activado de codos geométricos preexistentes (built-in kinks) a lo largo de un segmento de dislocación anclado, no alineado con una dirección de empaquetamiento denso del cristal. El amortiguamiento asociado con un segmento de longitud l entre puntos de anclaje es:

$$Q^{-1} = S \frac{l^3}{T} \frac{\omega \tau(l)}{1 + \omega^2 \tau^2(l)}; \quad (7)$$

ω , frecuencia angular

$\tau(l) = \frac{l^2}{D\tau^2}$ tiempo de relajamiento

$D = D_0 \exp(-W/kT)$, coef. de difusión de los codos

W , energía de activación para la difusión de los codos

S , constante

Admitiendo una sola energía de activación W para el movimiento de codos y una distribución al azar de la longitud de segmentos entre dislocaciones

$$P(l) = \frac{1}{l_m(t)} \exp\left(-\frac{l}{l_m(t)}\right)$$

se obtiene la relación aproximada

$$Q_M^{-1}(t) \propto \frac{\Lambda(t) l_m^2(t)}{T_M(t)} \quad (8)$$

La longitud l_e correspondiente al máximo del efecto de relajación, sale de

$$w\tau(l_e) = \frac{w l_e^2}{\pi^2 D_0} \exp(-w/kT_M) = 1 \quad (9)$$

donde

$$l_e(t) \simeq 3 l_m(t)$$

Eliminando $l_m(t)$ mediante (8) y (9) se obtiene:

$$\frac{T_M(t) Q_M^{-1}(t)}{\Lambda(t)} \exp(W/kT_M) = \text{cte} \quad (10)$$

Si Λ es constante durante el recocido:

$$\frac{Q_M^{-1}(t) T_M(t)}{Q_M^{-1}(0) T_M(0)} \left[\exp \frac{W}{k} (T_M^{-1}(t) - T_M^{-1}(0)) \right] = 1 \quad (10')$$

Además, de (5), (6) y (8) resulta:

$$\begin{aligned} & \frac{\left[\frac{Q_M^{-1}(0) T_M(0)}{Q_M^{-1}(\infty) T_M(\infty)} \right]^{1/2} - \left[\frac{Q_M^{-1}(0) T_M(0)}{Q_M^{-1}(t) T_M(t)} \right]^{1/2}}{\left[\frac{Q_M^{-1}(0) T_M(0)}{Q_M^{-1}(\infty) T_M(\infty)} \right]^{1/2} - \left[\frac{Q_M^{-1}(0) T_M(0)}{Q_M^{-1}(0) T_M(0)} \right]^{1/2}} \\ & = \frac{Y(\infty) - Y(t)}{Y(\infty) - Y(0)} = \exp \left[- \frac{\Lambda}{4} a^2 B_i t^{2/i+2} \right] \end{aligned} \quad (11)$$

3. CONCLUSIONES

Aceptando como hipótesis de trabajo el modelo de Brailsford para el efecto Bordoni de fricción interna, se obtienen una serie de expresiones susceptibles de verificación experimental.

La (10) y (10') permiten estudiar la energía de activación W para el relajamiento de dislocaciones, en base a las determinaciones experimentales de $Q_M^{-1}(t)$ y $T_M(t)$.

La (11) permite estudiar la cinética de migración de defectos puntuales y la determinación del coeficiente i que da la ley de interacción correspondiente a partir de la variable (t) , calculada con las determinaciones experimentales de $Q_M^{-1}(t)$ y $T_M(t)$.

Se ha efectuado una satisfactoria verificación experimental del método en un trabajo de F. M. Mazzolai y M. Nuovo en un metal

b.c.c. (tantalio) ⁽³⁾, así como en Platino (f.c.c.) por J. Coremberg y F. M. Mazzolai ⁽⁴⁾.

Sería de bastante interés continuar examinando las posibilidades y limitaciones del método en otros metales.

Entregado el 16/V/68.

BIBLIOGRAFIA

1. Eshelby, J. D. ; « Solid State Physics » Ed. F. Seitz and D. Turnbull, Academic Press, New York, vol. 3 (1956). 79.
2. Hardy, J. R. and Bullough, R. ; The philosophical magazine. Vol. 15, February 1967, N° 134, pp. 237-246.
3. Mazzolai, F. M. y Nuovo, M. ; Ric. Sci, 36, 1131 (1966) ; 36, 1307 (1966).
4. Coremberg, J. y Mazzolai, F. M. a publicar.
5. Eshelby, J. D. ; Acta Met., 3, 487 (1955).
6. Eshelby, J. D. ; Proc. Roy. Soc. (A), 241, 376 (1957).
7. D. Kuhlmann-Wilsdorf ; J. of applied physics. Vol. 36, N° 2, Feb. 1965, pp. 637.
8. Dienes, G. T. ; Phys. Rev. 86, 228, (1952).
9. Hardy, J. R. and Bullough, R. ; The philos. magaz., vol. 16, Aug. 1967 N° 140, pp. 405-408.
10. Cottrell, A. H. and Bilby, B. A. ; Proc. Phys. Soc. (A), 62, 49 (1949).
11. Friedel, J. ; Les dislocations (1st edition), Gauthier-Villars, Paris (1956).
12. Harper, S. ; Phys. Rev., 83, 709 (1951).
13. Brailsford, A. D. ; Phys. Rev., 122, 778 (1961).
» » 127, 1562 (1965).
14. Southgate and Attard ; J. Appl. Phys., 34, 855 (1963).

LA CROMATOGRAFIA GASEOSA APLICADA EN EL ESTUDIO
DE ALGUNOS ACEITES ESENCIALES DE PLANTAS NATIVAS
DEL CENTRO Y NORTE ARGENTINOS

POR ADOLFO LEANDRO MONTES

ABSTRACT

Thirteen essential oils obtained from native plants of Central and Northern Argentine were examined, mainly by mean of gas-liquid chromatography.

Seven of them, those from *Minthostachis verticillata*, *Lippia polystacchia*, *Lippia turbinata*, *Hedeoma multiflorum*, *Aloysia lycioides*, *Cordia trichotoma* and *Lepechinia floribunda*, has been matter of previous researchs. The other six essential oils were of unknown composition. Our results agree with former research in regard to five essential oils belonging to the first set ; for the essential oil from *L. polystacchia* and *L. turbinata*, it was not the case : these two essential oils show different main components.

This research was completed by use of other physical and chemical methods, and various derivatives were prepared to establish their characteristics and identify its components.

RESUMEN

Se han estudiado, principalmente por cromatografía gas-líquido trece aceites esenciales de plantas nativas del centro y norte argentino.

Siete de ellos, los de *Minthostachis verticillata*, *Lippia polystacchia*, *Lippia turbinata*, *Hedeoma multiflorum*, *Aloysia lycioides*, *Cordia trichotoma*, y *Lepechinia floribundahan* sido objeto de investigaciones anteriores.

Los otros seis son de composición desconocida. Para cinco de los aceites esenciales del primer grupo hubo acuerdo en la composición, no así para los de *Lippia polystacchia* y *Lippia turbinata*. Esos dos aceites esenciales mostraron diferentes componentes principales.

Esta investigación fue completada con la aplicación de otros métodos físicos y químicos y se prepararon varios derivados para establecer sus características e identificar sus componentes, de acuerdo al tamaño de la muestra.

Para el mejor conocimiento de las características y de la composición de algunos aceites esenciales nativos de nuestro país (y países limítrofes) se ha aplicado la cromatografía gaseosa (1, 2). Se ha usado el aparato de Perkin Elmer, modelo 154-C con detector a termistores en algunos casos y detector a ionización en llama de hidrógeno (de mucha mayor sensibilidad) en la mayoría, obteniendo cromatogramas que confirman, en general, los componentes hallados por diversos investigadores y presentan otros cuya identidad puede deducirse por los tiempos de retención comparados con sustancias patrón; pero que será necesario confirmar aplicando métodos físicos o químicos complementarios.

Los aceites esenciales objeto de este estudio, cuyos cromatogramas se acompañan, son:

- 1) de *Minthostachys verticillata* o "peperina", de las sierras de Córdoba (3) ;
- 2) de *Lippia polystachia* o "poleo riojano", de las sierras de Córdoba (4) ;
- 3) de *Lippia turbinata* o "poleo", de Catamarca (5) ;
- 4) de *Cordia trichotoma* o "petiribí" de Paraguay (6) (zona vecina a la Argentina en la que también se explota) ;
- 5) de *Hedeoma multiflorum* o "tomillo de las lomas", de las sierras de Córdoba (7) ;
- 6) de *Aloysia lycioides* o *Lippia lycioides* o "palo amarillo" de Córdoba (8) ;
- 7) de *Ambrosia tenuifolia* o "altamisa", de las sierras de Córdoba ;
- 8) de *Lepechinia floribunda* o "salvia morada" de las sierras de Córdoba (9) ;
- 9) de *Eupatorium artemisiaefolium*, de las sierras de Córdoba ;
- 10) de *Stevia saturaefolia* o "tomillo silvestre", de las sierras de Córdoba ;
- 11) de *Baccharis artemisioides* o "romerillo" de Córdoba ;
- 12) de *Senecio cuspidatus*, de las sierras de Córdoba ;
- 13) de *Lithraea molleoides* o *Schinus molleoides* o "molle" de Córdoba.

Cuando el volumen de muestra disponible lo permitió se han hecho determinaciones físicas y químicas complementarias (10) que se incluyen en la tabla general, conjuntamente con las aportadas por otros investigadores.

Se ha determinado la absorción en el ultravioleta de todos los aceites esenciales mencionados, que figura en una tabla de valores adjunta. Se empleó un espectrofotómetro Karl Zeiss modelo PNQ II, donado como el cromatógrafo por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Del aceite esencial de *Cordia tricotoma* se pudo separar varios componentes carbonílicos, a saber:

- a) con solución saturada de bisulfito sódico se absorbió un aldehído que fue luego liberado con álcali y se preparó la 2-4-dinitro-fenilhidrazona cuyo punto de fusión fue 153° C. Lo absorbido representa 0,55 % del aceite;
- b) sobre el remanente del aceite y con solución saturada de sulfito sodio se obtuvo una cetona, cuya 2-4-dinitro-fenilhidrazona dio punto de fusión 150° C. Lo absorbido representa 0,5 % del aceite;
- c) del residuo de las extracciones se precipitó una 2-4-dinitrofenilhidrazona con punto de fusión 138° C.

Con respecto a los alcoholes, además de la reacción más arriba mencionada, también se hizo una precipitación fraccionada de 3-5-dinitrobenzoatos, los que, recristalizados de benceno dieron los siguientes puntos de fusión: 142° C, 130° C y 105° C.

TABLA 1. — Cararterís

Aceite esencial		Parte del vegetal extraída. Rendimto ‰	Caracteres órganolépt
Nombre científico	Nombre común		
1. <i>Minthostachis verticillata</i>	Peperina	Hojas ; mayor de 1,0	líq. oleoso límp. líg. rillo ; olor mentola
2. <i>Lippia turbinata</i>	Poleo riojano	Hojas 1,75	líquido incoloro, lím olor carvonado
3. <i>Lippia turbinata</i>	Poleo	inflorescencia y ho- jas 0,2 a 0,76	líq. límpido amarillo mentolado carvona
4. <i>Cordia trichotoma</i>	Petiribí	madera 2,8	aceite viscoso, amba rillo con cristales ; simil guaico
5. <i>Hedeoma multiflstrum</i> . . .	tomillos de las lo- mas	hierba seca 0,6 a 2,06	líq. límpido. oleoso rillo, olor sim. pep
6. <i>Aloysia lycioides</i>	palo amarillo	hojas 0,3 a 1,13	líq. límpido amarill olor a eucaliptol
7. <i>Ambrosia tenuifolia</i>	altamisa	planta seca 0,136/ 0,30	líq. límpido, amarill olor dulzón
8. <i>Lepechinia floribunda</i> . . .	salvia morada	parte aérea de planta seca 1,0	líq. oleoso límp. ama olor alcanforado

encias estudiados

Datos físicos		Datos químicos		Componentes	
Bibliografía	Hallados	Bibliografía	Hallados	Bibliografía	Hallados
		I. A.	4,3	α y β - pineno	íd
08/0,926 ^{15°}	0,9088	I. E.	29,5	1-limoneno	íd
4614/1,4810	1,4663	Carbonil.	91,15 %	pulegona	íd
	0,30°			1-mentona	íd
8/1,87				metilciclohexa- nona	
17° 0,8846	0,9305 ^{20°}	Tuyona mas	I. A. 0,9	α -pineno	limoneno
,4677	1,4930 ^{25°}	de 50 %	I. E. 63	sabineno	mentona
- 5°	- 18°		carb. en car- vona 76,6	limoneno	carvona
				Tuyonas	
			carb. 66 %	limoneno	limoneno
7/1,034 ^{25°}	0,9294 ^{20°}		fenol. 3,3 %	cineol	cineol
,483/1,5027	1,4897			lippiona	carvona
	56,48°			dihidrolip.	un fenol
/136,1				lippiafenol	
20° -	0,9640	I. A. -	1,7	α -, β - y γ -	ver cromato-
-	1,5105	I. E. -	10,7	eudesmol	grama
20° -	- 36°	I. E. desp.	acetilar	guaiol	
		(Fiore)	107		
0,9129°	—	I. E. 8,19	—	1-limoneno	mentona
4792	1,4782 ^{18°}			dipenteno	pulegona
3,14°	- 2°			mentona 35 %	iso-puleg
				pulegona 50 %	carvona
0,9215/9397	1,4963 ^{18°}	I. E. 83,7		α - pineno	β - pineno
14/1,4986 ^{25°}		I. E. desp.	acetilar	limoneno	limoneno
		(F) 148,5		cineol	cineol
- 27°					borneol y su acetato al- canfor
,4978	1,5035 ^{18°}				limoneno
-	0,36°				linalol
					alcanfor
					borneol
esp. 0,9102 ^{29°}	0,8758 ^{15°}	I. A. -	5	limoneno	limoneno
,4820	1,4864 ^{18°}	I. E. -	6,4	cineol	cineol
- 18,78°	- 5,6°			1-borneol	borneol
				salviol	alcanfor ?
				fenoles	sesquiter penos

TABLA 1. — Caracteres esenciales estudiados

Acreite esencial		Parte del vegetal extendida. Rendimiento %	Caracteres órganolépticos	Datos básicos		Datos químicos		Componentes	
Nombre científico	Nombre común			Bibliografía	Hallados	Bibliografía	Hallados	Bibliografía	Hallados
1. <i>Minthostachys verticillata</i>	Peperina	Hojas; mayor de 1,0	líq. oleoso limp. esp. rillo; olor mentolado	9108/0,92613° 1,4614/1,4810 0,30° 4,58/1,87	0,9088 1,4663 0,30°	I. A. 4,3 I. E. 29,5 Carbonil. 91,15 %	α y β-pineno 1-limoneno pulegona 1-mentona metilciclohexanona	lil lil lil lil	
2. <i>Lippia turbinata</i>	Poleo riqjano	Hojas 1,75	líquido incoloro, olor carbonado	esp. 17° 0,8816 1,4677 -5°	0,930520° 1,493025° -18°	Tayona mas de 50 % I. A. 0,9 I. E. 63 carb. en carvona 76,6	α-pineno sabineno limoneno Tayonas	limoneno mentona carvona	
3. <i>Lippia turbinata</i>	Poleo	inflorescencia y hojas 0,2 a 0,76	líq. límpido amar. mentolado carb.	esp. 27/1,03425° 1,483/1,5027 56,48° 1,1/136,1	0,929420° 1,4897 56,48°	carb. 66 % fenol. 3,3 %	limoneno cineol lippiona dihidrolip. lippiafenol	limoneno cineol carvona m fenol	
4. <i>Cordia trichotoma</i>	Petiribi	madera 2,8	aceite viscoso, rillo con cristales, simil gnaico	ant. esp. 20° - - 20° -	0,9640 1,5105 -36°	I. A. - I. E. - I. E. des. (Fiore) 107	α-, β- y γ-endesmol guaial	ver cromatograma	
5. <i>Hedeoma multiflorum</i>	tomillos de las lomas	hierba seca 0,6 a 2,06	líq. límpido, rillo, olor sim.	oleo esp. 0,30129° 1,4782 3,14°	- 1,478218° -2°	I. E. 8,19	1-limoneno dipenteno mentona 35 % pulegona 50 %	mentona pulegona iso-puleg carvona	
6. <i>Aloysia lycioides</i>	palo amarillo	hojas 0,3 a 1,13	líq. límpido amar. olor a eucaliptol	oleo esp. 0,9215/9397 4814/1,498625° 4/-27°	1,496318°	I. E. 83,7 I. E. des. (F) 148,5	α-pineno limoneno cineol	β-pineno limoneno cineol borneol y su acetato alcanfor	
7. <i>Ambrosia tenuifolia</i>	altamisa	planta seca 0,136/0,30	líq. límpido, amar. olor dulzón	amat. esp. 1,4278 0,36°	1,503518° 0,36°			limoneno linalol alcanfor borneol	
8. <i>Lepechinia floribunda</i>	salvia morada	parte aérea de planta seca 1,0	líq. oleoso limp. olor alcanforado	ant. esp. 0,910220° 1,4820 -18,78°	0,875815° 1,486418° -5,6°	I. A. - I. E. -	5 6,4	limoneno cineol 1-borneol salviol fenoles	limoneno cineol borneol alcanfor? sesquiterpenos

Absorción en el ultravioleta de las soluciones alcohólicas de los aceites esenciales estudiados

Longitud de onda en milímetros	<i>Mintost.</i> 1°/1000	<i>Tapia</i> polist. 1°/1000	<i>Lipia</i> turbin. 1°/1000	<i>Cardia</i> trichot. 5°/1000	<i>Hedeonm</i> mutifl. 2°/1000	<i>Alousta</i> lycioid. 2°/1000	<i>Lepch.</i> florib. 2°/1000	<i>Ambrosia</i> tenuff. 2°/1000	<i>Hyptor.</i> artemis. 2°/1000	<i>Stevia</i> sat. 2°/1000	<i>Baccharis</i> artem. 2°/1000	<i>Senecio</i> cuspid. 2°/1000	<i>Lithraea</i> mollid. 2°/1000
215.....	0,62	1,82	1,70	—	2,28	2,30	2,13	2,37	2,47	2,45	1,84	2,33	2,35
20.....	0,71	2,32	2,10	2,68	2,62	2,57 ×	2,26 ×	2,63	2,80	2,76	1,80	2,52	2,65
25.....	0,94	2,62	2,48	2,61	2,92	2,52	1,73	2,60	3,00	2,96	1,80	2,63 ×	2,83
30.....	1,28	2,72	2,64	2,32	3,1	2,27	1,27	2,43	3,1	3,0 ×	1,68	2,60	2,88 ×
35.....	1,70	2,77	2,74 ×	2,03	3,2	2,00	1,02	2,24	3,2 ×	2,96	1,40	2,37	2,87
40.....	2,05	2,79 ×	2,73	1,94	3,3	1,78	0,88	2,00	3,1	2,7	1,08	1,90	2,70
45.....	2,36	2,72	2,57	1,83	3,25 ×	1,53	0,76	1,76	2,85	2,35	0,87	1,58	2,48
250.....	2,53	2,50			3,3	1,30	0,665	1,50	2,50	2,00	0,71	1,36	1,90
53.....	2,57 ×												
55.....	2,52	1,32	1,94	1,71	3,2	1,07	0,56	1,28	2,06	1,66	0,60	1,23	1,46
60.....	2,35	0,525	1,10	1,43	3,1	0,87	0,48	1,08	1,70	1,42	0,51	1,06	1,12
65.....	2,00	0,19	0,48	1,15	2,78	0,71	0,395	0,92	1,40	1,23	0,45	0,88	0,01
70.....	1,52	0,074	0,215	5,88	2,44	0,61	0,34	0,765	1,20	1,10	0,40	0,72	0,78
75.....	1,32	0,046	0,106	0,615	1,72	0,53	0,32	0,635	1,06	1,00	0,36	0,625	0,69
80.....	0,015	0,030	0,080	0,50	1,05	0,475	0,295	0,53	0,96	0,92	0,335	0,55	0,60
80.....	0,36	0,020	0,072	0,41	0,59	0,405	0,27	0,435	0,85	0,81	0,205	0,49	0,50
90.....	0,235	0,017	0,064	0,34	0,365	0,35	0,235	0,355	0,725	0,685	0,255	0,42	0,40
95.....	0,18	0,015	0,056	0,27	0,265	0,275	0,195	0,31	0,61	0,57	0,21	0,345	0,295
300.....	0,155	0,016	0,052	0,22	0,22	0,225	0,165	0,27	0,515	0,465	0,175	0,29	0,215
310.....	0,135	0,017	0,045	0,145	0,155	0,153	0,113	0,205	0,35	0,30	0,11	0,17	0,125
15.....		0,018 ×											
20.....	0,115	0,015	0,041	0,096	0,115	0,105	0,087	0,15	0,24	0,205	0,07	0,11	0,084
30.....	0,105	0,012	0,034	0,062	0,083	0,073	0,062	0,10	0,155	0,140	0,048	0,076	0,055
40.....	0,095	0,007	0,025		0,060	0,049	0,016	0,06	0,090	0,096	0,030	0,057	0,048
350.....	0,090	0	0,018	0,022	0,038	0,028	0,633	0,04	0,054	0,066	0,021	0,035	0,032

Cromatografía gaseosa de los aceites esenciales estudiados

I. Aceite esencial de *Mintostachis verticillata* (o peperina)

Columna « P » (polisuccinato de propileno glicol) de 2 m × 1/8"

Condiciones : 125° C y 15 psi de N₂. Detector a llama de hidrógeno

Picos registrados y tamaño relativo	Tiempo de retención	Componentes identificados y probables
1. muy pequeño	0,3 minutos	
2. grande	0,4 »	
3. muy grande	0,6 »	
4. mediano	1,0 »	
5. grande	1,1 »	alfa-pineno
6. pequeño	1,6 »	canfeno
7. pequeño	1,8 »	beta-pineno
8. muy pequeño	2,0 »	
9. mediano	2,4 »	limoneno
10. muy pequeño	2,8 »	
11. muy pequeño	3,2 »	
12. muy pequeño	3,7 »	
13. muy pequeño	4,4 »	
14. muy pequeño	5,0 »	
15. muy pequeño	6,2 »	
16. pequeño	8,9 »	
17. muy pequeño	9,2 »	
18. muy grande	10,4 »	mentona
19. mediano	12,2 »	iso-mentona
20. muy pequeño	15,2 »	
21. pequeño	18,0 »	
22. pequeño-mediano	19,2 »	
23. muy grande	23,6 »	pulegona
24. pequeño-mediano	26 »	

II. Aceite esencial de madera de *Cordia trichotoma* (o peteribí)

Columna « SAIB » (diacetato hexaisobutirato de sacarosa) de 2 m × 1/4''

Condiciones : a 200° C y 6 psi de N₂ (flujo 13,6 ml/min)

Detector : termistores

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. mediano.....	1,4 minutos	
2. grande.....	10,0 »	carbonílico
3. mediano.....	14,2 »	hidrocarburo
4. mediano-grande.....	30,4 »	alcohol sesquiterpénico
5. grande.....	34,4 »	alcohol sesquiterpénico

Nota. — Del aceite esencial fue aislado un componente fenólico que dio un 3-5-dinitrobenzoato con pto de fusión 125° C y una 2-4-dinitro-fenilhidrazona con pto de fusión 173° C. Por cromatografía en columna de ácido silíceo se dividió en dos fracciones; de la oxigenada, por acción de ClH gaseoso en medio acético se obtuvo un compuesto cristalino con pto fusión 118-119° (correspondería al cadinol (?)).

III. Aceite esencial de *Lippia polystachia*Columna « P » de 2 m × 1/4'', a 150° C y 4 psi de N₂

Detector a termistores.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. pequeño-mediano.....	0,2 minutos	
2. pequeño-mediano.....	0,5 »	
3. pequeño.....	0,6 »	
4. pequeño.....	0,85 »	
5. pequeño.....	1,1 »	
6. muy grande.....	1,4 »	limoneno
7. pequeño-mediano.....	2,0 »	
8. pequeño.....	2,6 »	
9. pequeño-mediano.....	4,2 »	
10. pequeño-mediano.....	5,2 »	mentona
11. muy pequeño.....	6,2 »	
12. muy pequeño.....	6,8 »	
13. pequeño.....	8,0 »	
14. muy pequeño.....	10,0 »	
15. mediano.....	11,2 »	pulegona (?)
16. muy grande.....	18,2 »	carvona
17. mediano.....	19,4 »	
18. mediano.....	22,2 »	

IV. Aceite esencial de *Lippia turbinata*Columna « P » de 2 m × 1/4", a 150° C y 4 psi de N₂

Detector a termistor.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. muy pequeño.....	0,2 minutos	
2. muy pequeño.....	0,7 »	
3. pequeño.....	1,0 »	
4. mediano.....	1,4 »	limoneno
5. grande.....	1,6 »	cineol
6. mediano-grande.....	1,8 »	
7. mediano.....	2,0 »	
8. pequeño.....	2,7 »	
9. pequeño.....	3,5 »	
10. pequeño.....	3,7 »	
11. pequeño.....	4,5 »	
12. pequeño-mediano.....	5,0 »	
13. pequeño.....	5,7 »	
14. pequeño.....	11,5 »	
15. muy grande.....	17,5 »	carvona
16. mediano.....	20,1 »	lippiona (?)
17. mediano.....	45 »	fenol (lippiafenol ?)

Nota.— Los derivados obtenidos para el componente del pico 15 corresponden a la carvona.

V. Aceite esencial de *Hedeoma multiflorum*Columna « P » de 2 m × 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. muy grande.....	2,75 minutos	
2. pequeño.....	5,0 »	
3. muy pequeño.....	5,5 »	
4. pequeño.....	7,5 »	
5. grande.....	9,5 »	mentona
6. muy grande.....	19,0 »	pulegona
7. mediano-grande.....	21,0 »	iso-pulegona ?
8. muy pequeño.....	27,0 »	
9. pequeño.....	38,0 »	carvona
10. pequeño.....	38,0 »	

VI. Aceite esencial de *Aloysia lycioides*Columna « P » de 2 m × 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. grande	2,5 minutos	beta-pineno
2. grande	3,0 »	limoneno
3. muy grande	3,75 »	cineol
4. mediano-grande	4,6 »	
5. mediano	7,0 »	
6. mediano	8,25 »	
7. mediano-pequeño	9,25 »	
8. muy grande	11,25 »	acetato de bornilo
9. muy grande	13,75 »	alcanfor
10. muy grande	15,0 »	borneol
11. mediano	18,5 »	
12. mediano-pequeño	24,0 »	
13. mediano-pequeño	33,0 »	
14. mediano	43,0 »	
15. mediano	55,0 »	farnesol

Tiempos de retención de compuestos puros en iguales condiciones y con igual columna

Sustancia patrón	Tiempo de retención
Limoneno	3,0 minutos
Cineol	3,5 »
Alcanfor	13,6 »
Pulegona	19,5 »
Linalol	9,5 »
beta-pineno	2,5 »
Borneol	16,0 »
Farnesol	55,5 »

VII. Aceite esencial de *Ambrosia tenuifolia*

Columna « P » de 2 m × 1/8", a 125° C y 20 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. mediano	2,25 minutos	limoneno ?
2. mediano	3,0 »	cineol
3. mediano	4,0 »	
4. mediano	5,0 »	
5. mediano-grande	6,5 »	
6. mediano-grande	8,5 »	
7. mediano	10,25 »	linalol
8. mediano-grande	13,5 »	alcanfor
9. mediano-grande	15,0 »	borneol
10. mediano.....	19,0 »	neral
11. mediano.....	23,0 »	geranial
12. mediano-pequeño.....	26,25 »	nerol
13. mediano.....	35,5 »	geraniol
14. mediano-pequeño.....	46,0 »	eugenol
15. mediano.....	64,0 »	sesquiterpeno
16. mediano.....	75,0 »	sesquiterpeno
17. mediano-grande	80,5 »	sesquiterpeno

Tiempo de retención de algunas sustancias patrón en iguales condiciones de operación y con igual columna

Sustancia patrón	Tiempo de retención
Cineol	3,0 minutos
Linalol.....	10,0 »
Alcanfor.....	13,0-13,5 »
Borneol.....	16,0 »
Nerol	26,75 »
Geraniol.....	35,75 »
Eugenol	44,46 »
Sesquiterpenos de aceite de made- ra de cedro	67,0 »
	85,0 »

VIII. Aceite esencial de *Lepechinia floribunda*Columna : « P » de 2 m \times 1/8", a 125° C y 20 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. muy grande	3,0 minutos	cineol
2. muy pequeño	3,75 »	
3. pequeño	7,75 »	
4. grande	12,0 »	linalol
5. muy grande	15,75 »	borneol
6. muy grande	19,6 »	
7. mediano	24,25 »	
8. mediano	38,0 »	
9. pequeño	40,5 »	
10. pequeño	58,5 »	
11. mediano	73,5 »	sesquiterpeno
12. grande	88,5 »	sesquiterpeno

IX. Aceite esencial de *Eupatorium artemisiaefolium*Columna : « P » de 2 m \times 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. pequeño	3,25 minutos	
2. pequeño	4,0 »	
3. mediano	7,5 »	
4. grande	11,0 »	linalol (?)
5. grande	15,0 »	borneol (?)
6. mediano	19,0 »	pulegona
7. mediano	24,0 »	
8. mediano-pequeño	31,5 »	
9. pequeño	36,5 »	
10. mediano-pequeño	46,0 »	
11. pequeño	50,0 »	
12. mediano	59,0 »	
13. pequeño	76,5 »	sesquiterpeno

X. Aceite esencial de *Stevia asturaefolia*Columna : « P » de 2 m × 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. pequeño	3,0 minutos	limoneno
2. pequeño	3,5 »	cineol
3. mediano	8,5 »	
4. mediano	9,5 »	
5. grande	11,5 »	linalol-acetato de borneol (?)
6. grande	15,25 »	borneol
7. mediano	19,25 »	pulegona
8. mediano	25,0 »	narol
9. pequeño	32,0 »	geraniol (?)
10. pequeño	46,0 »	eugenol
11. mediano	58,5 »	sesquiterpeno
12. mediano	74,0 »	sesquiterpeno

XI. Aceite esencial de *Baccharis artemisioides*Columna : « P » de 2 m × 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. mediano-pequeño	3,5 minutos	
2. mediano-pequeño	6,0 »	
3. mediano	7,0 »	
4. mediano	8,0 »	fencona (?)
5. mediano	9,25 »	
6. mediano	10,5 »	linalol (?)
7. mediano-grande	15,0 »	borneol (?)
8. mediano	18,0 »	
9. mediano	24,5 »	
10. pequeño	33,5 »	
11. pequeño	42,5 »	
12. mediano	57,5 »	farnesol (?)

XII. Aceite esencial de *Senecio cuspidatus*Columna : « P » de 2 m × 1/8", a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. pequeño	10,5 minutos	linalol (?)
2. pequeño	13,0 »	alcanfor (?)
3. mediano	15,0 »	borneol
4. pequeño	19,0 »	
5. mediano-grande	31,0 »	
6. mediano	36,5 »	
7. mediano-grande	45,5 »	
8. mediano-grande	58,25 »	

Observación. — Varios picos pequeños (hidrocarburos) hasta 3,5 minutos.

XIII. Aceite esencial de *Lithraea molleoides*Columna : « P » de 2 m × 1/4" a 150° C y 10 psi de N₂

Detector : llama de hidrógeno.

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
1. muy grande	1,5 minutos	alfa-pineno
2. pequeño	2,25 »	
3. muy pequeño	2,6 »	
4. muy grande	3,4 »	cineol
5. mediano	4,0 »	
6. pequeño	4,5 »	
7. muy pequeño	5,0 »	
8. pequeño-mediano	7,0 »	
9. mediano	8,0 »	
10. muy pequeño	8,75 »	
11. pequeño-mediano	10,0 »	linalol
12. muy pequeño	11,0 »	
13. pequeño	11,75 »	
14. muy pequeño	13,5 »	
15. pequeño-mediano	13,75 »	alcanfor
16. pequeño-mediano	19,0 »	

Pico registrado	Tiempo de retención	Componentes
17. mediano	20,5 »	terpineol
18. mediano-pequeño	22,25 »	geraniol
19. pequeño	25,0 »	
20. pequeño	31,5 »	
21. mediano	33,25 »	carvona
22. pequeño-mediano	38,5 »	
23. pequeño-mediano	41,75 »	
24. pequeño	45,0 »	
25. pequeño	49,5 »	
26. pequeño	62,5 »	

CONCLUSIONES

La aplicación de la cromatografía en fase gas-líquido y de otras técnicas físicas y químicas, indicadas en el texto, ha permitido establecer las características y obtener datos útiles para la identificación de los componentes de los trece aceites esenciales estudiados.

Para los aceites esenciales de *Hedeoma multiplofum*, *Lepechinia floribunda* y *Minthostachis verticillata* ha habido concordancia con los datos obtenidos en investigaciones anteriores. No así para los aceites esenciales de *Lippia polystacchia* en el que se halló como componente principal carvona en vez de tuyona y de *Lippia turbinata*, en el que también se encontró como componente principal carvona, en vez de lippiona; en ambos casos el dato de la cromatografía gaseosa fue confirmado por la obtención de derivados de temperatura de fusión definida y la espectrofotometría en el ultravioleta. En el caso del aceite de *Cordia trichotoma* sólo se conoce el trabajo sobre los alcoholes sesquiterpénicos que separan en cristales espontáneamente. Este trabajo aporta una serie de datos interesantes.

Para los otros seis aceites esenciales no se encontraron antecedentes bibliográficos, de modo que los datos que se presentan serán posiblemente los primeros publicados.

Al transcribir el detalle de los cromatogramas en fase gas-líquido, se indica para cada uno los componentes identificados (o más probables) de acuerdo con el tiempo de retención y las otras determinaciones efectuadas.

Aceite especial estudiado	Reacción con ácido tiobarbitúrico ¹¹			
	Color obtenido		Color cedido	
	En frío	En caliente	Benceno	Alc.
1. <i>Minthostachis verticillata</i>	—	anaranjado	—	amari fluore
2. <i>Lippia polystachia</i>	amarillento	rosaa	amarillo claro	rosado
3. <i>Lippia turbinata</i>	incolore	amarillo ro- sado	amarillo claro	rosado
4. <i>Cordia trichotoma</i>	amarillento	anaranjado	amarillo	rosado
5. <i>Hedeoma multiflorum</i>	—	amarillo	amarillo claro	amari
6. <i>Aloysia lycioides</i>	incolore	rosado roji- zo	amarillo claro	rosado rescer
7. <i>Ambrosia tenuifolia</i>	amarillo	anaranjado	amarillo	anara
8. <i>Lepechinia floribunda</i>	incolore	rosa amari- llento	amarillento	amari fluore
9. <i>Eupatorium artemisiaefolium</i>	—	rosa anaran- jado	amarillo oro	rosa f cente
10. <i>Stevia saturaefolium</i>	—	amarillo anaranjado	amarillo oro	rosa f cente
11. <i>Baccharis artemisioides</i>	—	rosado ana- ranjado	amarillo oro	rosa f cente
12. <i>Senecio cuspidatus</i>	incolore	rosado	no	rosa f cente
13. <i>Lithraea molloide</i>	ligeramente amarillento	rojizo	amarillento	rosa f cente

s en los aceites esenciales

Componentes	Cromatografía en capa delgada ¹² (revelado con ClH, 2-4-dinitrofenilhidrazina) (Rf de los componentes respecto al Rf de carvona)
s terpénicas	1,56, 1,40 (mentona), 1,15 (pulegona) y otras dos con Rf inferior a carvona
na y otras ceto-	la principal 1,00 (carvona) y otras débiles con Rf/rF carvona mayor a 1,0
na y otras ceto-	la principal coincide con carvona
. bencénicos y o sesquit.	8 manchas : 1,24, 1,17, 1,11, 1,07, 0,92, 0,81, 0,50 y 0,38
as y aldehy. terp.	2 netos : 1,40 (mentona) y 1,15 (pulegona)
as y citral (?)	5 manchas : 1,07, 1,00, 0,83, 0,73 y 0,43
. bencénicos y as	6 manchas : 1,18, 1,13, 0,99, 0,83, 0,90 y 0,45
as y aldehy. terp.	3 manchas : 1,00, 0,75 y 0,62
. beneénicos as-citral (?)	7 manchas : 1,28, 1,20, 1,09, 0,93, 0,84, 0,70 y 0,51
. bencénicos as-citral (?)	5 manchas : 1,16, 1,07, 1,00, 0,82 y 0,45
as y aldehy. (?)	4 manchas : 1,16, 1,06, 0,94 y 0,81
as y citral (?)	3 manchas : 1,43, 1,30 y 0,48
as y aldehy., alif. p.	5 manchas : 1,19, 1,00 (carvona), 0,70, 0,54 y 0,33

Investigación de *cafficos* en los aceites esenciales

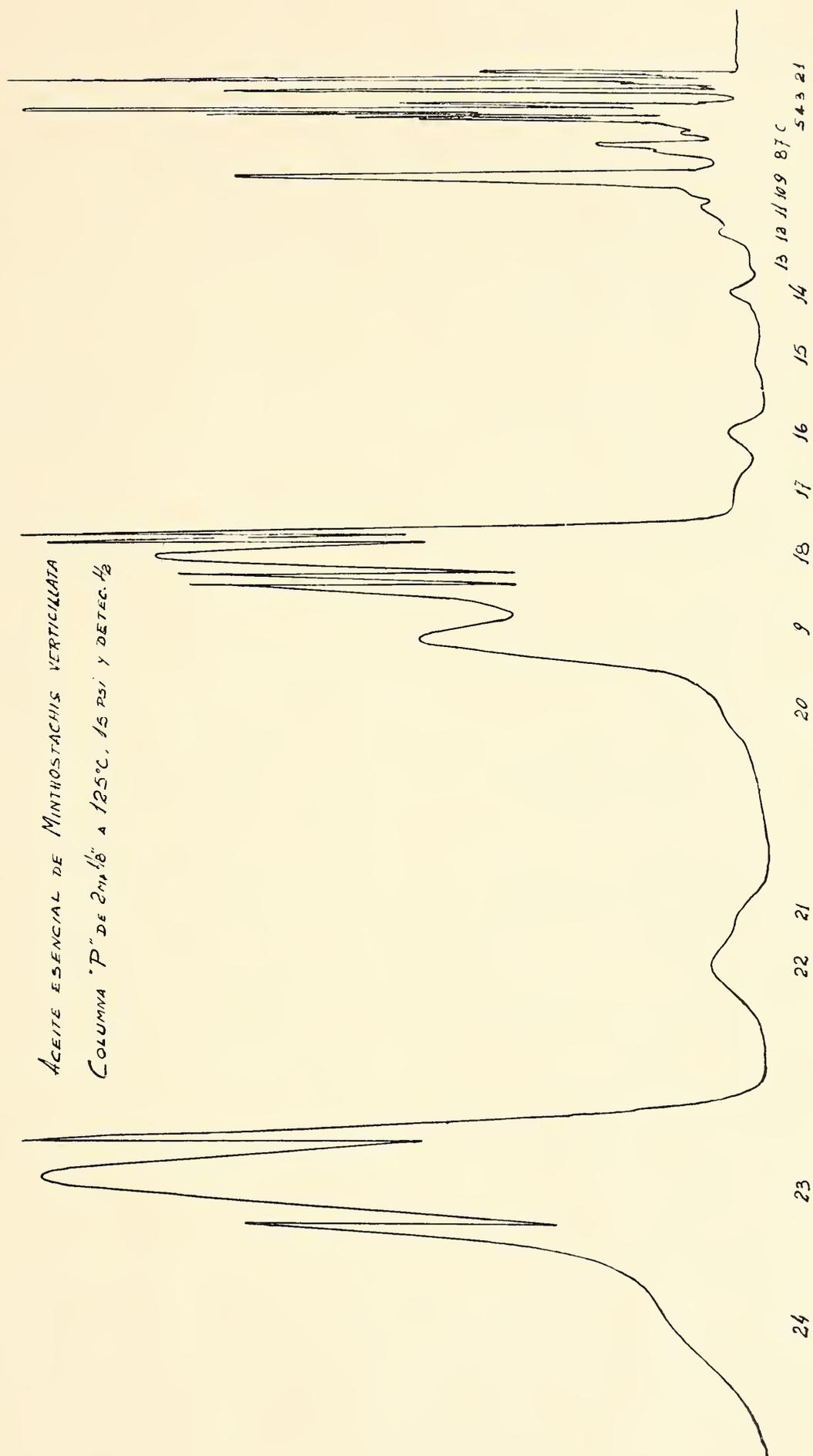
Aceite esencial estudiado	Reacción con ácido fobarbáctico **				Componentes	Cromatografía en capa delgada ** (revelado con CH ₂ 2,4-dinitrofenilhidrazina) (Rf de los componentes respecto al Rf de carvona)
	Color obtenido		Color reducido			
	En frío	En caliente	Benzona	Alc.		
1. <i>Minthostachys verticillata</i>	—	amaranjado	—	alm. fluo.	tonas terpénicas	1,56, 1,40 (mentona), 1,15 (pulegona) y otras db. con Rf inferior a carvona
2. <i>Lippia polystachia</i>	amarillento	rosado	amarillo claro	ros. cent.	carvona y otras ceto-	la principal 1,60 (carvona) y otras débiles con Rf/rf carvona mayor a 1,0
3. <i>Lippia turbinata</i>	incoloro	amarillo rosado	amarillo claro	ros. cent.	carvona y otras ceto-	la principal coincide con carvona
4. <i>Cordia trichotoma</i>	amarillento	amaranjado	amarillo	ros. cent.	deh. benecínicos y rp. o sesquit.	8 manchas: 1,24, 1,17, 1,11, 1,07, 0,92, 0,81, 0,50 y 0,38
5. <i>Hedeoma multiflorum</i>	—	amarillo	amarillo claro	alm. fluo.	tonas y aldeh. terp. alif.	2 netos: 1,40 (mentona) y 1,15 (pulegona)
6. <i>Aloysia lycioides</i>	incoloro	rosado rojizo	amarillo claro	ros. cent.	tonas y etral (?)	5 manchas: 1,07, 1,00, 0,83, 0,73 y 0,43
7. <i>Ambrosia tenuifolia</i>	amarillo	amaranjado	amarillo	alm. fluo.	deh. benecínicos y tonas	6 manchas: 1,18, 1,13, 0,99, 0,83, 0,90 y 0,45
8. <i>Lepachinia floribunda</i>	incoloro	rosa amarillento	amarillento	alm. fluo.	tonas y aldeh. terp. alif.	3 manchas: 1,00, 0,75 y 0,62
9. <i>Eupatorium artemisiaefolium</i>	—	rosa amaranjado	amarillo oro	ros. cent.	deh. benecínicos tonas-etral (?)	7 manchas: 1,28, 1,20, 1,09, 0,93, 0,84, 0,70 y 0,51
10. <i>Stevia salicifolia</i>	—	amarillo amaranjado	amarillo oro	ros. cent.	deh. benecínicos tonas-etral (?)	5 manchas: 1,16, 1,07, 1,00, 0,82 y 0,45
11. <i>Baccharis artemisioides</i>	—	rosado amaranjado	amarillo oro	ros. cent.	tonas y aldeh. etral (?)	4 manchas: 1,16, 1,06, 0,94 y 0,81
12. <i>Senecio cuspidatus</i>	incoloro	rosado	no	ros. cent.	tonas y etral (?)	3 manchas: 1,43, 1,30 y 0,48
13. <i>Lithraea molleoides</i>	ligeramente amarillento	rojizo	amarillento	ros. cent.	tonas y aldeh., alif. terp.	5 manchas: 1,19, 1,00 (carvona), 0,70, 0,54 y 0,33

BIBLIOGRAFIA

1. Bayer, E. ; « Gas Chromatography ». Elsevier Publ. Co. New Yorw. 1961.
2. Montes, A. L. ; « Analítica de los productos aromáticos » INTA-Bs. Aires 1961 y Boletín de SAIPA-Bs. Aires : 3, 1 (1962) ; 4, 4 (1963) ; 5, 6 (1963) ; 7, 8 (1965) ; 7, 17 (1965) y 10/11, 16 (1966).
3. Fester, G. A. y Martinuzzi : « Esencia volátiles argentina ». Sta. Fe 1955. p. 1.
- 4, 5. Fester, G. A. ; Obra citada en 3, p. 72 y 45.
6. Seikel, M. K. y Rowe, J. W. ; « Phytochemistry » 3, 27 (1964).
- 7, 8, 9. Fester, G. A. y Martinuzzi, E. ; Obra citada en 3, pág. 23, 79 y 41.
10. Montes, A. L. ; Obra citada en 2, Cap. I a VI.
11. Montes, A. L. ; Boletín de SAIPA-Bs. As. (a publicar)
12. Montes, A. L. ; Obra citada en 2. Cap. I. p. 39.

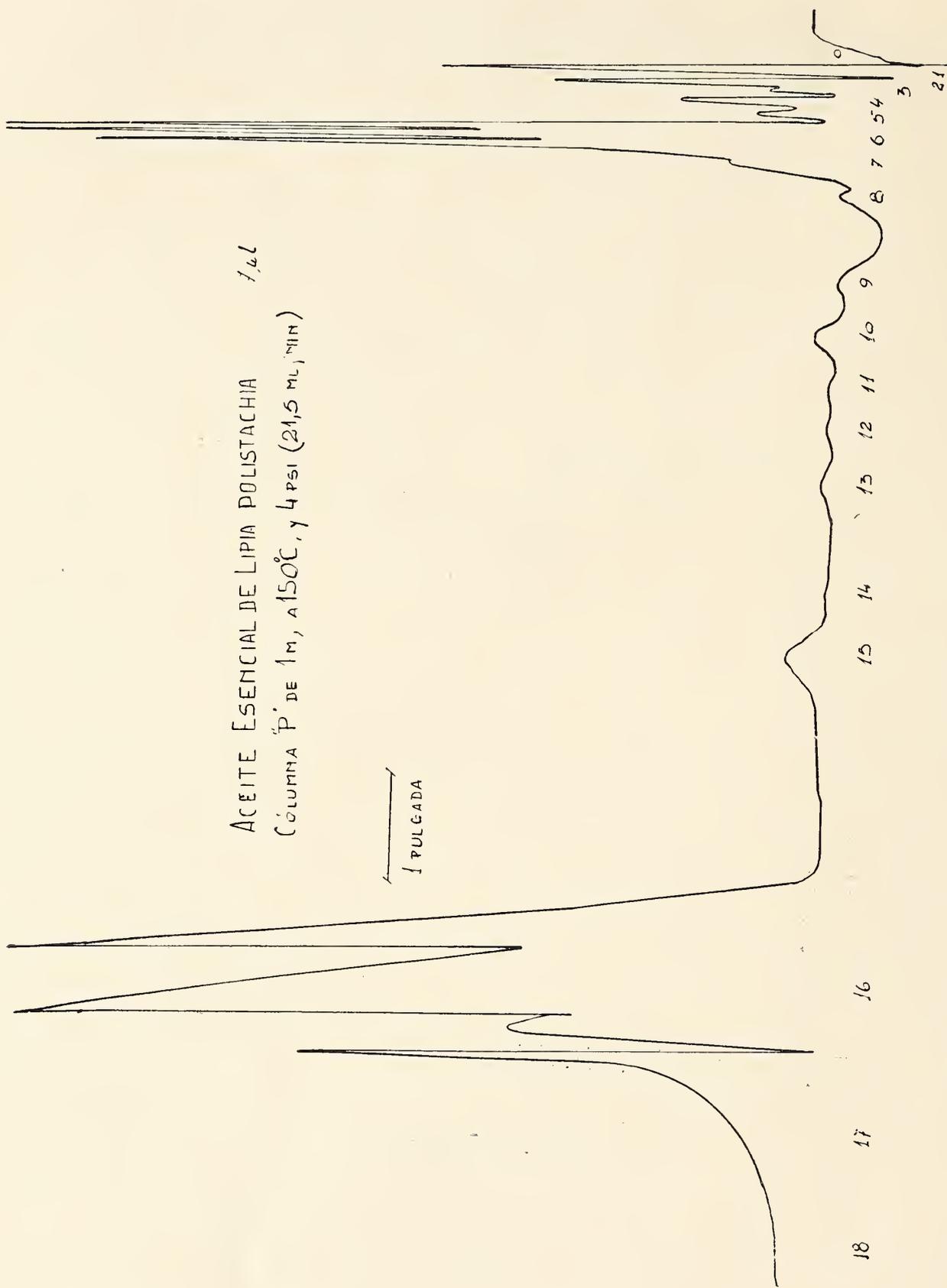
Buenos Aires, Diciembre 5 de 1967.

Laboratorio de Bromatología y Análisis Industriales
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



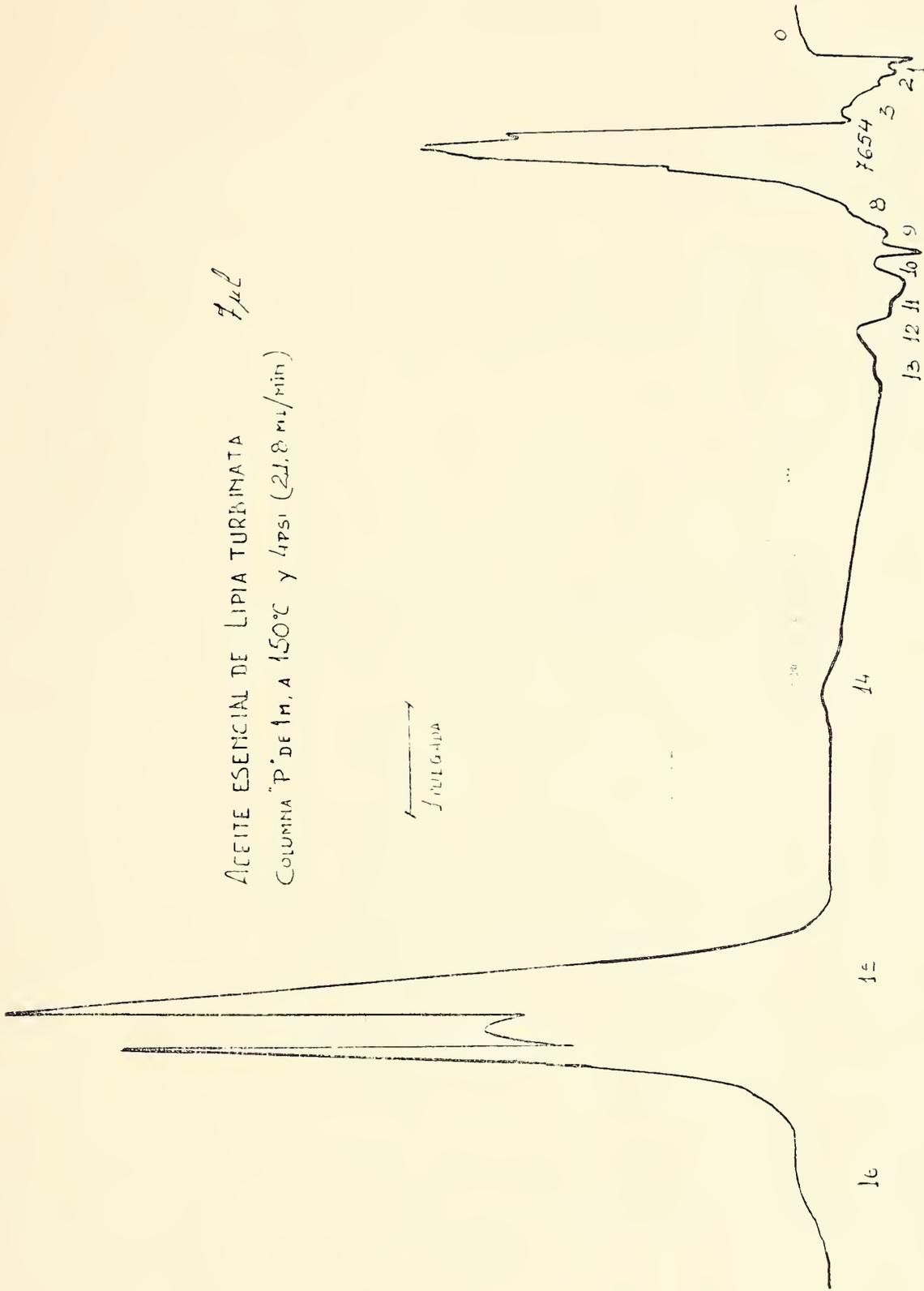
ACEITE ESENCIAL DE *MENTHASTACHIS VERTICILLATA*
COLUMNA "P" DE 2mm^{1/2} A 125°C, 15 PSI Y DETEC. 1/2

Cromatograma 1



Cromatograma 2

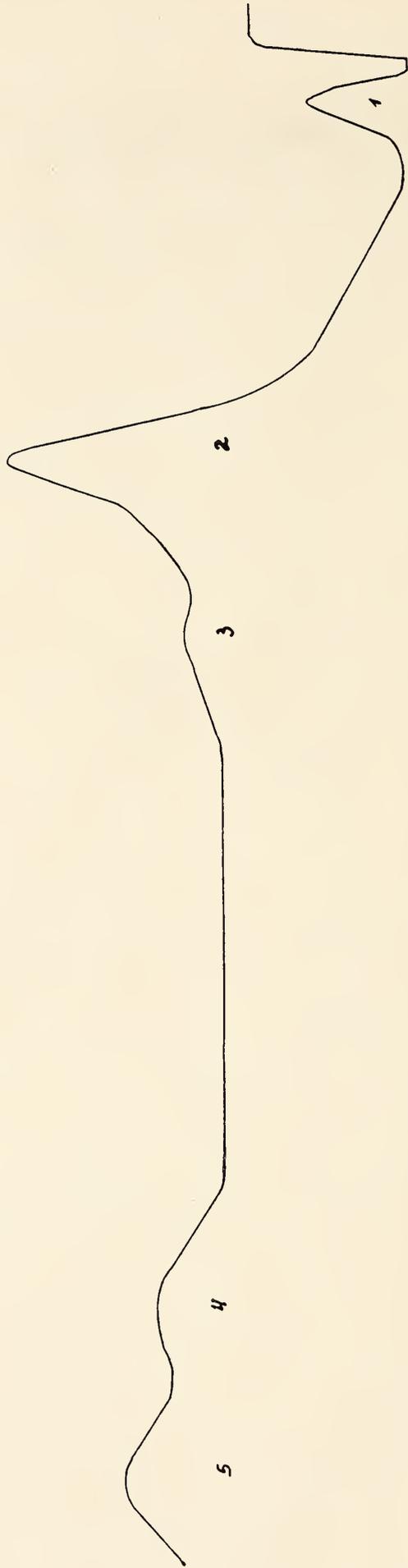
ACEITE ESENCIAL DE LIPIA TURBINATA 7 μ l
COLUMNA "P" DE 1M, A 150°C Y 4PSI (21.8 ml/min)



Cromatograma 3

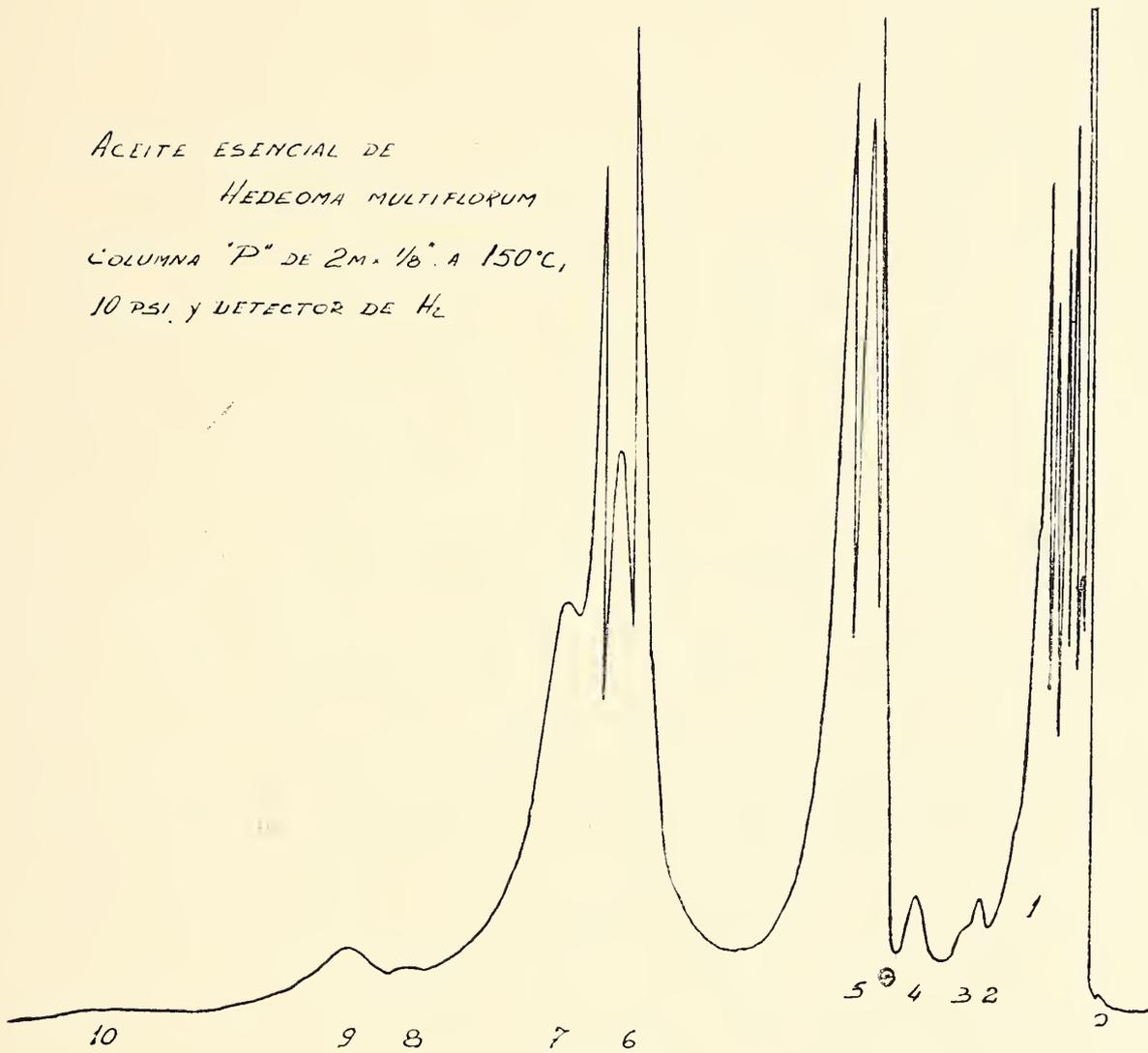
ACEITE ESENCIAL DE PETIRIBI (ENTERO) 1.5 μL
Columna "SAIB" de 2M, a 200°C, 6PaI (13.6 ml/min)

1
PULGADA



Cromatograma 4

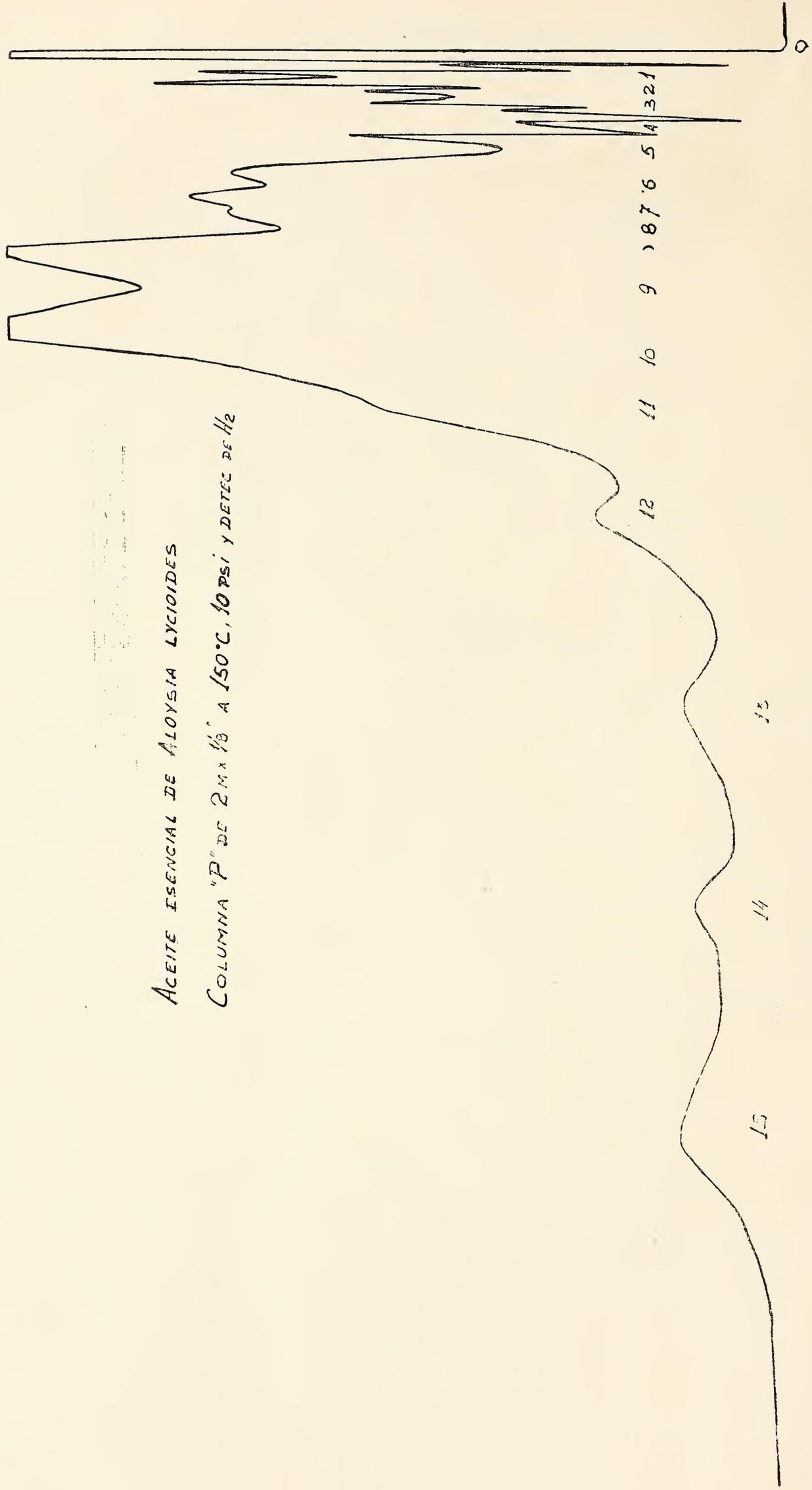
ACEITE ESENCIAL DE
 HEDEOMA MULTIFLORUM
 COLUMNA "P" DE 2M. 1/8". A 150°C,
 10 PSI. Y DETECTOR DE H₂



Cromatograma 5

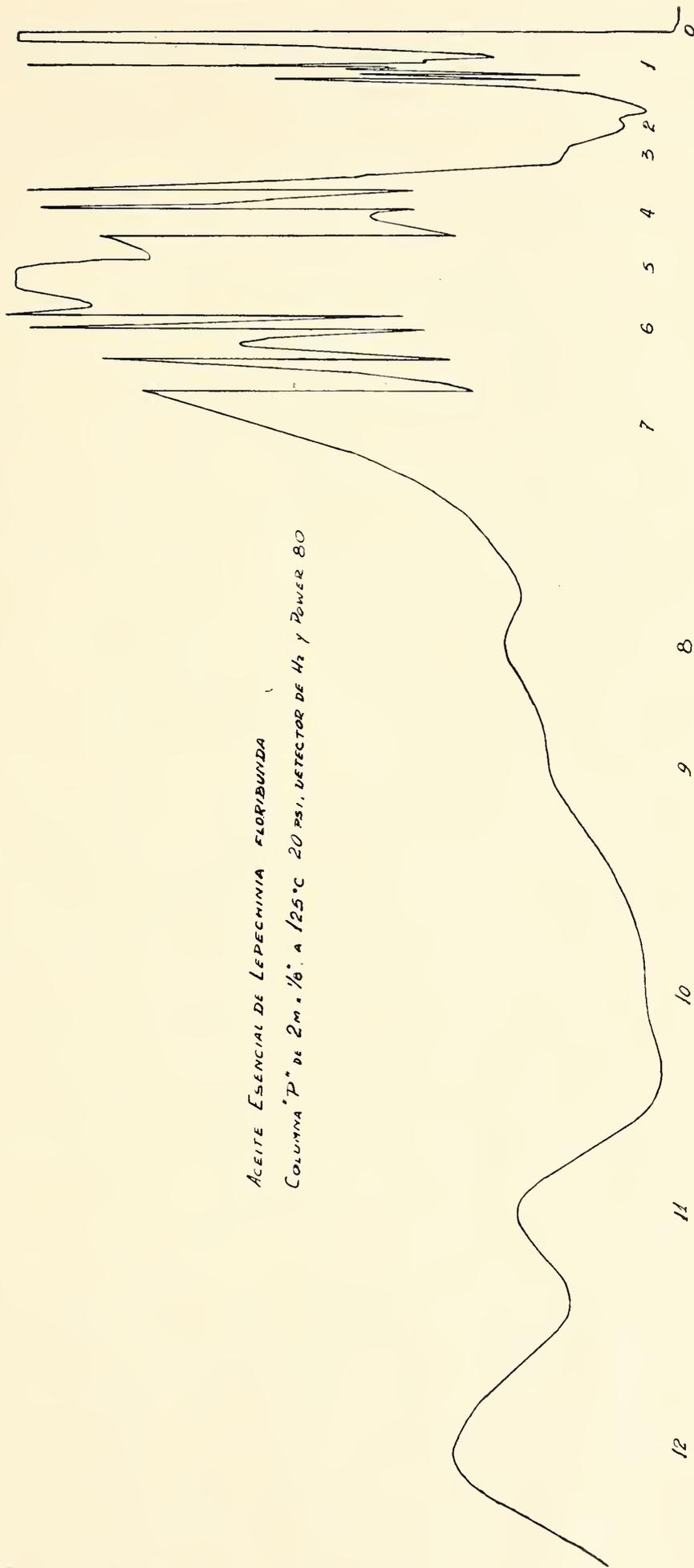
ACEITE ESENCIAL DE ALOYSIA LYCROIDES

COLUMNA "P" DE 2 M X 1/8" A 150°C, 10 PSI Y DETECTOR DE H₂



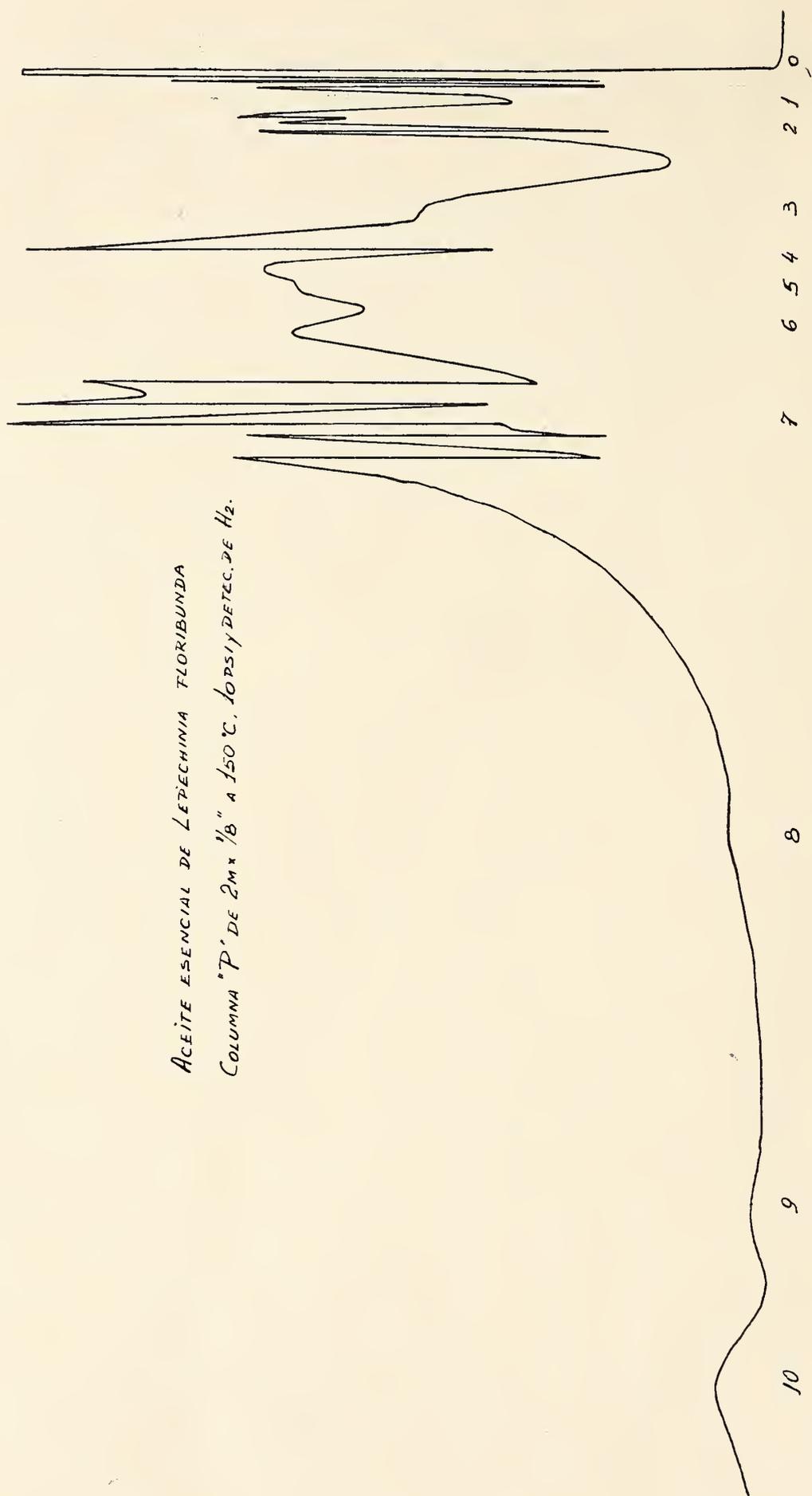
Cromatograma 6

LA CROMATOGRAFÍA GASEOSA APLICADA



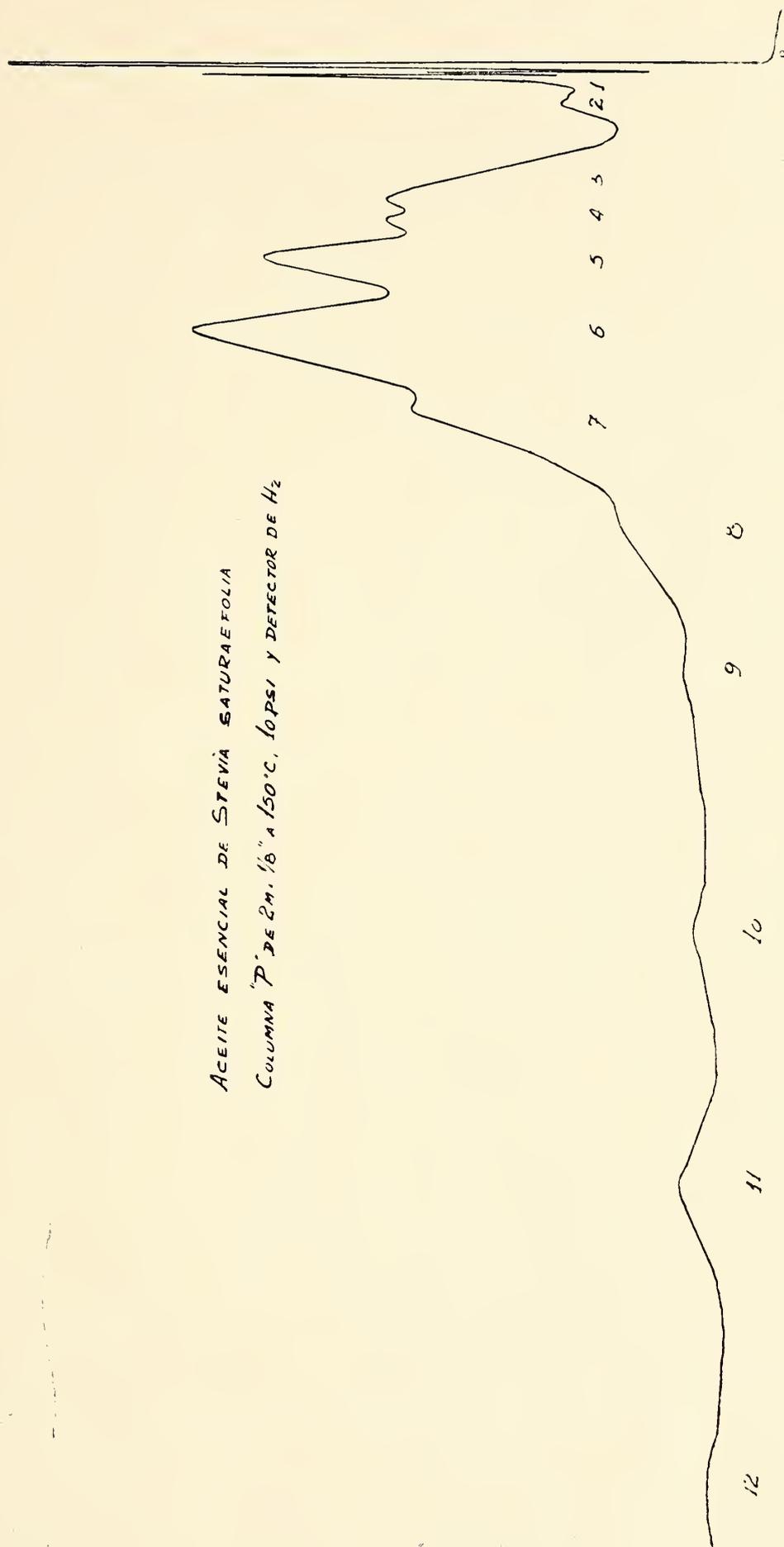
ACEITE ESENCIAL DE LEPECHINIA FLORIBUNDA
COLUMNA "P" de 2m. x 1/6". a 125°C 20 PSI. DETECTOR DE H₂ Y POWER 80

Cromatograma 7



ACEITE ESENCIAL DE LEPECHINIA FLORIBUNDA
COLUMNA "P" DE 2m x 1/8" A 150°C. IOPSI Y DETEC. DE H₂.

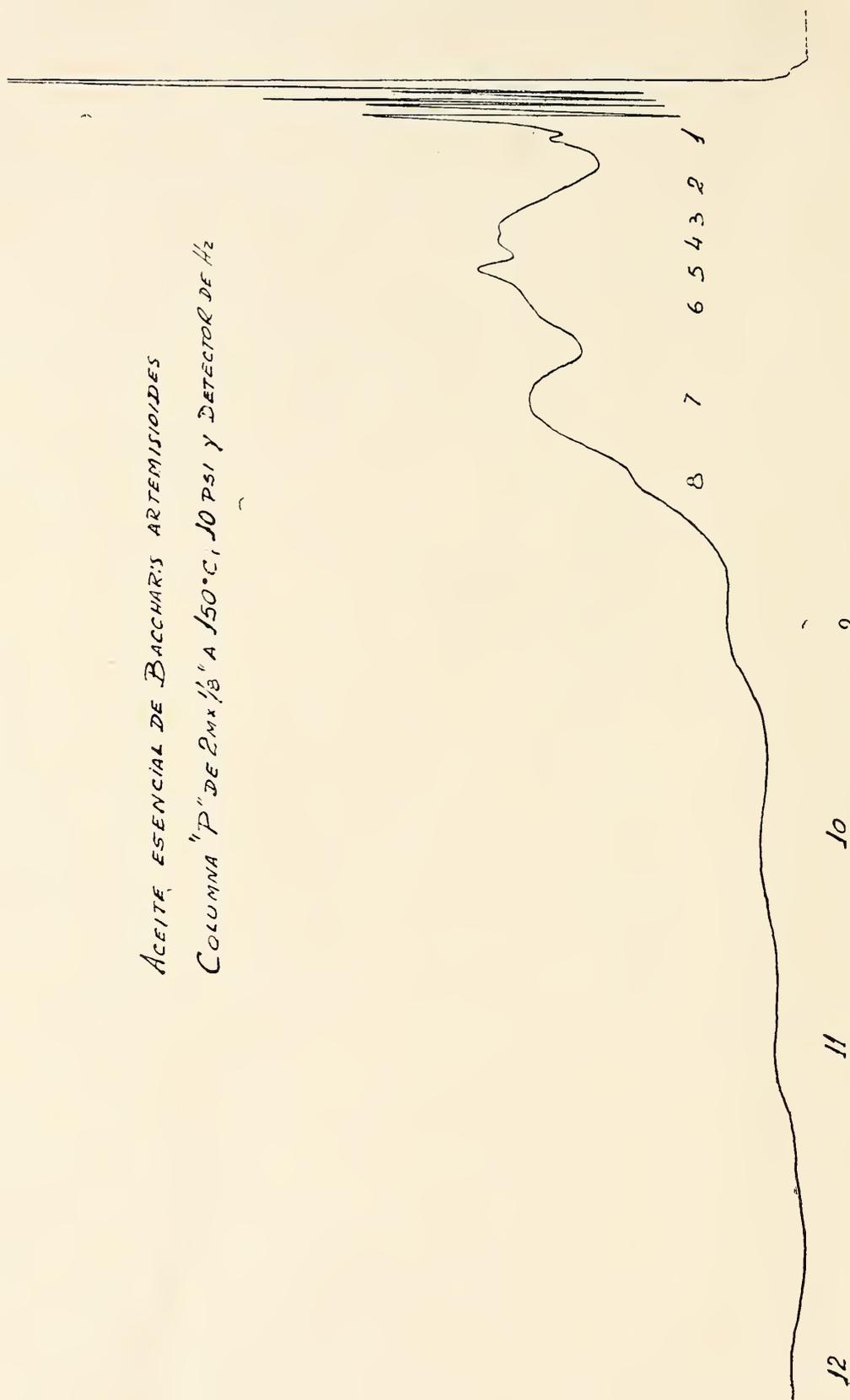
Cromatograma 8



ACEITE ESENCIAL DE STEVIA SATURAEFOLIA
COLUMNA "P" DE 2m. 1/8" a 150°C. IOPSI Y DETECTOR DE H₂

Cromatograma 9

ACEITE ESENCIAL DE *BACCHARIS ARTEMISIOIDES*
COLUMNA "P" DE 2m x 1/8" A 150°C, 10 PSI Y DETECTOR DE H₂



Cromatograma 10

06.82
678

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

MARZO-ABRIL 1969 — ENTREGAS III-IV — TOMO CLXXXVII

SUMARIO

	Pág.
SERIE I, CIENCIAS Nº 19	
MARÍA S. CATALDI Y MARTA C. GAY, Estudio fisiológico de algunas bacterias que utilizan hidrocarburos	58
SERIE II. CIENCIAS APLICADAS Nº 12	
J. JATIMLIANSKY Y E. SÍVORI, Inhibición de crecimiento de <i>Scenedesmus obliquus</i> por alcaloides.....	49
G. ZAMPIGHI, P. KITTL Y R. ALVAREZ, El problema del tamaño del grano en el esmalte y la dentina.....	67
ALBERTO G. ALVAREZ, JUAN M. ANDRIEU Y E. E. CASTELLANO, Determinación de existencia de una nueva forma cristalina en el resultado de cobre tri-hidratado..	81
BETTY KERLLEÑEVICH Y ENRIQUE CHAPUNOV, Dispositivo electromagnético para desviación de un haz de luz.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	96

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969



SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tamborel
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zeballos

JUNTA DIRECTIVA

(1966-1967)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares :</i>	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Ing. Nicolás Konzewitsch
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Ing. Sigfrido Lichtenthal
	Ing. Carlos A. J. Mari
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Alberto Bilotti
<i>Vocales Suplentes</i>	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Fernando D. Díaz Solá
	Ing. Andrés E. Garlan
	Dr. Jorge R. A. Vanossi

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

San Juan

Presidente
 Doctor Indalecio Carmona Ríos

Vicepresidente
 Ingeniero Fernando Volponi

Secretario
 Doctor Pablo A. Del Carril

Tesorero
 Cont. Púb. Duilio S. Graffigna

Vocales
 Ingeniero Ramón Ruiz Bates
 Ingeniero Federico Rocha
 Doctor Antonio Aguilar

Santa Fe

Presidente
 Dr. Argentino A. Bonetto

Vicepresidente
 Dr. Ezio Emiliani

Secretario
 Prof. Clarice T. Pignalberi

Tesorero
 Ing. Quím. Enrique A. Virasoro

Vocales
 Ing. Quím. Guillermo Berraz
 Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente
 Ing. Roberto Diego Cotta

Vicepresidente
 Ing. Camilo B. Rodríguez

Secretario
 Dr. Luis M. Boggia

Prosecretario
 Ing. Horacio C. Albina

Tesorero
 Dr. Teodoro G. Krenkel

Protesorero
 Ing. Pedro Diego Jensen

Vocales
 Dr. Max Birabén, Dr. Homero Biliboni, Dr. Jorge J. Ronco, Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Ives L. Danna, Ing. Aaron Beilinson e Ing. José G. Romano Yalour.

INHIBICION DE CRECIMIENTO DE « SCENEDESMUS OBLIQUUS » POR ALCALOIDES ¹

POR J. JATIMLIANSKY Y E. SIVORI

RESUMEN

Estudios anteriores indicaron que los dos alcaloides del laurel (*Laurus nobilis* L.) poseen una fuerte acción inhibitoria del crecimiento del alga *Scenedesmus obliquus* a concentraciones inferiores a $1,0 \times 10^{-4}$ M.

Los ensayos realizados con otros alcaloides y compuestos nitrogenados indicaron que aquellos correspondientes al núcleo aporfínico son altamente inhibidores, excepto cuando poseen uno o más HO- en las posiciones 1, 2, 11. Los HO- parecen anular el efecto inhibitorio, lo que no ocurre cuando se sitúan en posición 9. A este comportamiento escapa la launobina.

Los dos alcaloides ensayados del núcleo protoberberínico también provocan una fuerte inhibición. Los correspondientes al núcleo bencil-isoquinolínico causan inhibiciones que oscilaron entre el 30 y el 75 %, en forma muy variable; de manera semejante a los aporfínicos, la presencia de HO- en las posiciones 6, 7 y 3' anulan el efecto inhibitorio lo que ocurre igualmente cuando poseen una lactona en la posición 1'6'.

Un alcaloide con estructura totalmente diferente que causó una inhibición del 100 % fué la quinina. Igual acción ejerció la 8-hidroxiquinolina. Los demás alcaloides y compuestos nitrogenados ensayados provocaron inhibiciones inferiores o fueron totalmente inactivos.

ABSTRACT

Previous studies have demonstrated that the aporphine-type alkaloids of *Laurus nobilis* are strong growth inhibitors of *Scenedesmus obliquus*, when tested at concentrations below 1×10^{-4} M.

The experiments reported in this paper, using some related alkaloids, show a relationship between molecular configuration and growth inhibition. The aporphine alkaloids are strong inhibitors; that is not the case for those having one or more OH groups at C-1, C-2 and C-11. However, the presence of the OH groups at C-9 did not check the inhibitory effect. Launobine is an exception to the above mentioned relationship.

¹ Fac. de Cien. Nat. y Museo Univ. Nac. de La Plata.

The same inhibitory effect was observed when the Berberine-type alkaloids were assayed.

Those with a benzyl-isoquinoline structure showed an inhibitory action which shifted between 30-75 % in different experiments. Like for the alkaloids of the first group, the OH group at C-6, C-7 and/or C-3' is a supressor of the inhibitory activity. This effect was observed also when a lactone ring was present.

Quinine, the Cinchona alkaloid, and 8-Hydroxiquinoline caused 100 percent inhibition. Other alkaloids, as well as some other nitrogenous compounds, were either slight inhibitors or totally inactives.

En un trabajo anterior¹ realizado con objeto de estudiar las causas posibles de las diferencias del desarrollo de organismos celulares sobre troncos de árboles vivos situados en condiciones ambientales muy similares, se determinó que la corteza del laurel (*Laurus nobilis* L.) posee dos fuertes inhibidores del crecimiento del alga *Scenedesmus obliquus*, que fueron identificados como los alcaloides del grupo aporfínico, launobina y actinodafnina.

Si bien *Scenedesmus* no es un alga "epífita", las condiciones y metodología para su cultivo en forma experimental, ya desarrolladas, permitieron obtener datos exploratorios que deben ser confirmados posteriormente.

Ante los resultados obtenidos se consideró de interés determinar la actividad inhibitoria que otros compuestos de estructura relacionada pudieran ejercer sobre el mismo organismo. Las algas utilizadas provenían de un cultivo unialgal. Los ensayos se realizaron en 10 ml de solución Arnon (Arnon et al. 1955) contenidos en un tubo de 14 × 150 mm a partir de una siembra con una concentración inicial de 500 individuos por mm³ de solución. Dentro de la solución se colocó un tubo por el cual burbujeaba aire, previamente filtrado a través de algodón, homogeneizando el número de burbujas con una pinza de Hoffmann que regula la corriente y uniforma la aereación de los diversos cultivos.

Los tubos de ensayo sumergidos en un baño de agua se ubicaron en un soporte circular de manera que todos estaban equidistantes de un foco luminoso que los iluminaba durante las 24 horas del día. Se esterilizó previamente las partes del equipo en contacto con las algas como las soluciones. Las siembras iniciales se realizaron en forma aséptica.

¹ Sívori E. y J. Jatimliansky, 1965.

Como se encuentran diferencias entre cultivos efectuados en distinto tiempo por causas aún desconocidas, cada ensayo constaba de dos o tres tubos patrones conteniendo exclusivamente la solución Arnon de pH 6.5 - 6.7. Los tubos con los compuestos a ensayar contenían la misma solución más cantidades crecientes de la droga, generalmente seis concentraciones que variaban entre 0,5 y 1×10^{-4} M. Cuando se consideró conveniente se variaron las concentraciones aumentándolas o bien se repetía el ensayo en iguales condiciones si los datos obtenidos no permitían extraer resultados bien definidos.

Cuando los cultivos patrones adquirían un adecuado color verde, aproximadamente al cuarto o quinto día, se realizaba su conteo empleando una cámara de Neubauer con resultados que normalmente superaron las 6.000 algas por mm^3 ; en igual forma se contaron las algas correspondientes a los cultivos con los compuestos en ensayo. Los resultados se expresan con relación al número de algas de los tubos patrones que se considera un crecimiento del 100 %.

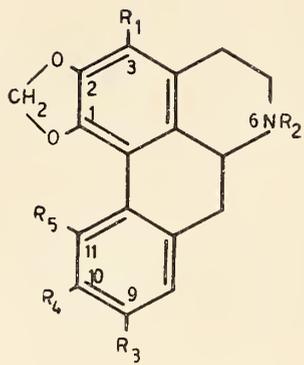
Se han ensayado 31 alcaloides, además de 8-hidroxiquinolina, quinolina, isoquinolina, fenol e ioduro de potasio.

El ioduro y el fenol se probaron para separar su efecto del resto de las moléculas de algunos compuestos que los contenían.

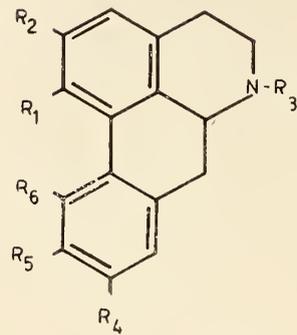
Los alcaloides ensayados pertenecían a los núcleos aporfínico, bencil-isoquinolínico, protoberberínico, quinolínico, tropano, fenil-isopropilamina, fenil-etilamina, fenantreno y rubano los que fueron suministrados gentilmente por los Dres. S. Albónico, V. Deulofeu, E. Fujita, C. Guzmán, J. Haginiwa, O. Orazi, A. Rüeegger, J. Schmutz y M. Tomita.

Los resultados se exponen en la table I donde se consigna el nombre del compuesto, la concentración con la cual se obtuvo la máxima inhibición y la inhibición máxima obtenida, expresada en % con respecto al crecimiento promedio de los cultivos patrones.

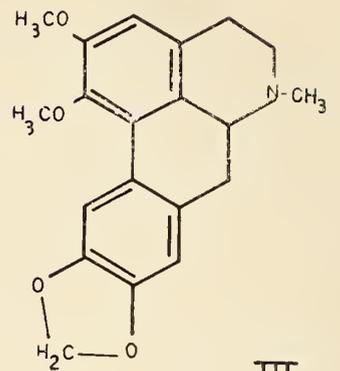
Como puede observarse algunos compuestos produjeron resultados muy variables, casos en que se consignan los diversos valores obtenidos. Otros produjeron inhibiciones prácticamente constantes por lo cual no se registran las repeticiones. Como conclusión muy general puede observarse que cuando la inhibición es superior al 90 %, los resultados se repetían, pero cuando la inhibición era intermedia, los resultados variaban ampliamente entre un ensayo y otro.



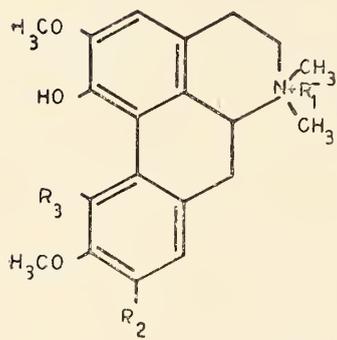
I



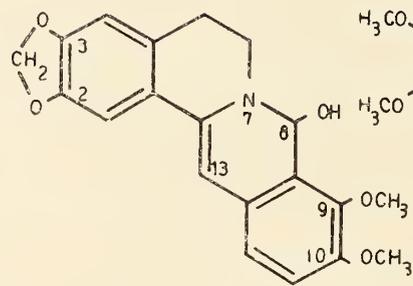
II



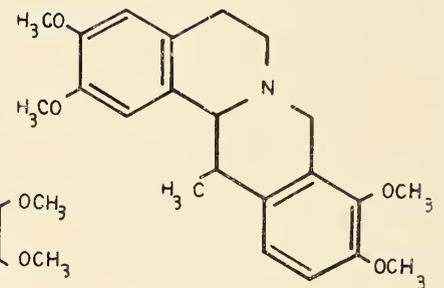
III



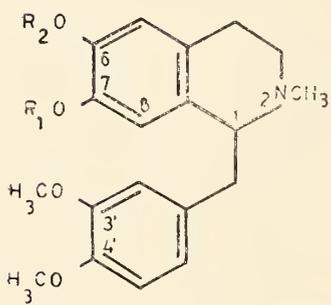
IV



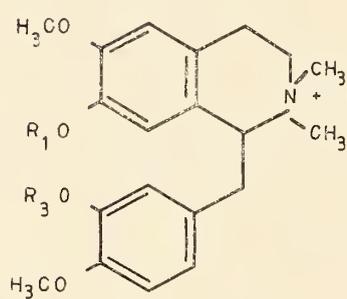
V



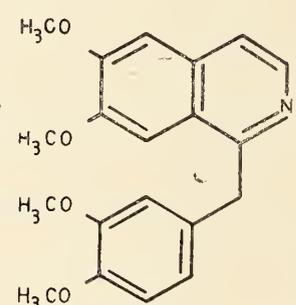
VI



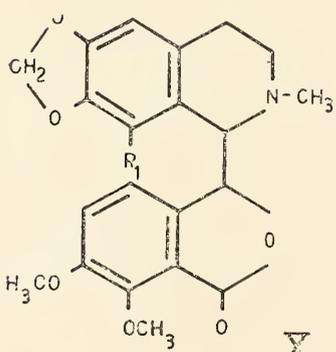
VII



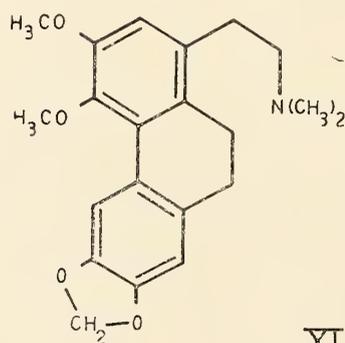
VIII



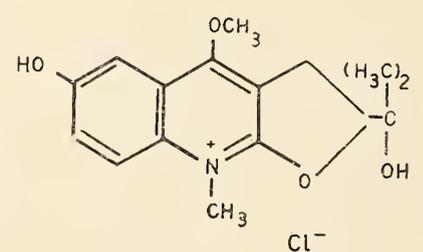
IX



X



XI



XII

scat.

Referencias de las fórmulas

I. Actinodafnina.....	$R_1=R_2=R_5=H; R_3=OH; R_4=OCH_3$
Laanobina.....	$R_1=R_2=R_3=H; R_5=OH; R_4=OCH_3$
Ocoteína.....	$R_5=H; R_1=R_3=R_4=OCH_3; R_2=CH_3$
d. l. Dicentrina.....	$R_1=R_5=H; R_3=R_4=OCH_3; R_2=CH_3$
Roemerina.....	$R_1=R_3=R_4=R_5=H; R_2=CH_3$
Xylopinia.....	$R_1=R_2=R_4=R_5=H; R_3=OCH_3$
II. Boldina.....	$R_6=H; R_2=R_4=OH; R_1=R_5=OCH_3; R_3=CH_3$
N. Metil lanrotetanina ..	$R_6=H; R_4=OH; R_1=R_2=R_5=OCH_3; R_3=CH_3$
Nor isocorvdina.....	$R_3=R_4=H; R_6=OH; R_1=R_2=R_5=OCH_3$
Isocorvdina.....	$R_4=H; R_6=OH; R_1=R_2=R_5=OCH_3; R_3=CH_3$
Nuciferina.....	$R_4=R_5=R_6=H; R_1=R_2=OCH_3; R_3=CH_3$
III. Nantenina.....	
IV. Magnoflorina ioduro....	$R_2=H; R_3=OH; R_4=I^-$
(+) Laurifolina cloruro ..	$R_3=H; R_2=OH; R_4=Cl^-$
V. Berberina.....	
VI. Corvdalina.....	
VII. (\pm) Codamina.....	$R_1=H; R_2=CH_3$
(\pm) Pseudolandanina....	$R_2=H; R_4=CH_3$
(\pm) Landanosina.....	$R_1=R_2=CH_3$
VIII. N. Metil (+) landanosina.	$R_1=R_3=CH_3; R_2=I^-$
Tembetarina.....	$R_1=R_3=H; R_2=Cl^-$
IX. Papaverina.....	
X. Hydrastina.....	$R_1=H$
Narcotina.....	$R_1=OCH_3$
XI. Thaliethuberina.....	
XII. Ribalinio cloruro de	

Cuando los resultados de un ensayo con inhibición total se ubican en un parámetro, disponiendo en la abscisa las concentraciones crecientes y en la ordenada las inhibiciones correspondientes a cada concentración, se obtiene una curva que indica, en general, que el incremento de la inhibición disminuye a medida que aumenta la concentración. Así, por ej.: la actividad obtenida en la curva de d.l. dicentrina correspondiente a una diferencia de concentración entre $0,1$ y $0,2 \times 10^{-4}M$, aumentó aproximadamente un 20 % (30 a 50 %), mientras que la diferencia entre las concentraciones de $0,8$ y $0,9 \times 10^{-4}M$ fue solo del 2-3 %.

TABLA I

Compuesto	Concentración molar x 10 ⁴ de máxima inhibición	Inhibición expresada en % del crecimiento del patrón
<i>Núcleo aporfínico</i>		
Actinodafnina.....	0,3	100,0-99,0
Launobina.....	0,7	98,4
Ocoteína IH.....	0,4	100,0
Boldina.....	1,0	49,6
Magnoflorina ioduro.....	1,0	0,0
Laurifolina cloruro.....	1,0	36,2
Xylopina.....	1,0	99,6
d. l. Dicentrina.....	1,0	99,3
N. metil laurotetanina BrH.....	1,0	74,7-98,5
Nuciferina.....	1,0	92,9-83,4
Roemerina.....	1,0	96,8-96,6
Nantenina.....	1,0	71,9-74,3-96,6, 100,0
Nor-isocorvdina BrH.....	1,0	43,4-21,6
Isocorvdina.....	1,0	27,9
<i>Núcleo protoberberínico</i>		
Berberina.....	1,0	100,0-97,5
Corvdalina.....	1,0	93,1
<i>Núcleo isoquinolínico</i>		
Papaverina ClH.....	1,3	70,0-5,2-37,0
Tembetarina cloruro.....	2,3	0,0
Hydrastina.....	1,0	0,0
Laudanosina I ⁻ N metil.....	0,8	29,0
Laudanosina.....	1,37	75,0
± Codamina.....	1,0	0,0
± Pseudolaudanina.....	1,0	0,0
Narcotina.....	1,0	0,0
<i>Otros núcleos</i>		
Quinina ClH.....	1,0	100,0
Ribalinio cloruro.....	0,4	28,0
Ribalinio cloruro.....	3,0	30,0
Colchicina.....	1,0	39,0
Efedrina clorhidrato.....	5,0	81,0

TABLA I (Cont.)

Compuesto	Concentración molar $\times 10^{-4}$ de máxima inhibición	Inhibición expresa- da en % del creci- miento del patrón
Candicina ioduro.....	1,0	0,0
Thalictuberina.....	1,0	97,7
Atropina sulfato.....	2,0	91,1
Atropina sulfato....	2,8	50,0
Hyoseyamina.....	1,0	17,0-18,0
<i>Otros compuestos</i>		
8-Hidroxiquinolina sulfato n.....	0,5	100,0
Quinolina.....	7,8	0,0
Isoquinolina.....	7,8	0,0
Fenol.....	7,0	0,0

Las diferencias de actividad máxima según la concentración, entre los alcaloides que inhiben el 100 % fue también bien evidente. Por ej.: con launobina se obtiene una inhibición total a una concentración del 0,7, con ocoteína aproximadamente a 0,9 y con berberina a concentraciones aproximadas a 1×10^{-4} M.

Cuando la actividad no llega al 100 %, es común que la curva obtenida corresponda a una hipérbola, con una inhibición relativa que se estabiliza a una determinada concentración que depende del compuesto, por lo menos mientras estén comprendidas dentro del orden que puede considerarse de actividad fisiológica o metabólica. Por ej.: a partir de una concentración, de 0,1 hasta 1×10^{-4} M, valor máximo ensayado.

Por otra parte algunos compuestos produjeron inhibición a partir de las concentraciones más bajas ensayadas mientras que otros recién comenzaban a actuar cuando la concentración alcanzaba niveles más altos.

Puede observarse que los alcaloides aporfínicos provocan una fuerte inhibición que suele llegar al 100 % (Actinodafnina, ocoteína, d.l.dicentrina, roemerina, xylopina, nantenina, laurotetanina, nuciferina). La presencia de grupos HO-libres en las posiciones 1 ó 2 o bien en 11, disminuye el poder inhibitor (Boldina, laurifolina, nor-isocorydina, isocorydina) o lo anulan totalmente si son

dos, (Magnoflorina). Este comportamiento solo tiene una excepción, la launobina que posee un grupo HO- en la posición 11 y produjo una inhibición del 98 %. Los grupos HO- no actúan en la posición 9 como ocurre con actinodafnina y laurotetanina que inhiben fuertemente el crecimiento del alga.

Los dos alcaloides ensayados correspondientes al núcleo protoberberínico (Berberina y corydalina) también provocaron una fuerte inhibición superior al 90 %, siendo interesante notar que poseen como en los aporfínicos, cuatro anillos unidos, aunque en distinta posición. La excepción es la Thalichuberina con núcleo fenantreno que causó una inhibición de más del 97 %, pero posee una cadena en la posición 8 que podría actuar a manera de anillo.

Los alcaloides correspondientes al núcleo bencil-isoquinolínico que poseen tres anillos, conjugados solo dos de ellos, causaron inhibiciones que oscilaron entre el 30 y 75 % (N metil-laudanosina, papaverina), en general con gran variación entre los ensayos repetidos, como ocurre con la papaverina. En forma semejante a la actividad de los compuestos correspondientes al núcleo aporfínico, la presencia de HO- en las posiciones 6,7 y 3' anula su efecto inhibitor (Codamina, pseudolaudanina, tembetarina). También se anula totalmente la inhibición cuando poseen una lactona situada en la posición 1'6' (Hidrastina y narcotina).

La quinolina como la isoquinolina, otros alcaloides de núcleo diferente como colchicina, efedrina, ribalinio, candicina, compuestos nitrogenados no alcaloides y fenol, acusaron una baja inhibición o falta total de actividad. El único alcaloide de estructura totalmente diferente que indujo una inhibición del 100 % fue la quinina y como era de esperarse por su efecto en otros microorganismos lo mismo ocurrió con el sulfato de 8-hidroxiquinolina.

BIBLIOGRAFIA

- Arnon, D. I. ; Microelements in culture solution experiments with higher plants. Amer. J. Bot. 25, 322 (1938).
- Arnon, D. I., P. Ichioka, G. Wessel, A. Fujiwara and J. Woolley ; Molybdenum in relation to Nitrogen Metabolism. Physiol. Plantarum 8, 538 (1955).
- Bentley, K. W ; The alkaloids. Intersc. N. Y. (1957).
- Henry, T. A. ; The Plant Alkaloids : 4th ed. 1949.
- Manske, R. H. F. and H. L. Holmes ; The alkaloids. Acad. Press. (1954).

- Schmutz J. ; Die Alkaloide von *Xylopiya discreta*. *Helv. Chim. Acta* 42, 20 (1963).
- Shamma, M. and W. A. Slusarchyk ; The aporphine alkaloids. The Penn. State University (1963).
- Sívorí, E. M. y J. R. Jatimlansky ; Inhibidores del crecimiento de *S. obliquus* en *Laurus nobilis*. *Actas del 1er. Coloq. Latinoamer. de Biol. del Suelo. B. Blanca* (1965).
- Tomita, M. et al. ; Alkaloids of *Laurus nobilis* L. *Chem. Abs.* 59, 15535 h (1963).

ESTUDIO FISIOLÓGICO DE ALGUNAS BACTERIAS QUE UTILIZAN HIDROCARBUROS

Por MARIA S. CATALDI Y MARTA C. GAY *

SUMMARY

106 bacterias cultures have been studied whose most outstanding characteristic is its capacity to use hydrocarbons as a source of carbon without any addition of nitrogenated sources.

The best conditions for development of some important factors in yield improvement have been investigated also, allowing higher productivity in cultures usable for physiological experiences.

The taxonomic study of cultures made it posible to clasify them among genera *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Pseudomonas* and *Achromobacter*, refraining, at the moment, of any intent to establish new specific naming, even if characteristics of cultures under examen show some marked differences in regard to species already described in current literature.

RESUMEN

Se estudiaron 106 cultivos de bacterias cuya característica más saliente fué la capacidad de desarrollar con hidrocarburos como fuente de carbono y sin el agregado de fuentes nitrogenadas.

Se establecieron las condiciones óptimas para el desarrollo de algunos factores considerados de importancia, que permitieron mejorar los rendimientos para la obtención de cultivos más abundantes utilizables en experiencias de fisiología.

El conjunto de los datos obtenidos en el estudio taxonómico de los cultivos, permitió llegar a clasificar los mismos dentro de los géneros *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Pseudomonas* y *Achromater*, absteniéndose por el momento de establecer designaciones específicas nuevas, a pesar de que las características de los cultivos en estudio manifiestan algunas diferencias importantes con las especies descriptas en la literatura.

* Cátedra de Microbiología Industrial, Ingeniería Química, Universidad de Buenos Aires.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo forma parte de un estudio más amplio que comprende una serie de microorganismos que tienen la propiedad común de utilizar hidrocarburos como fuente de carbono, en la que se hallan representados bacterias y levaduras.

Los cultivos estudiados en esta comunicación comprenden 106 cepas de bacterias que fueron separadas de las anteriores por la propiedad común de desarrollar en presencia de hidrocarburos, aun sin el agregado de fuente nitrogenada al medio de cultivo, demostrando con esto poseer la interesante propiedad de utilizar una fuente de nitrógeno contenida en el aire que puede ser el nitrógeno elemental u otra combinación gaseosa.

Los estudios que aquí se comunican se refieren a la determinación de las condiciones óptimas para el desarrollo de los diversos cultivos, quedando para un próximo trabajo la determinación de la fuente de nitrógeno libre o combinado que tienen la capacidad de asimilar.

La gran mayoría de los cultivos estudiados pertenecen al género *Arthrobacter*, habiéndose encontrado igualmente representantes de los géneros *Brevibacterium*, *Achromobacter* y *Pseudomonas*.

II. MATERIAL Y METODOS

Los cultivos provienen de muestras de lugares cercanos a pozos de petróleo de Comodoro Rivadavia o de estaciones de servicio de automotores donde se expenden derivados del petróleo. Las distintas muestras fueron sembradas en frascos Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml del medio que se detalla más adelante, repitiéndose 3 ó 4 trasplantes consecutivos en el mismo medio, para efectuar luego la siembra de una pequeña cantidad de material desarrollado en la superficie de una caja de Petri con un agar de la misma composición. Los diversos tipos de colonias obtenidas se aislaron en agar estría, donde fueron conservados y transplantados durante la realización del estudio.

El medio de cultivo mineral empleado se compone de: $\text{PO}_4\text{H}_2\text{K}$ 0.5 gr; $\text{SO}_4\text{Mg}(7\text{H}_2\text{O})$ 0.2 gr; ClNa 0.1 gr; $\text{SO}_4\text{Cu}(5\text{H}_2\text{O})$ 0.08/ μg ; IK 0.2 μg ; $\text{ClFe}(6\text{H}_2\text{O})$ 0.04 μg ; $\text{SO}_4\text{Mn}(4\text{H}_2\text{O})$ 0.8 μg ; MoO_4Na

0.4 μg ; $\text{SO}_4\text{Zn}(7\text{H}_2\text{O})$ 0.08 μg ; Biotina 0.0008 μg ; Agua destilada 1 litro. A este medio se le agregó gasoil o glucosa como fuente de carbono. También se probaron otros hidrocarburos.

Los cultivos aislados fueron agrupados por sus características morfológicas y de cultivo, para efectuar una separación previa de los mismos, procediéndose luego a la identificación de las especies, siguiéndose para ello la marcha aconsejada por el Manual de la Asociación de Bacteriólogos Americanos.

El inóculo para las experiencias se preparó en Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml de medio, sembrado con una ansa de un cultivo joven desarrollado en agar estría. La fuente de carbono del inóculo varió de acuerdo a la usada en la experiencia correspondiente y fue incubado durante 72 hs con agitación constante.

Para los distintos ensayos fueron usados también Erlenmeyer de 250 ml con 50 ml de medio e incubado a 27° C con agitación rotatoria constante.

El desarrollo fue medido de dos maneras: Una por el aumento total del nitrógeno en los cultivos, usando el micrométodo de Kjeldahl de acuerdo con Proctor y Wilson, expresándose como mg de N por ml, en el caso de los cultivos desarrollados con glucosa en el medio.

Cuando se utilizó gasoil, el desarrollo debió indicarse como mg de N por gramo de materia seca, pues fue necesario realizar numerosos lavados con una sustancia tensioactiva, siendo inevitable las consiguientes pérdidas de material. No fue posible utilizar este tipo de sustancias como componente de los medios de cultivo, por su incidencia desfavorable sobre el desarrollo.

El segundo método consistió en la determinación del número de bacterias en cámaras cuenta glóbulos con observación mediante microscopía de fase.

Los dosajes de glucosa se realizaron por método colorimétrico, con reactivo de Antrona.

III. EXPERIENCIAS Y RESULTADOS

I. AGRUPACIÓN DE LOS CULTIVOS

Las determinaciones morfológicas, el comportamiento en los medios de cultivo, así como la coloración de Gram, permitieron una diferenciación inicial de los 106 cultivos aislados en 12 grupos. Se

eligió luego un representante de cada grupo, de acuerdo a su mejor desarrollo en medio mineral líquido con gasoil.

La identificación posterior de estos cultivos permitió reducirlos a nueve grupos, representados por cuatro géneros, como se indica a continuación:

Grupos del :	Géneros
1-1.....	<i>Arthrobacter</i>
4-3.....	<i>Pseudomonas</i>
9-5.....	<i>Pseudomonas</i> (distintas de las del grupo 4-3)
10.....	<i>Brevibacterium</i>
12.....	<i>Pseudomonas</i> (distintas de las del grupo 4-3 y 9-5)
16-1.....	<i>Arthrobacter</i> (distinto del grupo 1-1)
20-2.....	<i>Arthrobacter</i> (distinto de los grupos 1-1 y 16-1)
29.....	<i>Pseudomonas</i> (distintos de los grupos 4-3, 9-5 y 12)
39-2.....	<i>Arthrobacter</i> (distintos de los grupos 1-1 y 16-1)

2. FUENTES DE CARBONO

Como fuentes de carbono se usaron:

a) *Hidrocarburos*: Como se dijo anteriormente fueron ensayados diversos hidrocarburos, continuándose luego con gasoil debido al mejor desarrollo obtenido con esta sustancia. Los hidrocarburos probados fueron: cetano, benceno, n-heptano, n-octano. Las concentraciones de gasoil usadas fueron 0.5; 1.5; 3; 6 c.c. % y los resultados para tres de los cultivos tipo, pueden verse en el gráfico n° 1 adjunto, donde resulta evidente que la concentración del 3 % es la más conveniente por ser con la que se obtiene mayor densidad de desarrollo.

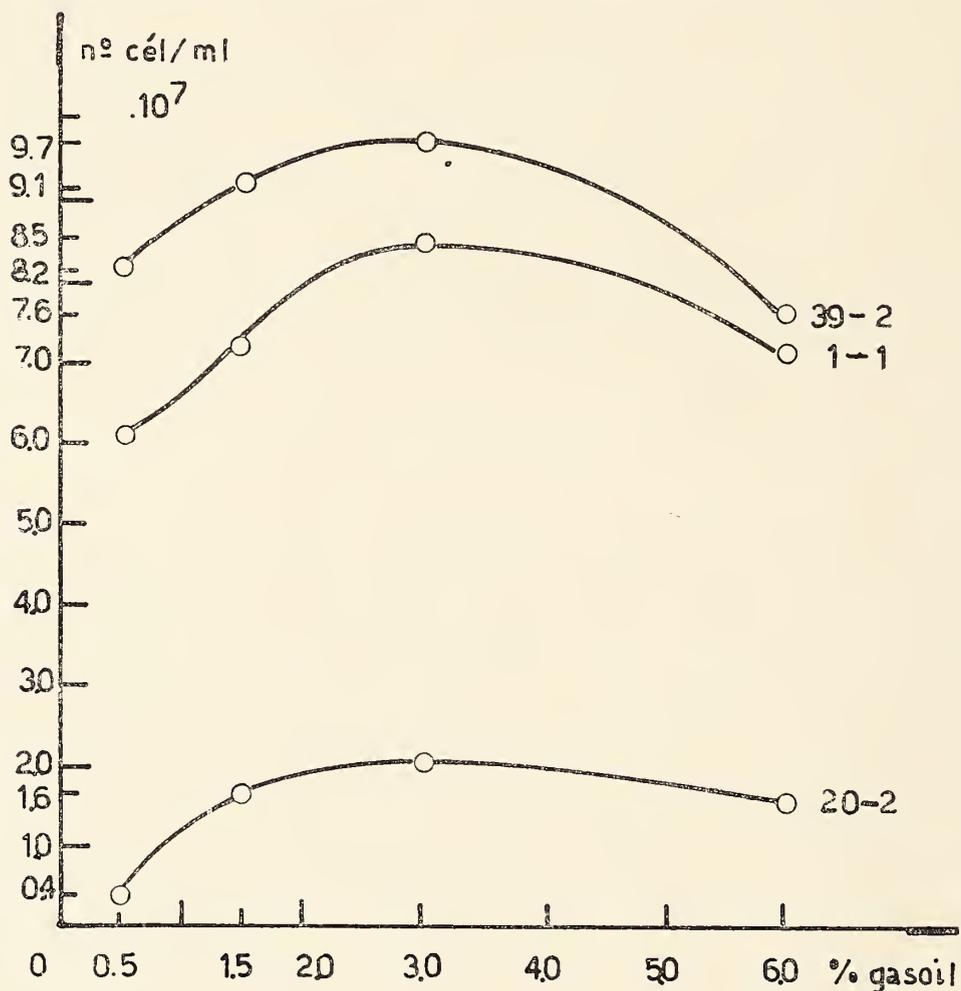
En el resto de los cultivos fue imposible efectuar el recuento, dado que las células bacterianas forman grumos, pero una apreciación visual del desarrollo, pareció indicar que en general, fue mejor con un agregado de gasoil al 3 %.

Cuatro cultivos ensayados (39-2; 20-2; 4-3 y 1-1) produjeron pigmento al desarrollar en presencia de gasoil; se observó también que la intensidad del pigmento es mayor cuando se usa 3 % de gasoil.

b) *Glucosa*: Para obviar en parte las dificultades de separación de los hidrocarburos de la masa bacteriana, se trató de emplear también, glucosa como fuente de carbono. A objeto de estudiar su influencia en los diversos cultivos ensayados, las concentraciones de glucosa usadas fueron 0.01; 0.05; 0.1; 0.5; 1%. Los resultados figuran en el gráfico n° 2, donde se expresa el desarrollo obtenido por número de células por ml, en las diversas concentraciones.

gráfico n° 1

influencia del gasoil sobre el desarrollo a pH 7.5



Las curvas muestran que los diferentes grupos no se comportan exactamente igual respecto de la concentración de la glucosa, pero ésta oscila en general entre 0.1 y 0.2%, salvo el grupo 12 en que se eleva al 0.5% y el 4-3 y 20-2 en que llegó al 1%.

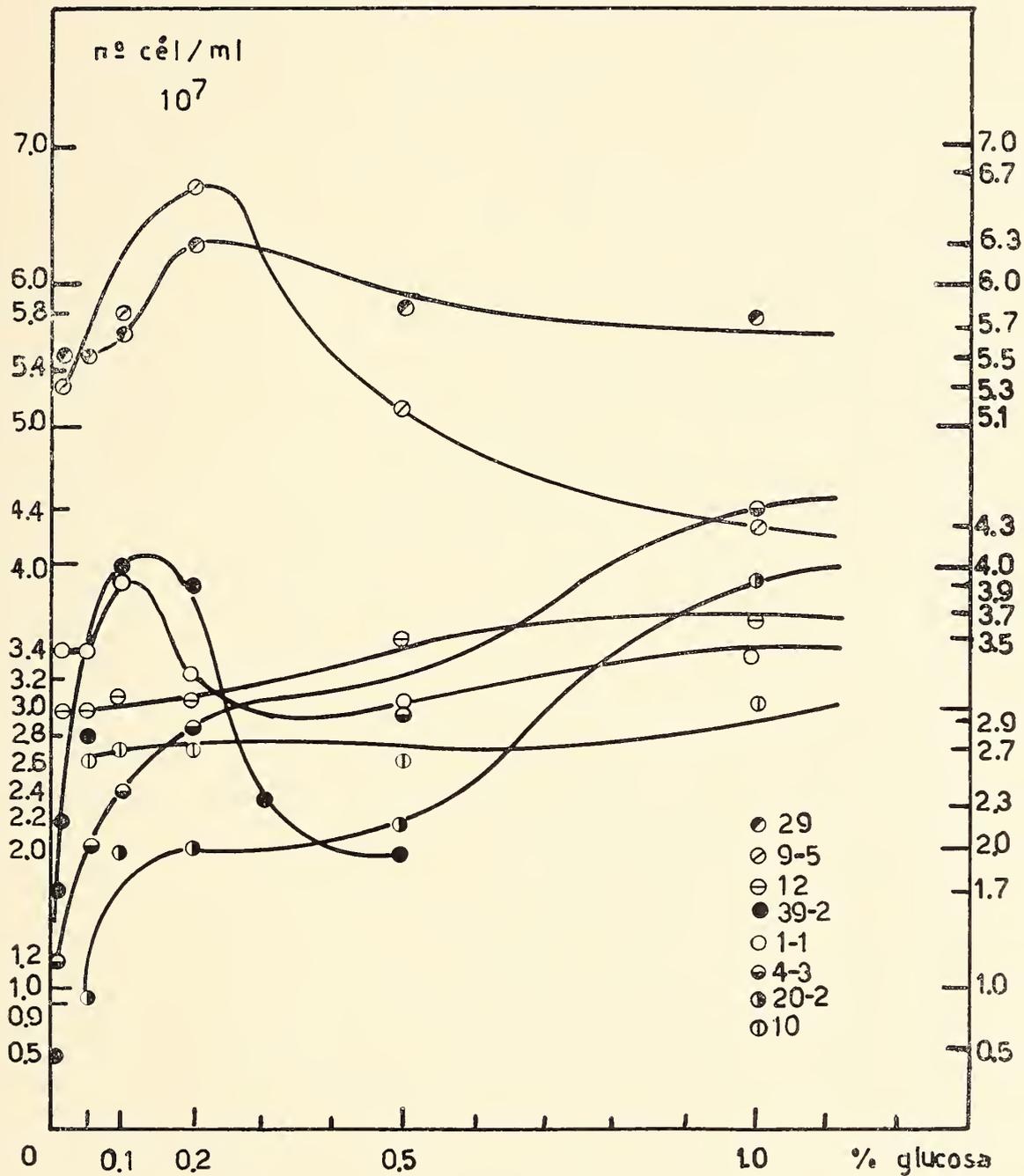
La cantidad de nitrógeno obtenida en el desarrollo ha variado entre 0.22 y 0.81 μg por ml.

Comparando estos resultados con los obtenidos por Proctor y Wilson con cultivos de *Pseudomonas* y *Achromobacter*, en que ob-

tuvieron de 0.2 a 0.5 mg en 25 ml y 3 a 17 μg por ml respectivamente, las cifras obtenidas en el presente trabajo resultan en la mayoría de los casos, superiores.

gráfico nº 2

influencia de la glucosa sobre el desarrollo



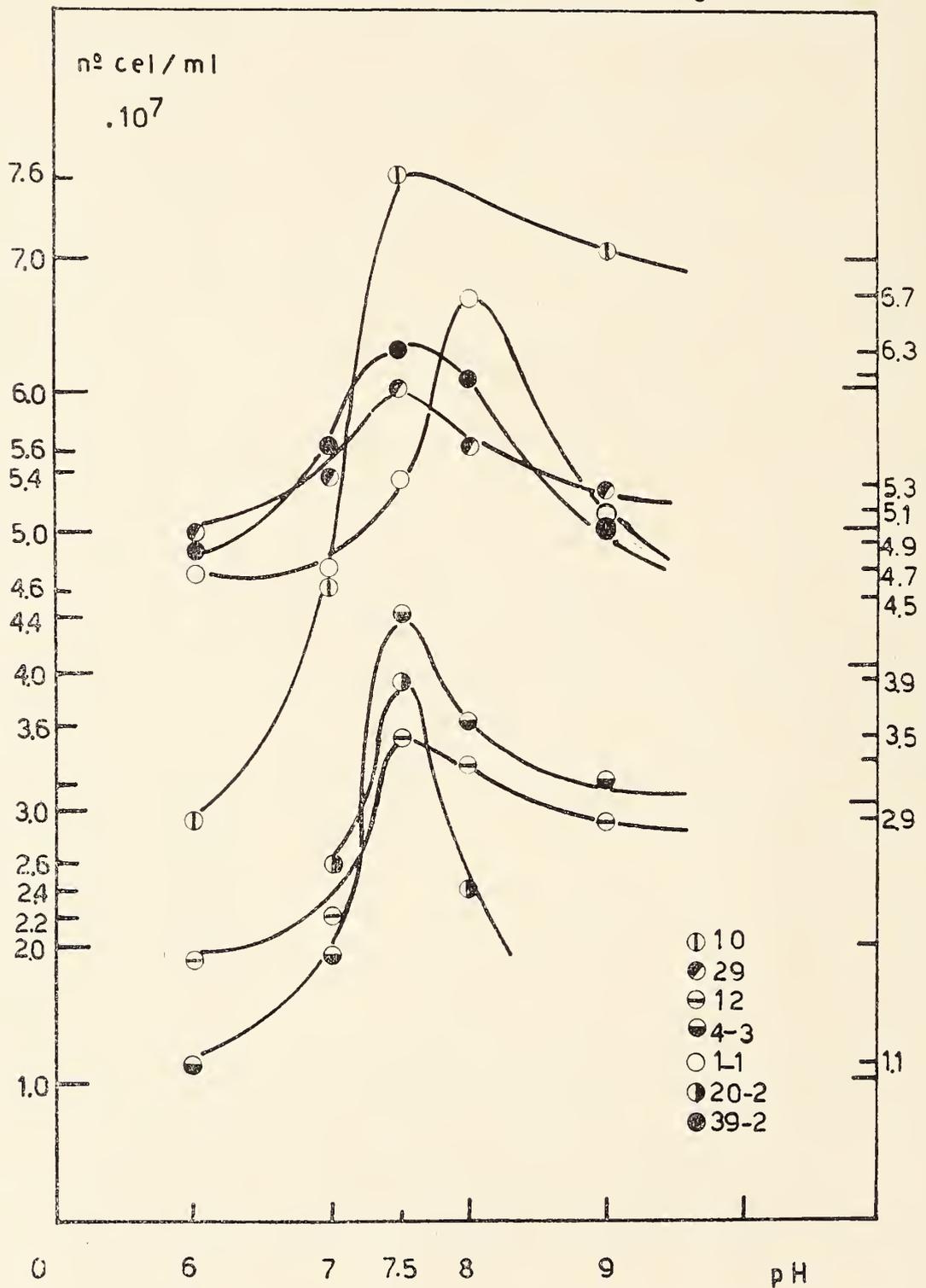
En las distintas concentraciones de glucosa ensayadas, la densidad de desarrollo obtenido es distinta, como puede observarse en el gráfico nº 2.

Con respecto al desarrollo de estos microbios sin el agregado de fuente nitrogenada a los medios de cultivo, se ha planteado la ne-

cesidad de una investigación, que se halla actualmente en marcha, para explicarlo en forma satisfactoria, analizándose la posibilidad de la existencia de sustancias nitrogenadas al estado gaseoso en el aire, utilizables por estas bacterias en esta curiosa circunstancia.

gráfico nº 3

influencia del pH sobre el desarrollo con glucosa (1%)

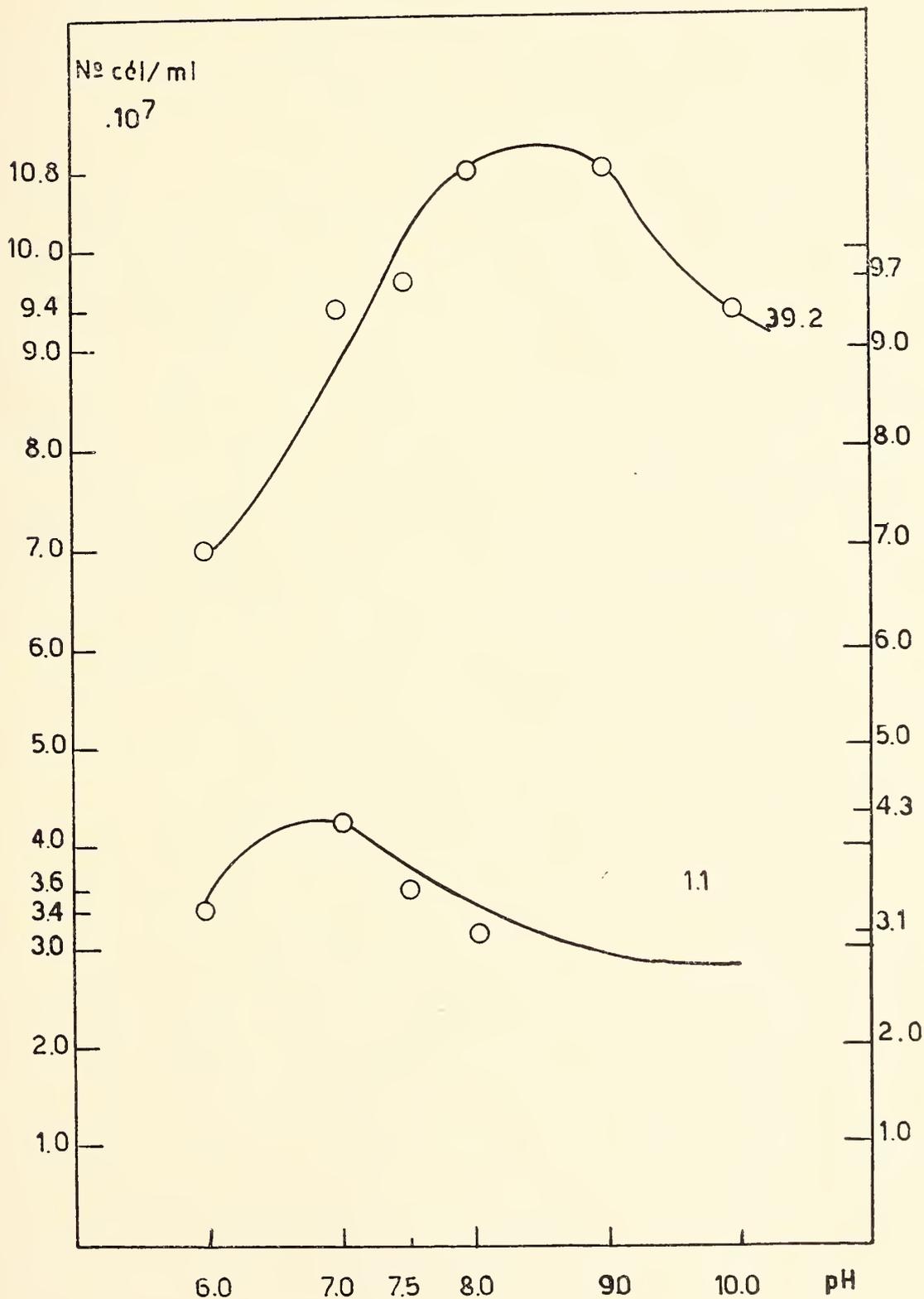


3. INFLUENCIA DEL pH SOBRE EL DESARROLLO

Fue estudiado el desarrollo de los cultivos, variando la reacción del medio entre pH 6 y 9, utilizando glucosa al 1% o gasoil al 3% como fuente de carbono. En ambos casos los resultados obtenidos indicaron un mayor desarrollo en una reacción francamente alcalina como puede verse en los gráficos n° 3 y 4.

Gráfico n° 4

Influencia del pH sobre el desarrollo con gasoil (3%)



IV. ESTUDIO TAXONÓMICO

El estudio taxonómico de las cepas ha permitido dividir las en formas Gram positivas y negativas. Las primeras fueron subdivididas en bastones en empalizadas o formas de clavos, aunque células adultas tienen formas cocoides Gram negativas, razones por las que fueron ubicadas en el género *Arthrobacter*.

La determinación específica de este grupo resultó imposible puesto que los caracteres no coinciden exactamente con la descripción del Manual de Bergey. No obstante, se ha considerado conveniente denominarlos con el número correspondiente para evitar la creación de nuevas especies.

El segundo grupo de los bastones Gram positivos corresponden a cocobacilos, no esporulados inmóviles que fermentan glucosa, sacarosa y lactosa con ácido y gas. Coagulan la leche por formación de ácido. Este grupo fue incluido en el género *Brevibacterium* no llegándose a la determinación específica por las mismas consideraciones anteriores.

Las bacterias Gram negativas igualmente fueron subdivididas en dos grupos. Los bastones rectos, móviles mediante un solo flagelo polar que fueron incluidos en el género *Pseudomonas* y los bastones cortos móviles por medio de flagelos peritricos. No fermenta glucosa, sacarosa, y lactosa razón por la cual fueron incluidos en el género *Achromobacter*.

VI. BIBLIOGRAFIA

- Bergey's Manual of Determinative Bacteriology. 7th Edition.
Manual of Microbiological Methods, Society of American Bacteriologists.
Proctor, M. H. and Wilson, P. W. 1958. Nitrogen fixation by Gram-Negative Bacteria. Nature Nro. 4639 : 891.

EL PROBLEMA DEL TAMAÑO DEL GRANO EN EL ESMALTE Y LA DENTINA

POR G. ZAMPIGHI ¹, P. KITTL ² Y R. ALVAREZ ³

RESUMEN

Se revisan los diferentes métodos usados para estudiar la textura de los dientes (tanto en esmalte como en dentina): en microscopía óptica; rayos X; microscopía electrónica de réplicas en muestras fracturadas, en muestras pulidas y atacadas y en muestras transparentes obtenidas por molienda; y finalmente la difusión de la luz.

Se discute la certeza, que en la determinación de la textura, puede tener cada método. Se dan a conocer los métodos, que se han puesto a punto en este laboratorio para encarar el problema.

SUMMARY

The different methods used to study teeth textures in enamel and dentine, are revised: optical microscopy; X-rays; electron microscopy of broken samples, polishing and etching of samples, by transparencies obtained by grinding; and finally light diffusion. For each method the degree of certainty in determining the texture is discussed. The methods developed in this laboratory to face the problem are exposed.

INTRODUCCION Y PLANTEO DEL PROBLEMA

En 1836 Retzius (1) observó al microscopio óptico, ciertos detalles estructurales del esmalte y la dentina. Autores posteriores como Czermack (2), Purkinje (3) y otros, gracias al adelanto de las téc-

¹ Escuela dental de la Universidad de Chile y Laboratorio de Microscopia Electrónica del IDIEM.

² Laboratorio de Microscopia Electrónica del IDIEM, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Casilla 1420, Santiago, Chile.

³ Laboratorio de Microscopia electrónica del IDIEM.

nicas ópticas (corte adelgazado, corte desmineralizado y tinciones) completaron el estudio morfológico del esmalte y la dentina.

El microscopio óptico tiene un poder de separación, que no va más allá de 1μ . Esta limitación impidió el estudio y conocimiento de detalles más finos de la estructura del esmalte y la dentina.

Möller y Trömel (4) en 1933 estudiando el esmalte con rayos X, indicaron la presencia de una estructura más fina. Ya el análisis químico había comprobado que los dientes están compuestos en su mayor parte por fosfato tricálcico más un contenido variable de sustancia orgánica. Möller y Trömel confirman este hecho, determinando además, el tamaño de las partículas o granos que constituyen el esmalte, estimando su largo en 10.000 Å.

Las sustancias químicas pueden agruparse en disposiciones regulares de átomos que se repiten periódicamente en las tres direcciones del espacio constituyendo los cristales de estas sustancias. Esta disposición regular de átomos, al ser iluminada por rayos X, los difracta lateralmente; este fenómeno es equivalente a la difracción de la luz por una rendija. Como se sabe, la luz y los rayos X son ondas electromagnéticas de diferente longitud de onda.

La estructura compuesta con los períodos mínimos de repetición en tres direcciones se denomina celda-unidad de la sustancia en cuestión.

Una agrupación de varias celdas-unitarias, constituye una partícula o grano, y la variación del tamaño de estos granos hace variar la forma en la que se difractan los rayos X en cada dirección. Cuando el tamaño de grano es muy pequeño, los rayos X se difractan en forma más difusa en cada dirección. Estudiando la forma de difracción de los rayos X en cada dirección, lo que se llama perfil de línea, se puede estimar el tamaño de los granos. Este es el fundamento de la determinación del tamaño de las partículas con difracción de rayos X. Con los rayos X se puede obtener tres tipos de información: a) disposición de los átomos en la celda-unitaria; b) tamaño de los granos, compuestos por agregados de celdas unitarias; c) orientación de estos granos, respecto de la geometría de la muestra investigada. Con respecto al tamaño de grano la presencia de una fase orgánica variablemente distribuida, podría alterar el perfil de línea y por lo tanto invalidar la determinación del tamaño de grano por este método.

El microscopio electrónico ha sido utilizado con gran éxito en el estudio de los tejidos altamente calcificados del diente, pero en

el problema del tamaño de grano y orientación de los cristales, no se han obtenido resultados satisfactorios.

La técnica de réplica de superficies pulidas y atacadas ha sido usada regularmente y los resultados obtenidos dependen de la velocidad de ataque del ácido empleado, que varía con la diferente densidad atómica que presenta cada grano y con la cantidad, calidad y ubicación de las impurezas. En el caso del esmalte, su mayor porcentaje es hidroxiapatita y su impureza sería la proteína orgánica que es un 0,6 % según Eastoe (5). Esta proteína no es atacada por los ácidos, permaneciendo en las superficies como una eminencia, que se puede interpretar como el límite de un grano, obteniéndose así resultados falseados según esta técnica. El ataque con etilendiamina ayuda al estudio del tamaño de grano porque elimina la sustancia orgánica, la cual entorpece la interpretación de las fotos.

En el esmalte en que la sustancia orgánica representa el 0,6 % su utilidad no es muy considerable. En cambio en la dentina donde el 30-35 % es sustancia orgánica, el retiro de esta sustancia nos permite un estudio acabado del cristal in situ.

La técnica de réplica de superficies fracturadas, muestra según Hall (6) más detalles de los cristales. Sin embargo, la fractura de un compuesto químico depende de su dureza; como ya se especificó en el esmalte existe una proteína variablemente distribuida que hace variar la dureza y también se podrían falsear los resultados obtenidos por esta técnica.

La técnica del corte desmineralizado, no es aplicable para el estudio del problema del tamaño de grano sino que se utiliza para el estudio de la porción orgánica. Actualmente está siendo dejada de lado debido a que desnaturaliza las proteínas dándonos una visión errónea de su estructura.

La técnica ideal sería la preparación de una lámina delgada tanto de esmalte como de dentina. Sin embargo, los problemas técnicos han sido insuperables. Se lo ha intentado por desgaste, pero cuando la lámina delgada llega a los 2-3 μ de espesor se desintegra en pequeños pedacitos.

Estas láminas delgadas si bien no es posible prepararlas de gran tamaño, se pueden obtener por molido y selección de trozos por decantación, según método descrito por Kato (7). Estas partículas de un espesor de algunos centenares de Å y un área aproximada de

$1 \mu^2$ son aptas para ser observadas por transparencia al microscopio electrónico.

Empero la falta de contraste impide la observación de detalles por la simple transparencia, lo cual se podría evitar con el uso de tinciones. Pese a la falta de contraste, se puede, sin embargo, investigar la naturaleza de estas partículas sometiéndolas a un análisis por difracción. Esta difracción no puede ser mediante rayos X, debido a que no es actualmente posible obtener un haz suficientemente intenso de $1 \mu^2$ de sección. El microscopio electrónico puede resolver este problema puesto que permite concentrar un haz intenso de electrones en una zona de aproximadamente el tamaño de una partícula. Estos electrones son difractados por los átomos del compuesto según ciertas direcciones bien determinadas. Cuando la partícula iluminada es un monocristal la difracción produce una distribución regular y discontinua de haces difractados. En el caso que las partículas tengan un gran número de granos orientados al azar, cada uno de los haces difractados por un grano en una cierta dirección y que forme un determinado ángulo con el haz incidente podrá girar alrededor del haz incidente como eje de la misma manera que gira la orientación cristalina del grano respecto al eje. El lugar geométrico de los haces difractados estará contenido en conos que al cortar la pantalla del microscopio electrónico perpendicular al haz incidente, engendrará un círculo.

Resumiendo, la aparición sobre la pantalla de una disposición discontinua de puntos indica la presencia de un monocristal, cuando estos puntos se agrupan en círculos denota la presencia de un policristal.

En el caso de esmalte y la dentina, hay divergencia entre los autores. Scott (8) presenta anillos tanto para la zona prismática como interprismática. En la dentina en cambio Kato (7) muestra diagramas de puntos y Frank (9) tanto para zonas pericanalicular como intercanalicular muestra diagramas de anillos. Ambos autores, Frank y Kato, informan haber usado área selecta; si suponemos que en ambos casos se iluminó la misma zona podemos estimar para el caso de anillos un tamaño de grano de aproximadamente 300 \AA , y para el caso de puntos, que se trata de un monocristal de un tamaño aproximado a la de la partícula iluminada, $1 \mu^2$.

En el presente trabajo, nos hemos ocupado de poner a punto varios métodos diferentes de investigación con el objeto de comparar en forma directa los diferentes resultados obtenidos, habiendo agregado además una nueva técnica que es la difusión de la luz.

PREPARACION DE LAS PROBETAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

a) *Microscopia óptica*

La muestra es un diente sano extraído por razones paradencio-páticas. Se le incluye en plástico y se somete al procedimiento rutinario de pulido. Luego se ataca con HCl al 5 % durante 45 segundos, se vaporiza Al en su superficie y se observa por reflexión (fig. 1).

Se observa con este método, en el esmalte, los prismas y la substancia interprismática. El contraste que permite observar los prismas es debido a la diferente forma de reflexión de las distintas zonas. Además es bastante clara una subdivisión en el interior de los prismas.

b) *Microscopia electrónica*

La probeta es un diente tratado con CaF_2 . Se le incluye en plástico y se somete al mismo procedimiento de pulido. Se le ataca con HCl al 1 % durante 5 segundos. La superficie así pulida y atacada se impresiona con triafol y se sombrea con Cr a 45° y C a 90° . A las impresiones así sombreadas se les recubre con una capa de parafina, se disuelve el triafol con baños sucesivos de acetato de amilo, y una vez retirado totalmente el triafol se disuelve la parafina procediéndose a pescar las muestras con una grilla que se lleva al microscopio electrónico. La réplica así obtenida es negativa (figs. 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8).

Con esta técnica, se observan los prismas de un diámetro aproximado entre $5-6 \mu$ y de una forma de arcadas incompletas. En el interior de los prismas podemos ya observar la presencia de una estructura y una zona circundante o substancia interprismática de aproximadamente 1μ (fig. 2).

En la fig. 3 se observan muy claramente prismas de varias formas que dependen de la dirección del corte y diámetros. Se ve

la substancia interprismática que posee un ancho que varía entre 1 y 3 μ .

En la fig. 4 podemos observar a mayor aumento la típica forma de arcada del prisma rodeado de una zona delgada de substancia interprismática. El ataque muestra claramente una topografía que podemos considerar como granos, tanto en la zona prismática como interprismática. Estos granos presentan una forma alargada sin una dirección preferencial dentro de cada prisma y sus dimensiones están comprendidas en 1 μ de largo y 0,2 μ de ancho. Una zona con respecto a la otra cambia su orientación en 90°, única diferencia notoria encontrada entre el prisma y la substancia interprismática, diferencia que no justifica el uso de esta terminología distinta.

En la técnica de réplica de superficies fracturadas, se usó como probeta un diente sano que se fracturó por medios mecánicos. Se realizaron réplicas de triafol que se somborean con Cr a 45° y C a 90°. Se monta al microscopio electrónico según procedimiento descrito anteriormente. En la fig. 5 se observa una réplica de fractura de dentina, pudiéndose describir las diferentes estructuras, como ser el canalículo, la dentina pericanalicular y la dentina intercanalicular.

El diferente grado de calcificación de la dentina pericanalicular y de la intercanalicular, hace que la fractura de la primera sea neta y la de la segunda irregular.

En la fig. 6 se muestra una réplica de fractura del esmalte. Se puede describir dos zonas, una superior que se subdivide en pequeñas superficies en que predomina la forma rectangular con sus ejes mayores paralelos entre sí y una zona inferior, en que estas pequeñas superficies poseen su eje mayor paralelo entre sí y más largo que el de la zona superior. Estas superficies tienen forma alargada y el eje mayor de la zona superior está rotado en 90° con respecto a la zona inferior. Además en las dos zonas y repartidos al azar, se observan pequeños puntos de sección perfectamente circular, que podrían corresponder a fibras orgánicas que permanecen en el esmalte maduro, a pesar de que Faernhead (10), Millar y Pautard (11), y Höhling (12), comunican que no es posible observarlas en el esmalte totalmente calcificado.

La fig. 7 corresponde a una réplica de fractura del esmalte, en ella se observan tres zonas: una superior, una media, y una inferior. La zona superior y la zona inferior parecen corresponder

a zonas prismáticas, la zona media sería la interprismática. En las tres zonas se pueden observar las figuras puntiformes descritas anteriormente como correspondientes a fibras orgánicas. La zona superior se subdivide en pequeñas superficies de forma rectangular con su eje mayor muy alargado. En la zona media parece observarse una parte central en que los cristales son paralelos entre sí y partes laterales que van divergiendo e inclinándose con respecto al eje central. Las pequeñas superficies de la zona media tienen eje mayor más corto que los de las otras dos zonas. La zona inferior es igual a la superior ya descrita.

En la fig. 8 se observan las dos zonas, subdivididas en pequeñas superficies de la misma manera que en la fig. 7.

c) *Difracción de área selecta*

De un diente sano extraído por razones ortodóncicas, se arrancan pedacitos con ayuda del torno dental. Estos se embeben en aceite de linaza y entre dos vidrios se frotran para reducir su tamaño. Se lava la muestra con benceno y se procede a pescar aquellos que estén en suspensión. Con este método se prepararon muestras de esmalte y dentina.

En la fig. 9 a) se observan dos partículas poco transparentes. En la fig. 9 b) se observa el diagrama de difracción en anillos que muestra claramente la presencia de un policristal con un tamaño medio de 5.000 Å por cristal.

La fig. 10 corresponde a una partícula de $1,5 \mu$ de largo por $0,5 \mu$ de ancho sensiblemente monocristalina.

d) *Difusión de la luz*

Cuando un haz luminoso al introducirse en un medio se transmite lateralmente, se dice que este medio difunde la luz. En general esta difusión es producida por partículas suspendidas en el medio en que actúa la luz o que existan zonas de pequeño tamaño de diferentes propiedades ópticas que la del medio donde están dispersadas. Estas partículas pueden ser no sólo submicroscópicas sino también átomos o moléculas. Esta propiedad depende del tamaño de la zonas (partículas) y produce un efecto de emitir lateralmente las longitudes de onda mayor siendo las de menor longitud de onda menos dispersadas. Así una lámina delgada de esmalte o dentina será azulada observada por reflexión y parda o rojiza por transparencia. Estudiando la característica de la luz

transmitida, se puede llegar a determinar el tamaño de las partículas que constituyen el diente. La experiencia realizada consiste en hacer pasar un delgado haz de luz a través de una lámina delgada cortada de un diente, y de impresionar una película fotográfica pegada a la superficie por donde sale la luz. Lateralmente a la sección recta del haz luminoso aparece un halo de luz difundida (fig. 11).

DISCUSION

Los resultados obtenidos usando las diferentes técnicas descritas son los siguientes:

- a) Para réplica de superficies pulidas y atacadas 10.000 Å de largo por 2.000 Å de ancho.
- b) Para réplica de superficies fracturadas se obtiene 7.000 Å de largo por 3.000 Å de ancho.
- c) Difusión de la luz 5.000 Å.
- d) Diafracción de electrones; se ha obtenido un tamaño medio de 10.000 Å.

Como se puede apreciar, los resultados son concordantes. Como meta futura está el averiguar no sólo un valor medio aproximado del tamaño de grano del esmalte y la dentina, sino las razones por las cuales los autores han obtenido valores diferentes a los nuestros y diferentes entre sí, usando las mismas técnicas.

Agradecimientos. — A Mrs. C. Barceló e I. Dümmler por su asistencia en el trabajo de microscopia electrónica.

BIBLIOGRAFIA

1. Retzius, A. : *Academicus Handlingar för är* (1836) Stockholm 52-140 (1838)
2. Czermack, J. : *Z. Zool.*, 2, 297-322 (1850)
3. Purkinje, : Citado por Czermack (1835)
4. Möller, H., y Trömel, G. : *Naturwiss.* 21. 346 (1933)
5. Eastoe, J. E. : *Nature.* 187, 411-412 (1960)
6. Hall, D. : *J. Dent. Res.*, 37, N° 2, 243-253 (1958)
7. Kato, S. y Ohkura, Y. : *Nihon Univ. U. S. D.*, 3, N° 4 (1962)
8. Scott, D. B. y Wyckoff, W. G. : *J. of the Royal Microscopical Society*, vol. LXXV, Part. 4, Dec. (1956)
9. Frank, R. M. : *Third European Symposium on Calcified Tissues* editado por H. Fleisch, H. J. J. Blackwood y M. Owen (1966)
10. Fearnhead, R. W. : *Nature*, 188, 509 (1960)
11. Millard, A. y Pautard, F. G. E. : *Proc. 4th Intern. Conf. Elect. Microsc.*, Springer Berlin (1960)
12. Höhling, H. J. : *Dent. Zahnärz.*, 16, 694 (1961)

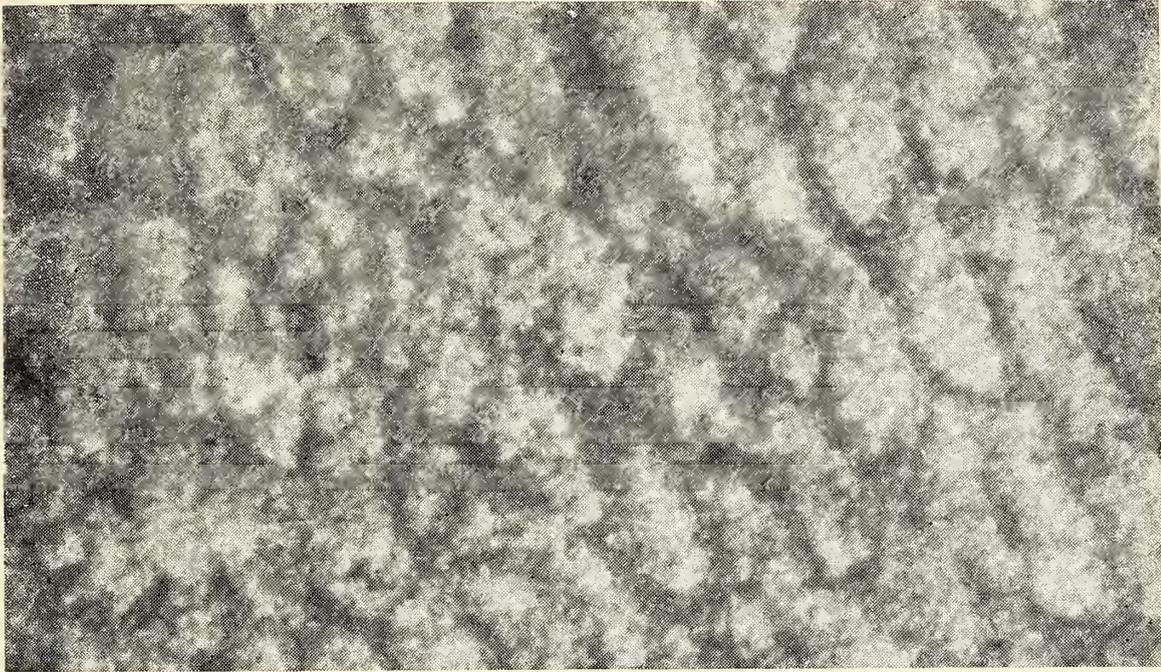


Fig. 1. — Prismas cortados oblicuamente. Muestras pulidas, atacadas y metalizadas con Al. Visto por microscopia óptica por reflexión. 2.000 \times



Fig. 2. — Prismas cortados oblicuamente. Réplica al microscopio electrónico de una muestra pulida y atacada. Compárese el poder separador con la figura anterior. 3.700 \times .



Fig. 3. — Prismas cortados oblicuamente. Réplica observada al microscopio electrónico de una muestra pulida y atacada. Nótese el ancho considerable de la sustancia interprismática. 8.600 \times .

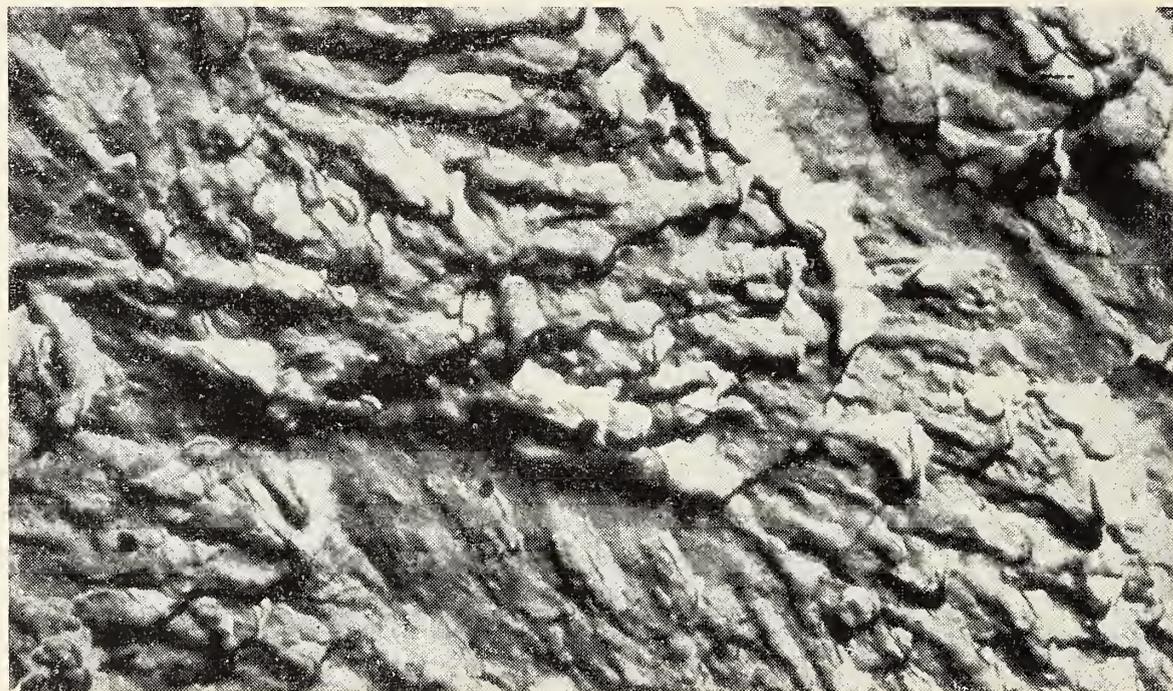


Fig. 4. — Prismas cortados oblicuamente. Réplica observada al microscopio electrónico, de una muestra pulida y atacada. Nótese la subestructura de los prismas. 21.000 \times

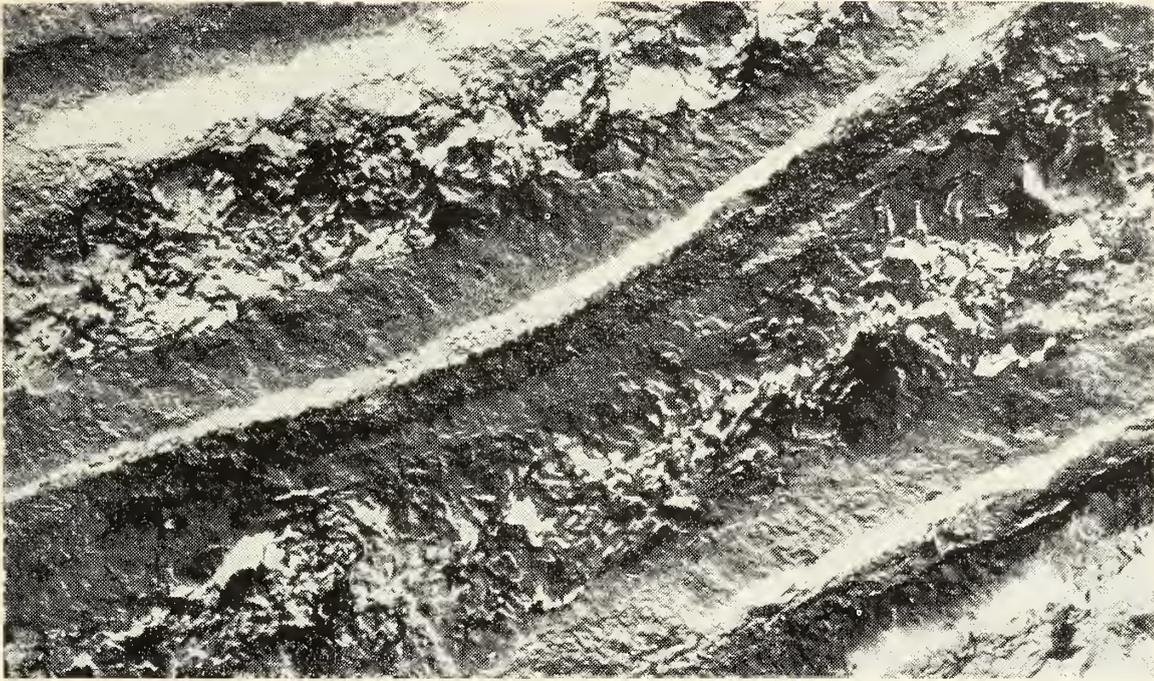


Fig. 5. — Canaliculos dentinarios vistos longitudinalmente. Réplica observada al microscopio electrónico de una muestra obtenida por rotura. Nótese las diferentes estructuras : canaliculos dentinarios, dentina intercalicular y pericanicular. 9.200 \times

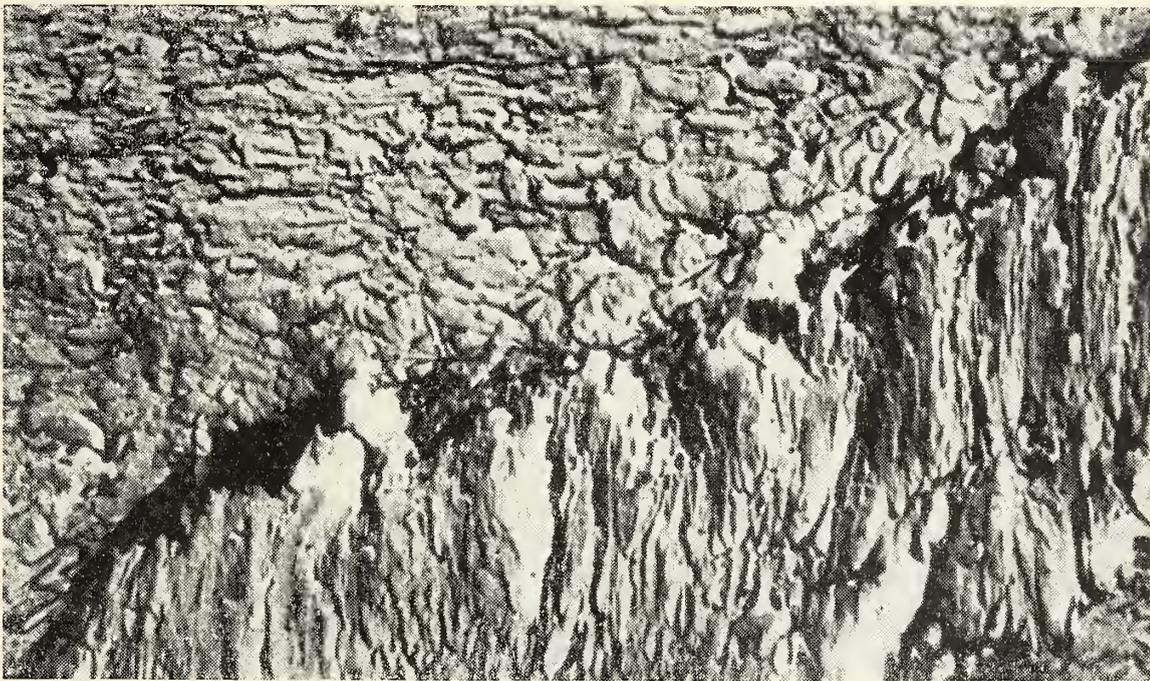


Fig. 6. — Réplica observada al microscopio electrónico de esmalte. Nótese dos zonas de diferente orientación. La superior podría corresponder a una zona prismática. 15.200 \times

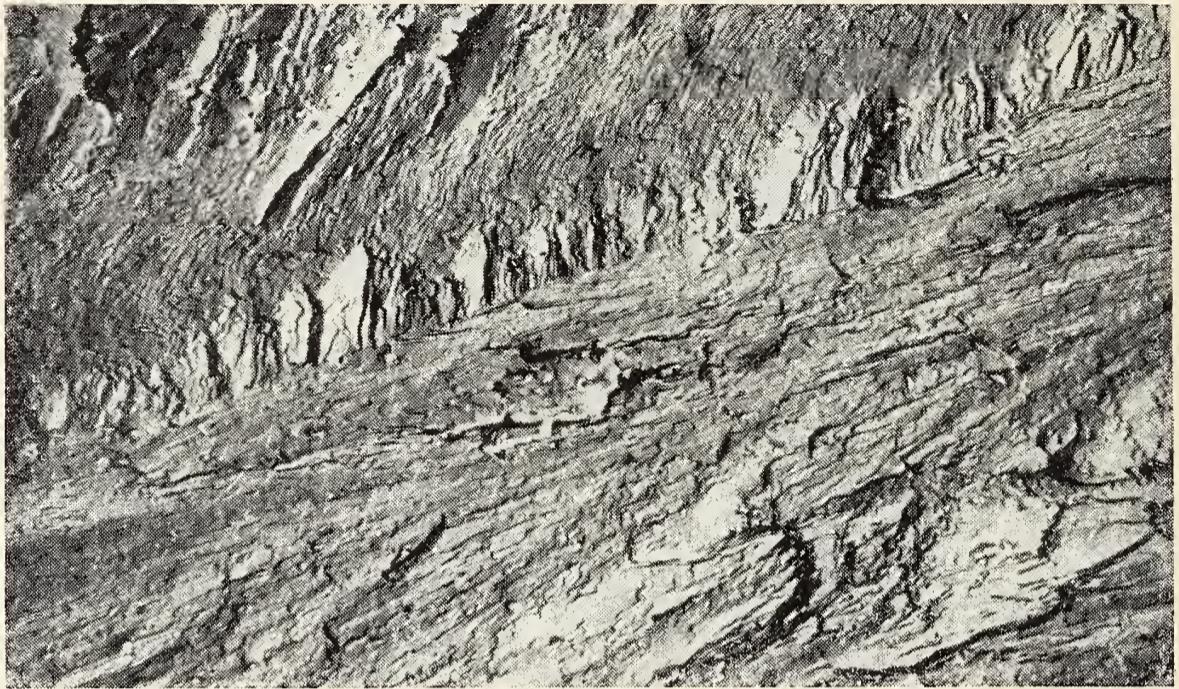


Fig. 7. Réplica observada al microscopio electrónico de una muestra obtenida por rotura. La diferente orientación cristalina no nos permite aclarar si nos encontramos en una zona prismática o interprismática. 18.500 \times

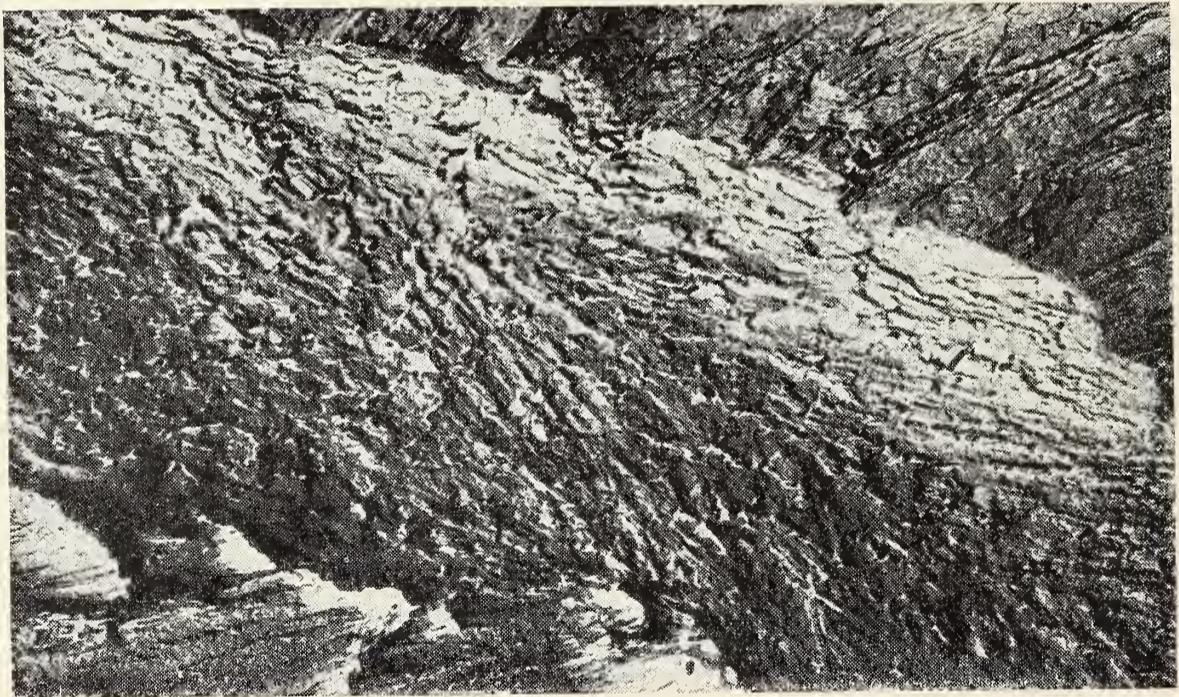


Fig. 8. — Réplica observada al microscopio electrónico de esmalte de una muestra obtenida por fractura. Obsérvese la orientación diferente en las dos zonas. 9.200 \times

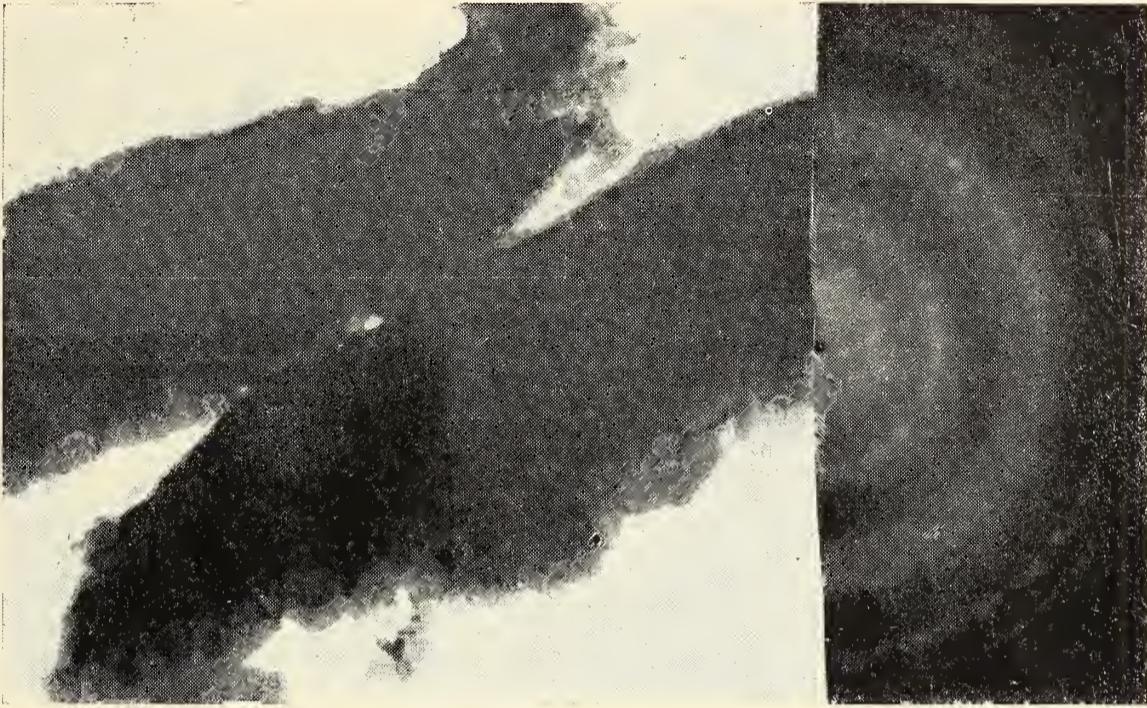


Fig. 9. — Trozos de esmalte de una muestra molida. Observada por transparencia, en el microscopio electrónico, a la derecha el diagrama de difracción de las partículas. Nótese la disposición en anillos de los puntos de difracción. 30.000 \times

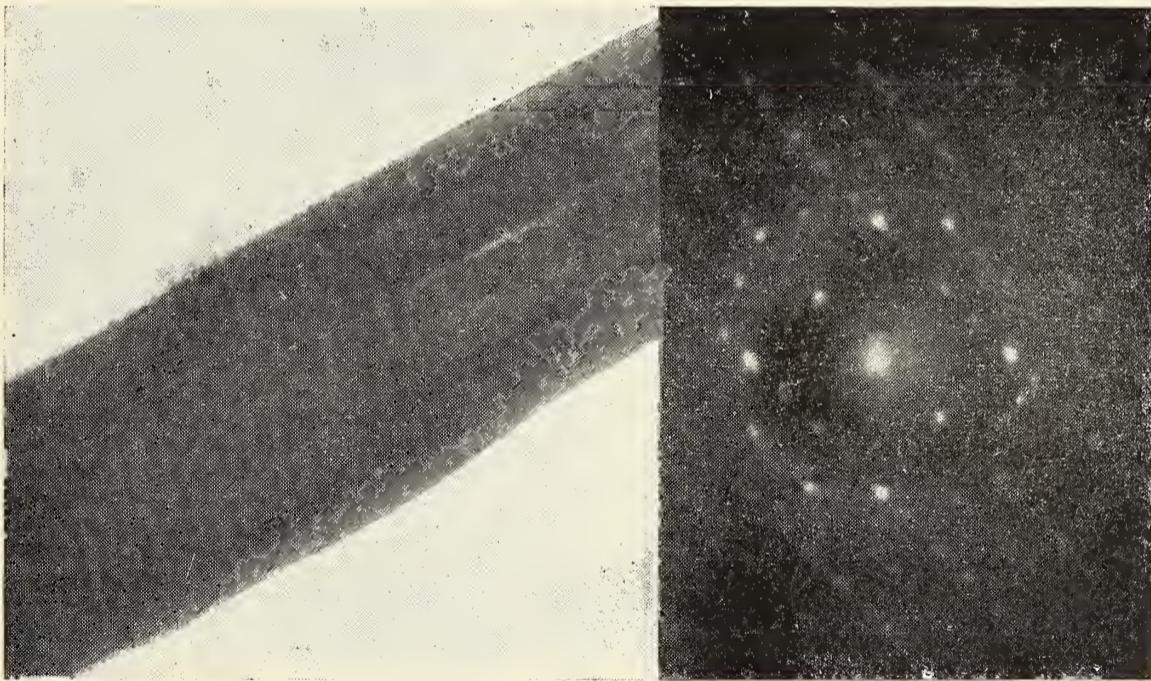


Fig. 10. — Trozos de esmalte de una muestra molida. Observada por transparencia en el microscopio electrónico, a la derecha el diagrama de difracción de las partículas. Nótese la disposición de los puntos de difracción. 30.000 \times

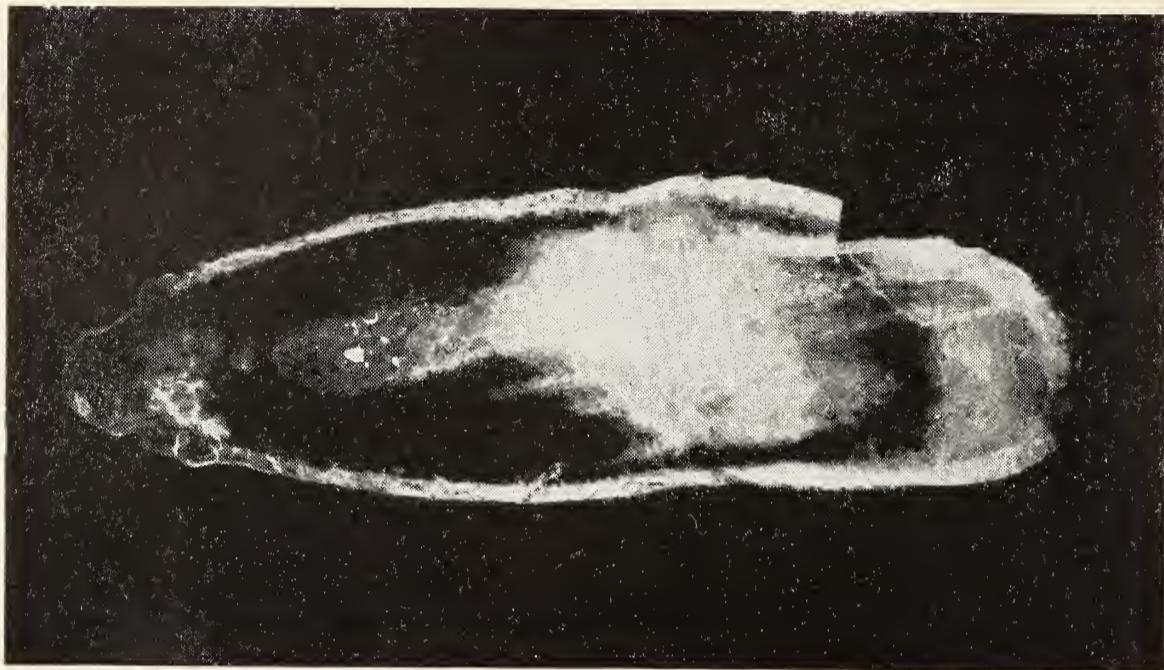


Fig. 11. a) — Corte delgado longitudinal de un diente. 8 X

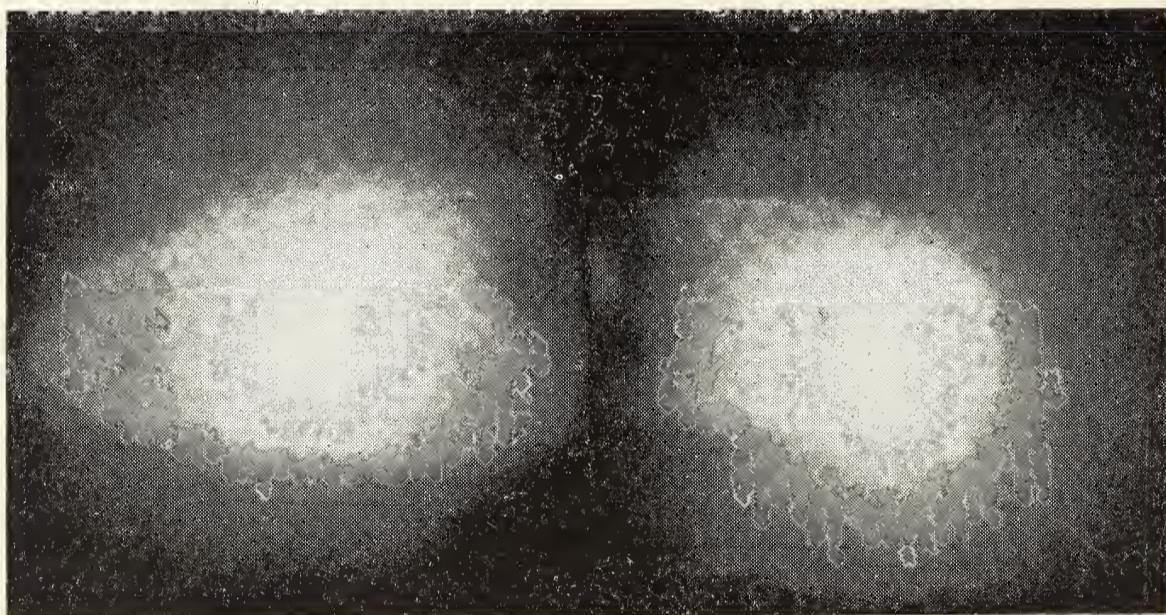


Fig. 11. b) — Muestra iluminada por dos haces delgados paralelos que a la izquierda ilumina la dentina y a la derecha el esmalte. Obsérvese la difusión en ambos casos. 8 X

DETERMINACION DE EXISTENCIA DE UNA NUEVA FORMA CRISTALINA EN EL RESULTADO DE COBRE TRI-HIDRATADO

POR ALBERTO G. ALVAREZ, JUAN M. ANDRIEU Y E. E. CASTELLANO

Laboratorio Petrotécnico Y. P. F. Florencio Varela

RESUMEN

Se ha estudiado la deshidratación térmica del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, mediante el empleo de técnicas de Análisis Térmico Diferencial y Difracción de Rayos X. Se ha determinado la existencia de una nueva forma cristalina en el $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, denominada por los autores, forma α , cuya transformación a la forma β ocurre a la temperatura de $108,5^\circ\text{C}$.

Se da una explicación del camino que sigue la deshidratación térmica del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, que difiere a la admitida hasta el presente.

ABSTRACT

The thermal dehydration of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ has been studied employing both differential thermal analysis and X-Ray diffraction techniques. The presence of a new crystalline form of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ which the authors call a α -structure has been established; its transformation to the known β -structure takes place at $108,5^\circ\text{C}$. An explanation of the course of the thermal dehydration of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ is given, which differs from the currently admitted.

INTRODUCCION

El método del Análisis Térmico Diferencial (ATD), es universalmente aceptado, como un medio conveniente para estudiar los efectos térmicos, que ocurren en una sustancia que es calentada a velocidad uniforme.

Este método consiste en representar gráficamente la diferencia de temperaturas entre una muestra activa y otra inerte (tomada como referencia), en función de la temperatura de la primera de las

muestras. Cuando la temperatura de la muestra activa cambia, con respecto a la inerte, se produce una deflexión (pico) de la línea de base. Estas deflexiones, pueden ser endo o exotérmicas, y representan cambios físicos o químicos que se producen en la muestra.

Por medio del ATD se han estudiado transformaciones en diferentes hidratos inorgánicos, entre ellos el $\text{SO}_4\text{Cu}5\text{H}_2\text{O}$ (1 a 10).

En la fig. 1, se muestra un termograma, de las deshidrataciones y transformaciones del $\text{SO}_4\text{Cu}5\text{H}_2\text{O}$.

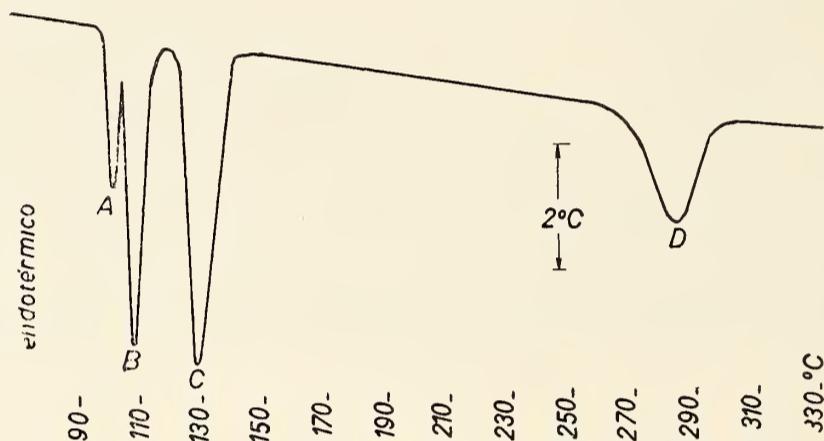


Fig. 1. — Termograma de la deshidratación del $\text{SO}_4\text{Cu}5\text{H}_2\text{O}$. Velocidad de calentamiento $13,5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$

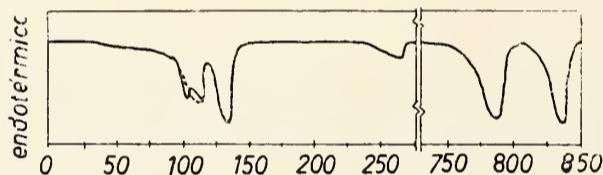


Fig. 2. — Registro de D. T. A., obtenido por Borchardt y Daniels 3. Velocidad de calentamiento $15\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$

En 1936 Klug y Taylor estudiaron el $\text{SO}_4\text{Cu}5\text{H}_2\text{O}$, obteniendo en los termogramas tres picos endotérmicos, que representan: el primero la pérdida de una molécula de agua del penta hidrato, pasando a ser tetra, el segundo, el pasaje de tetra a tri hidrato y el tercero, el pasaje a mono hidrato. Estas deshidrataciones fueron observadas a $96,5$, 102 y $113\text{ }^\circ\text{C}$ respectivamente.

Ghosh (2) por medio del Análisis Termo-Gravimétrico, en el año 1943, afirma haber detectado la existencia de $\text{SO}_4\text{Cu}4\frac{1}{2}\text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_4\text{Cu}4\frac{1}{3}\text{H}_2\text{O}$ y $\text{SO}_4\text{Cu}4\text{H}_2\text{O}$. Estos datos no han podido ser obtenidos por ningún estudio posterior.

Borchardt y Daniele (3) han estudiado esta deshidratación. Detectan la existencia de transformaciones de penta a tri y de tri a

mono hidrato. Presentan como una situación anómala el desdoblamiento del primer pico, fig. 2, que explican como originado por la influencia de alta humedad relativa, la cual provoca que el agua desprendida del penta hidrato forme con el tri-hidrato una solución saturada. Esta agua de la solución saturada, posteriormente se evapora dando un nuevo pico endotérmico. Las temperaturas de los picos son 100, 115 y 130° C respectivamente.

Terem y Tugtepe (4) enuncian la existencia de un hemi-hidrato, y no observan la existencia del tri-hidrato.

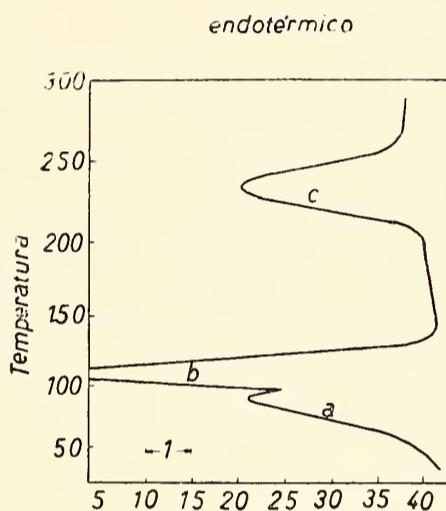
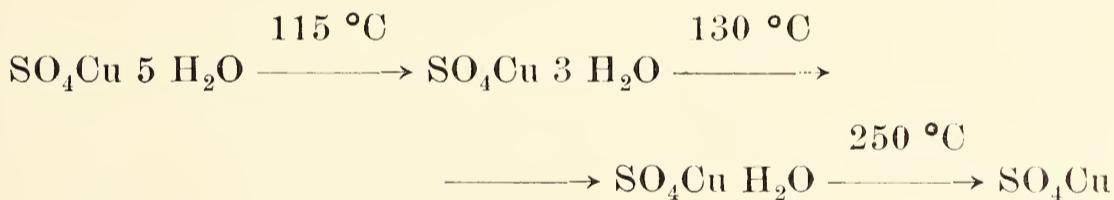
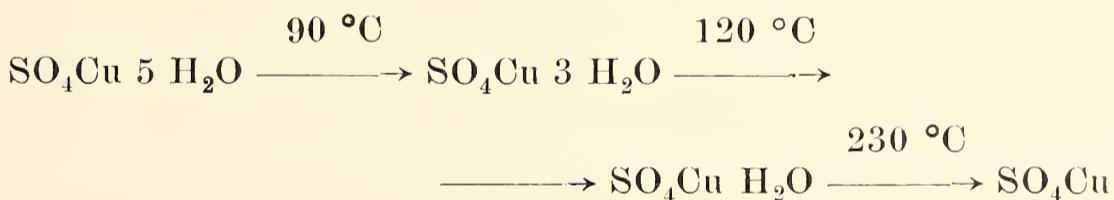


Fig. 3. — Termograma de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, obtenido por Reismann (6).
Velocidad de calentamiento 0.4 °C/min

Lange (5) describe las deshidrataciones térmicas del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, de la siguiente manera:



Reisman (6), ha trabajado con ATD y ATG, obteniendo:



en la fig. 3 se puede observar un termograma de Reisman.

Duval (11) nos muestra por medio del ATG, solo la existencia de penta, tri y mono-hidrato, fig. 4.

En el presente trabajo se ha realizado un estudio experimental de las transformaciones térmicas del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ con el ATD y difracción de rayos X, donde se han obtenido resultados diferentes, a los mencionados en la bibliografía.

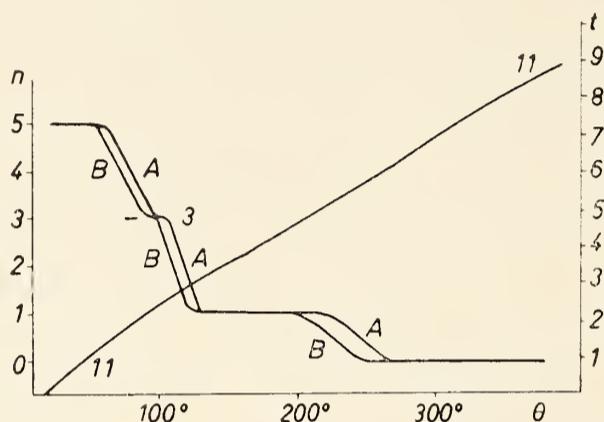


Fig. 4. — Registro termogravimétrico, obtenido por Duval 11, en el cual se ven solo tres etapas de pérdida de peso, correspondientes al pasaje de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ a $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$; de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ a $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot \text{H}_2\text{O}$ y de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot \text{H}_2\text{O}$ a SO_4Cu anhidro. Los trazos A y B se deben a dos experiencias, realizadas a diferentes presiones.

EXPERIENCIA

ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL

Se utilizó un equipo Du Pont, modelo 900, cuyo esquema se muestra en la fig. 5.

Se trabajó con un block calefactor de plata, que era calentado por una resistencia. Las velocidades de calentamiento tomadas, fueron variables de 2,5 a 20° C/min. El control de temperaturas se hizo con termocuplas de chromel-alumel. La cantidad de muestra usada fue de 7 y 8,5 mg. Como material de referencia se tomó Al_2O_3 , siendo el tamaño de partículas de ésta y del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, menor de 120 mesh.

En la fig. 6, se muestran una serie de termogramas obtenidos a distintas velocidades de calentamiento, en la cual se observa el comportamiento diferente de los picos.

En la tabla I se reúnen valores de las temperaturas de deshidratación representadas en los picos A y C.

De la observación de la tabla I, se concluye que dichos picos A y C, tienen un comportamiento análogo. A medida que se aumenta la velocidad de calentamiento, aumenta la temperatura de los picos, hecho experimental que se produce, cuando ocurre alguna transformación química (11-15).

En la tabla II se muestran los valores de la temperatura de pico, de la transformación B, en función de la velocidad de calentamiento.

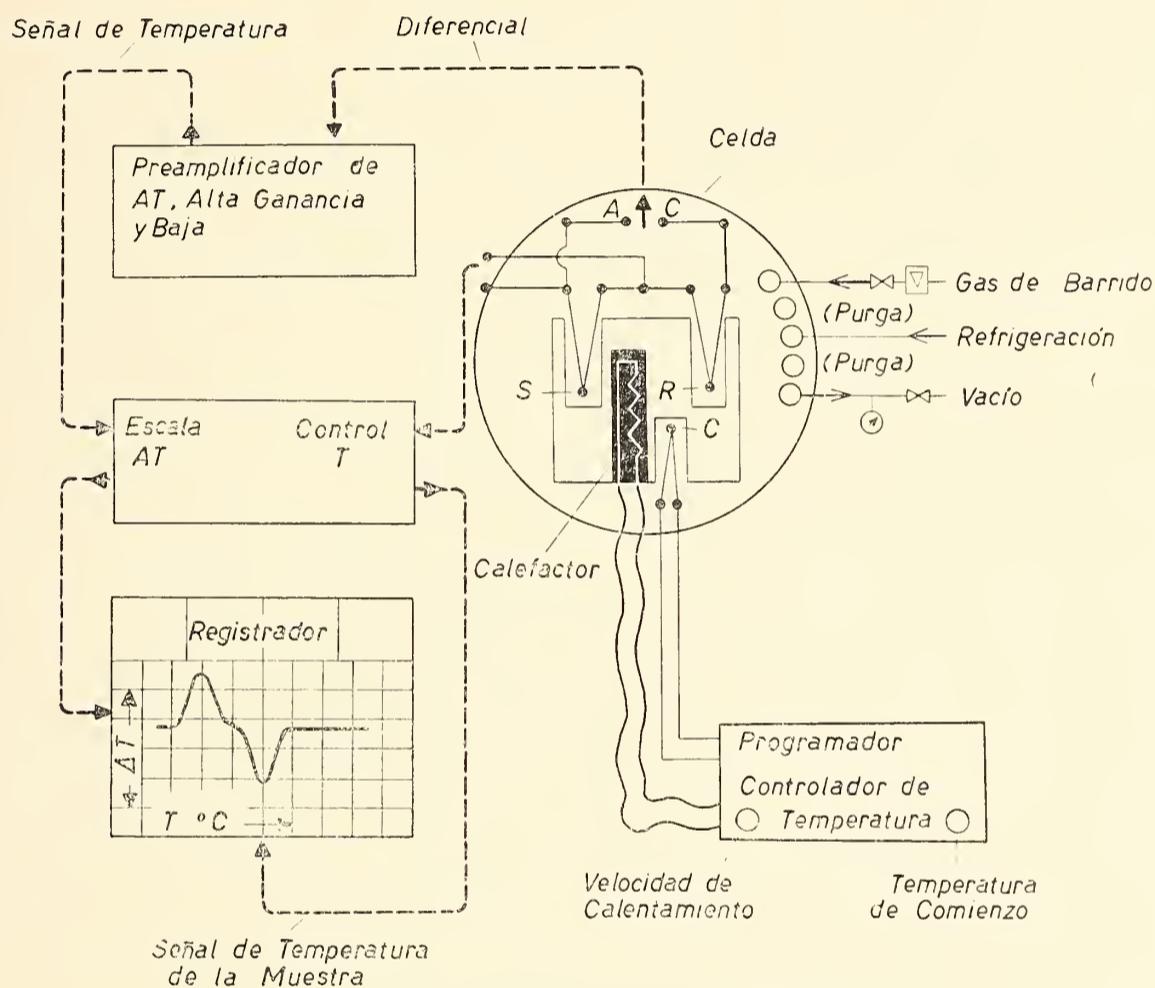


Fig. 5. — Esquema del equipo Du Pont 900

Cuando se produce una transformación física (cambio de estado, transformación cristalina, etc.), la temperatura de transformación permanece invariable, con el cambio de la velocidad de calentamiento (14, 16), hecho visible en la tabla II, para el pico B.

DIFRACCIÓN DE RAYOS X

Para la identificación de las distintas fases formadas durante la deshidratación del $SO_4Cu \cdot 5H_2O$, se utilizó un difractómetro de rayos X.

El difractómetro utilizado en la experiencia, es un equipo Phillips PW 1010, con tubo de Cu, trabajando con 40 KV y 20 mA.

RESULTADOS Y DISCUSION

Se han obtenido una serie de termogramas a diferentes velocidades de calentamiento, fig. 6, de donde se pone de manifiesto la pre-

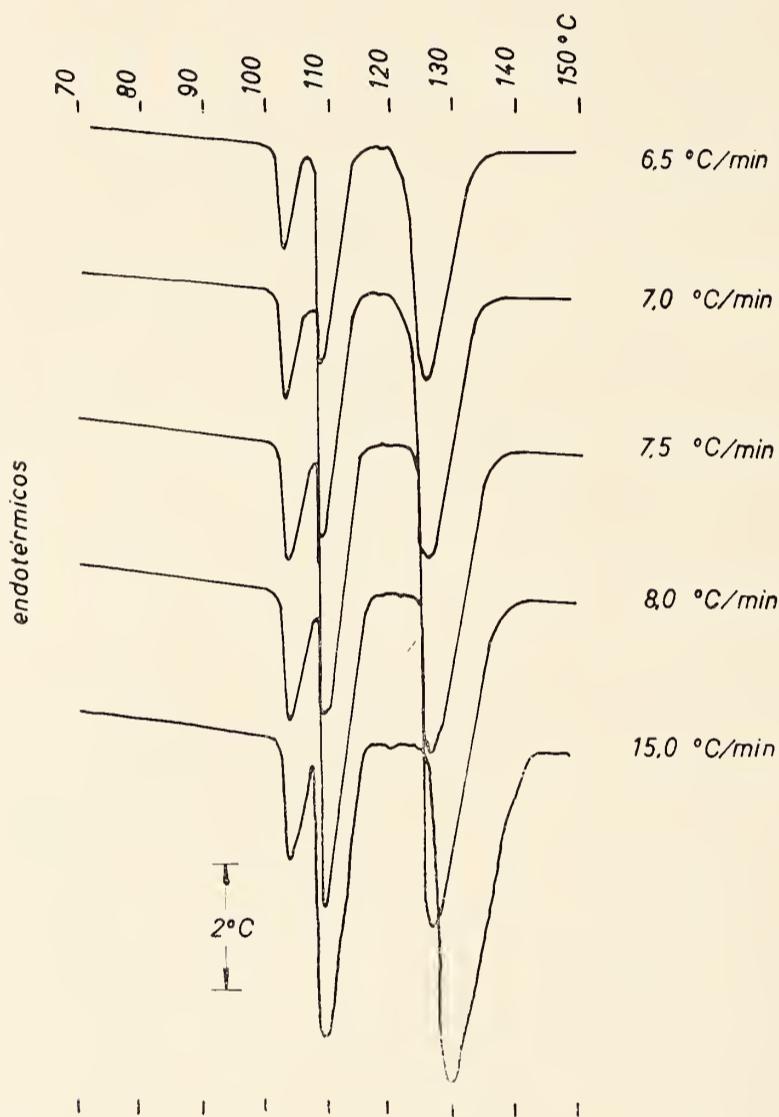


Fig. 6. — Conjunto de termogramas, a diferentes velocidades de calentamiento, donde se observa la invariancia del pico B y el desplazamiento de los picos A y C.

sencia de tres transformaciones, explicitadas por otros tantos picos endotérmicos.

Se identificó a la muestra a utilizar por medio del difractómetro desde la temperatura ambiente hasta aproximadamente 102° C, temperatura a la cual se produce la primera de las transformaciones, obteniéndose como resultado un espectro de difracción del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, coincidente con el dado por la ASTM 11-646.

TABLA I

Temperaturas de deshidratación correspondientes a los picos A y C,
a diferentes velocidades de calentamiento

Velocidad de calentamiento °C/mín	Temperaturas pico A °C	Temperaturas pico C °C
3,5	102,0	123,2
4,0	102,3	123,3
4,5	102,6	123,7
5,0	103,0	124,2
6,0	103,3	124,8
6,5	103,4	125,0
7,0	103,6	125,3
7,5	103,7	125,5
8,0	103,7	125,9
8,0	103,8	126,3
10,0	104,0	127,0
10,5	104,5	128,2
11,0	104,8	129,4
13,0	104,9	130,5
15,0	105,0	131,3
20,0	105,5	132,5

Nota. — Estas temperaturas han sido corregidas de acuerdo a las variaciones sufridas por los termocuplas.

Como se observa en la variación de la temperatura de pico en A, es menor que en el pico C.

La aparición del pico A, se debe a que el $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, pierde 2 moléculas de H_2O , pasando a formar la variedad α - $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$. Este nuevo estado cristalino (llamado α por los autores, para diferenciarlo del estado ya conocido, que desde aquí en adelante llamaremos β), se lo ha detectado por medio del difractómetro de rayos X, del cual se obtuvieron espectros de difracción, donde los valores del espaciado de la red " d ", no coinciden con los valores dados por la ASTM, para el sulfato de cobre y sus diferentes hidratos.

A $108,5^\circ \text{C}$, se produce la aparición del pico B, que corresponde a un cambio en la estructura cristalina del α - $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, pasando a ser la forma β .

TABLA II

Temperaturas de transformación del pico B, a diferentes velocidades de calentamiento

Velocidad de calentamiento °C/mín	Temperaturas pico B °C	Velocidad de calentamiento °C/mín	Temperaturas pico B °C
3,5	108,5	8,0	108,5
4,0	108,8	8,5	108,1
4,5	108,4	10,0	108,3
5,0	108,5	10,5	108,6
6,0	108,7	11,0	108,8
6,5	108,5	13,0	108,2
7,0	108,8	15,0	108,5
7,5	108,8	20,0	108,6

Nota. — El valor promedio de T_t es 108,5 con σ de $\pm 0,2$ °C

TABLA III

Valores de « d » y valores de las intensidades relativas

d	I/I_0	d	I/I_0
12,27	22	2,82	60
5,64	51	2,74	49
5,44	68	2,66	16
5,06	40	2,49	11
4,82	39	2,40	25
4,67	100	2,35	30
4,39	48	2,30	10
3,97	85	2,09	17
3,67	75	2,01	16
3,62	20	1,98	16
3,52	25	1,92	15
3,40	40	1,83	24
3,24	61	1,76	25
3,17	37	1,72	10
3,03	30	1,69	11
3,00	72	1,61	44
2,85	18	1,50	11

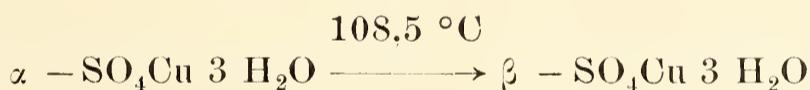
TABLA IV

Valores del espaciado de la red cristalina « d » del $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$, $\alpha - \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, $\beta - \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot \text{H}_2\text{O}$ y SO_4Cu anhidro, y de sus intensidades relativas

	d	1/I _o	
$\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O} \dots\dots$	4,73	100	ASTM 11-646
	3,71	85	
	3,99	60	
$\alpha - \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O} \dots\dots$	4,67	100	
	3,97	85	
	3,67	75	
$\beta - \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O} \dots\dots$	4,45	100	ASTE 3-0194
	3,65	75	
	5,15	63	
$\text{SO}_4\text{Cu} \cdot \text{H}_2\text{O} \dots\dots\dots$	3,43	100	ATTM 12-782
	3,38	80	
	3,14	75	
$\text{SO}_4\text{Cu} \dots\dots\dots$	3,55	100	ASTM 15-775
	2,62	95	
	4,19	75	

Se obtuvieron espectros de difracción, cuando el pico B retorna a la línea de base, resultando ser coincidentes con los expresados por la ASTM 3-0194, para el $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$.

Se observa, de la tabla II, que este pico no es afectado por la variación de la velocidad de calentamiento, produciéndose a $108,5 \pm 0,2^\circ \text{C}$. Este hecho confirma que es una transformación física y no química (11-16), luego este pico es solo debido a:



Se descarta la suposición de que pertenece a un tetra-hidrato, por el hecho de ser una transformación física y por las experiencias últimas en ATG. (11), fig. 4.

El pico C, corresponde a la pérdida de 2 moléculas de H_2O del $\beta - \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, que pasa a ser $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot \text{H}_2\text{O}$, entre 123 y 133°C

aproximadamente. Luego del retorno de este pico a la línea de base, el difractograma obtenido, confirma la presencia del mono-hidrato, en coincidencia con el ASTM 12-782.

CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos experimentalmente y de las consideraciones hechas en la discusión, se arriba a las siguientes conclusiones:

1. El pico B no representa la transformación de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ al $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$, como aseguraban algunos autores (1, 2).
2. El pico B, no es debido a la ebullición del agua de la solución saturada, como afirman Borchardt y Daniele (3).
3. El pico B, corresponde a la transformación cristalina del α - $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ al β - $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, que se produce a los $108,5^\circ \text{C}$.

BIBLIOGRAFIA

1. Taylor, T. J. y Klug, H. P. *J. Chem. Phys.*, *4*, 601 (1936).
2. Ghosh, B. *J. Indian Soc.*, *20*, 120 (1943).
3. Borchardt, H. J. y Daniels F. *J. Phys. Chem.*, *61*, 917 (1957).
4. Terem, H. N. y Tugtepe, M. *Rev. Fac. Sci. Univ. Estambul*, *22*, 70 (1957).
5. Lange, N. A. « *Handbook of Chemistry* », 9ª Ed. p. 238 (1956)
6. Reisman, A. *Anal. Chem.*, *32*, 1567 (1960).
7. Freeman, E. S. y Carroll, B. *J. Phys. Chem.*, *62*, 394 (1958).
8. Languer, H. G. y Gohlke, R. S. *Anal. Chem.* *35*, 1301 (1963).
9. Stone, R. L. *Anal. Chem.*, *32*, 1583 (1960).
10. Duval, C. « *Inorganic Thermogravimetric Analysis* » 2ª Ed. Elsevier (1963).
11. Kissinger, H. E. *J. Res. Natl. Bur. Std.*, *57*, 217 (1956).
12. Reich, L. J. *Inorg. Nucl. Chem.*, *28*, 1329 (1966).
13. Reed, R. L., Webber, L. y Gottfried, B. S. *IEC Fundamentals*, *4*, 38 (1965).
14. Vassallo, D. A. y Harden, J. C. *Anal. Chem.*, *34*, 133 (1962).
15. Smothers, W. J. y Chiang, Y. « *D. T. A. Theory and Practice* » 1ª Ed. (1958).
16. Ke, B. « *Organic Analysis* » *4*, Interscience, (1960).

Nota: Sobre el método del Análisis Térmico Diferencial, se pueden consultar además de los trabajos ya mencionados:

- Murray P. y White J., *J. Trans. Brit. Ceram. Soc.* *54*, 204 (1955).
 Kissinger H. E., *Anal. Chem.*, *29*, 1701 (1957).
 Borchardt H. J. y Daniels, *J. Chem. Ed.*, *33*, 103 (1956).
 Akita K. y Kase M., *J. Polymer Sci.*, *5*, 833 (1967).

DISPOSITIVO ELECTROMAGNETICO PARA DESVIACION DE UN HAZ DE LUZ

POR BETTY KERLEÑEVICH Y ENRIQUE CHAPUNOV

Departamento de Física. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca

RESUMEN

El dispositivo del que trata el presente trabajo permite lograr la deflexión magnética de un rayo laser mediante la aplicación de un campo magnético no homogéneo a sustancias en las que se puede observar el efecto Cotton-Mouton.

A una breve introducción que explica el principio de cálculo empleado, sigue la descripción del dispositivo que fue diseñado y construído para la observación del fenómeno.

ABSTRACT

This report deals with the magnetic deflection of a laser beam by way of introducing a non-homogeneous magnetic field into substances where the Cotton-Mouton effect can be observed.

After a brief introduction explaining the principle of calculus employed, a description is made of the device designed and used for the observation of the phenomenon.

El presente trabajo trata sobre la deflexión de un haz de luz mediante la aplicación de un campo magnético no homogéneo a sustancias en las que se observa el efecto Cotton-Mouton.

En el fenómeno de birrefringencia magnética, la relación que vincula los índices de refracción extraordinario n_e para la componente del haz polarizada paralelamente al campo y ordinario n_o para la componente polarizada perpendicularmente al campo es tal que:

$$n_e - n_o = C \lambda H^2$$

donde $C =$ constante cuyo valor varía con la sustancia (ej. para el nitrobenzeno $C = 2,53 \cdot 10^{-12}$ u.e.m.).

$H =$ intensidad de campo magnético.

$\lambda =$ longitud de onda empleada.

Como la teoría de la orientación molecular indica que la relación entre los tres índices n_o , n_e y n , es:

$$\frac{n_e - n}{n_o - n} = - 2$$

donde $n =$ índice de refracción en ausencia de campo.

puede obtenerse el valor de n_o o de n_e en función del campo magnético.

Si se hace pasar un haz de luz por un medio birrefringente donde el índice de refracción según una dirección perpendicular a la trayectoria varía en forma lineal, se producirá la desviación del mismo. Figura 1 a. El ángulo de esa desviación es:

$$\Phi \simeq \frac{2 Z N}{d}$$

donde $N =$ variación del índice de refracción de un lado al otro del haz.

$Z =$ distancia recorrida dentro de la sustancia.

La ley que debe seguir el campo magnético para dar una variación lineal del índice de refracción dentro de un medio birrefringente es de la forma:

$$H = K_1 \sqrt{d} \quad (\text{Figs. 1 b y 1 c})$$

y el perfil que deberá darse a los polos magnéticos para que produzcan un campo de esas características seguirá una ley del tipo:

$$L = \frac{K_2}{\sqrt{d}} \quad (\text{Fig. 1 d}) \quad (1)$$

donde $L =$ distancia entre dos puntos de los polos magnéticos tomada sobre una dirección perpendicular a d .

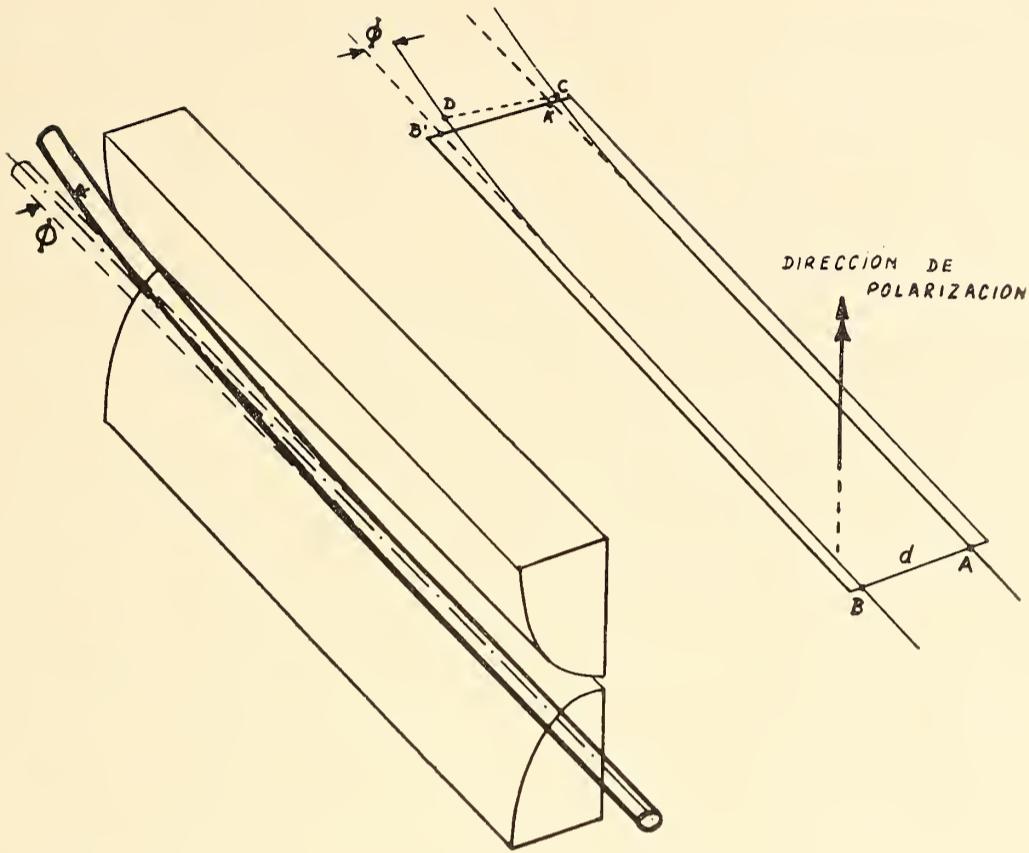


Figura 1 a

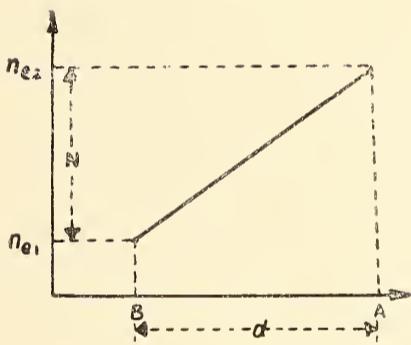


Figura 1 b

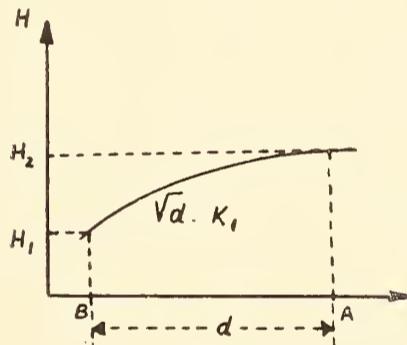


Figura 1 c

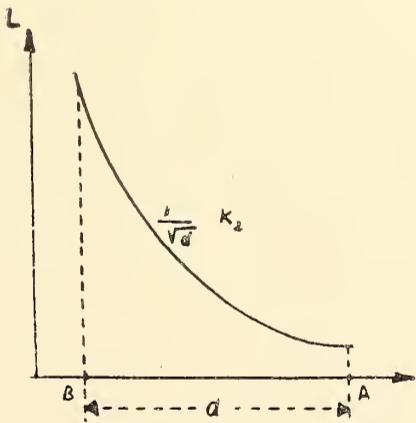


Figura 1 d

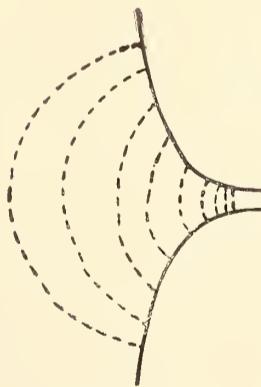


Figura 1 e

Para realizar la experiencia, se construyó en base a estas consideraciones, el dispositivo de Fig. 2.

El recipiente que contiene la sustancia activa es transparente y dos de sus caras son los polos del electroimán de perfil parabólico como resulta de la ecuación (1).

Se ensayaron varias sustancias magnetoópticas, haciendo incidir el rayo laser perpendicularmente a la dirección del campo magnético, que en su zona más intensa alcanzaba 17.000 Gauss. Como

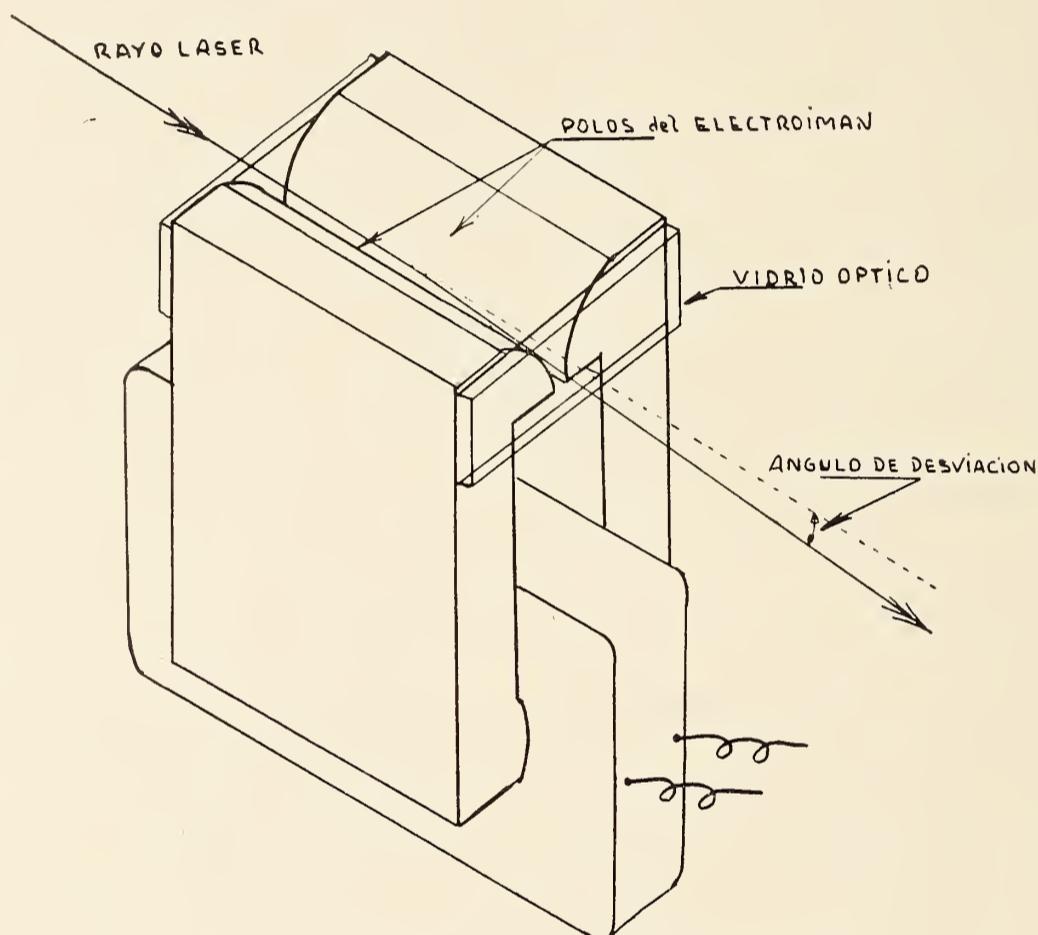


Figura 2

se trata en general de sustancias diamagnéticas, las cuplas de orientación son débiles, debido a la anisotropía de las moléculas y la pequeña deflexión calculada no alcanza a observarse.

Se empleó también el "Fer de Bravais" donde el campo magnético al actuar sobre las partículas en suspensión ejerce una cupla mayor, permitiendo obtener una desviación apreciable del haz. Para la célula de 4 cm de largo, la desviación fue de 15 mm sobre una pantalla situada a 10 m de distancia.

A pesar de que el fenómeno tarda 10^{-8} segundos en producirse, no se pudo lograr una modulación angular de alta frecuencia debido a la gran constante de tiempo del electroimán.

BIBLIOGRAFIA

1. Quirino Majonara ; « Su due nuovi fenomeni Magneto-Ottici osservati normalmente alle linee di forza » Rendiconti, 1902, Vol XI, 1° Sem.
2. Beams J. W. ; « Electric and Magnetic Double Refraction » Reviews of Modern Physics, Vol. 4, pág. 133-172. January 1932.
3. Kerlleñevich, B., Chapunov E. ; « Modulación Angular de la Luz » Revista Acta Científica de CITEFA, Vol. 1, N° 2 pág. 25-28. 1968.

BIBLIOGRAFIA

A. H. LEIM y W. B. SCOTT. "Fishes of the Atlantic Coast of Canada", Bulletin N° 155, Fisheries Research Board of Canada, editado por el Queen's Printer, Ottawa, 1966, 485 páginas con numerosas ilustraciones.

La obra constituye una importante referencia sobre los peces que se encuentran a lo largo de la costa atlántica del Canadá. En la Introducción se menciona: "a pesar de los muchos esfuerzos y completa cooperación de no pocas personas interesadas, gran número de hechos queda sin resolver y el volumen tiene que ser considerado como una base, a partir de la cual deberá expandirse y consolidarse el conocimiento".

Luego de una breve referencia al ámbito marino de la región, se enuncia la información sobre las diferentes especies. Esta información no es siempre homogénea en detalle y cantidad de datos aportados por especie. En general comprende una descripción, los caracteres distintivos, la dispersión, la biología y la economía vital.

La obra es una muy útil referencia, que debe ser tomada con las limitaciones que menciona la Introducción.—*Emilio L. Díaz.*

PETER YATES, W. A. BENJAMIN. *Structure determination*. Inc. New York, 1967, 256 páginas.

Este texto-monografía, describe los métodos y el razonamiento que utilizan los químicos orgánicos para determinar la estructura de los compuestos complejos.

Incluye comentarios sobre la determinación de las estructuras de cinco compuestos naturales o aproximadamente relacionados con los mismos.

Dichas determinaciones se basan en el uso de los métodos degradativos, sintéticos y físicos.

El libro de Yates presenta para nosotros un especial interés, pues entre los compuestos estudiados se incluyen la Spegazzinidina y la Spegazzinina. Esta última un alcaloide de la corteza de la *Aspidosperma Chakense* var. *Spegazzini*, fue aislada por O. O. Orazi, R. H. Corral, J. S. E. Holker y C. Djerassi, quienes dan cuenta de su hallazgo en un trabajo publicado en los Anales de la Asociación Química Argentina (1956).

Los dos compuestos han sido dedicados al sabio argentino Carlos Spegazzini, autor de una descripción botánica de la *Aspidosperma Chakense* (*Physis*, 1917) donde ya se mencionan las cualidades medicinales de la corteza de esta planta, conocidas y apreciadas por los indios.—*Ernesto Longobardi.*

506.82
5678

x

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

MAYO-JUNIO 1969 — ENTREGAS V-VI — TOMO CLXXXVII

SUMARIO

	Pág.
SERIE I, CIENCIAS Nº 20	
P. KITTL Y J. WARD, Recristalización por impacto en aluminio puro (99,99 o/o)	97
J. L. SERSIC, Masa gravitacional y estabilidad relativista	111
SERIE II. CIENCIAS APLICADAS Nº 13	
ADOLFO LEANDRO MONTES, El ácido barbitúrico en la valoración de aldehidos	118
JUAN F. VILAS Y DANIEL A. VALENCIO, El magnetómetro « Spinner » de la Universidad de Buenos Aires	130
INDICE GENERAL DEL TOMO CLXXXVII	144



BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969

SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tambor
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zeballo

JUNTA DIRECTIVA

(1969-1970)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares :</i>	Ing. Alberto Bilotti
	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Chnte. Rodolfo N. M. Panzarini
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Agr. Enrique M. Sívori
	Dr. Andrés O. M. Stoppani
	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Ing. Andrés E. Garlan
	Ing. Pablo R. Gorostiaga
	Cap. de Corb. Néstor C. L. Granelli
	Dr. Carlos A. Márquez
	Dr. Jorge R. A. Vanossi

Vocales Suplentes

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

San Juan

Presidente

Doctor Indalecio Carmona Ríos

Vicepresidente

Ingeniero Fernando Volponi

Secretario

Doctor Pablo A. Del Carril

Tesorero

Cont. Púb. Duilio S. Graffigna

Vocales

Ingeniero Ramón Ruiz Bates

Ingeniero Federico Rocha

Doctor Antonio Aguilar

Santa Fe

Presidente

Dr. Argentino A. Bonetto

Vicepresidente

Dr. Ezio Emiliani

Secretario

Prof. Clarice T. Pignalberi

Tesorero

Ing. Quím. Enrique A. Virasoro

Vocales

Ing. Quím. Guillermo Berraz

Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente

Ing. Roberto Diego Cotta

Vicepresidente

Ing. Camilo B. Rodríguez

Secretario

Dr. Luis M. Boggia

Prosecretario

Ing. Horacio C. Albina

Tesorero

Dr. Teodoro G. Krenkel

Protesorero

Ing. Pedro Diego Jensen

Vocales

Dr. Max Birabén, Dr. Home

Bibiloni, Dr. Jorge J. Ronc

Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Iv

L. Danna, Ing. Aaron Beili

son e Ing. José G. Romal

Yalour.

CATALDI, MARIA S., IPIÑA, SARA M. DE, PIANAROLI, JORGE
Y JOJOT, CESAR

Estudio de un micrococo productor de ácido glutámico

After a brief bibliographic survey of works on bacteria with ability for glutamic acid synthesis, the requirements for optimum production have been investigated by way of a bacteria selected for such a purpose among 500 cultures under research; of which 26.8 % gave positive results.

The best incubation time is around 3 days being a glucoside broth at 2 % the most convenient inoculum. Other recommendable requirements are: ammonium salt concentration: 1 %, and medium reaction: pH 6.4. Addition of some activators such as corn steep, peanut flower and yeast extract is most advisable.

As the characteristics of the aforesaid bacteria partly differ from those already described in current bibliography, it was decided to classify it as *Micrococcus conglomeratus*, atypical strain.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Ene.-Feb. 1969, pgs. 3-13.

COREMBERG, J. Y MAZZOLAI, F. M.

Uso del efecto Bordoni para investigar migración de defectos puntuales en metales

The possibility of the use of the Bordoni effect (anelastic relaxation of dislocations) to investigate the kinetics of punctual defects migration for dislocations and the corresponding interaction laws, is discussed. The theoretical foundations of a method based on the Brailsford model (abrupt-kink model) of the Bordoni effect are exposed, and also expressions fit for experimental verification are deduced.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Ene.-Feb. 1969, pgs. 14-20.

MONTES, ADOLFO LEANDRO

La cromatografía gaseosa aplicada en el estudio de algunos aceites esenciales de plantas nativas del centro y norte argentino

Thirteen essential oils obtained from native plants of Central and Northern Argentina were examined, mainly by mean of gas-liquid chromatography.

Seven of them, those from *Minthostachis verticillata*, *Lippia polystachia*, *Lippia turbinata*, *Hedeoma multiflorum*, *Aloysia lycioides*, *Cordia trichotoma* and *Lepechinia floribunda*, has been matter of previous researchs. The other six essential oils were of unknown composition. Our results agree with former research in regard to five essential oils belonging to the first set; for the essential oil from *L. polystachia* and *L. turbinata*, it was not the case: these two essential oils show different main components.

This research was completed by use of other physical and chemical methods, and various derivatives were prepared to establish their characteristics and identify its components.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Ene.-Feb. 1969, pgs. 21-48.

JATIMLIANSKY, J. Y SIVORI, E.

Inhibición de crecimiento de « *Scenedesmus obliquus* » por alcaloides

Previous studies have demonstrated that the aporphine-type alkaloids of *Laurus nobilis* are strong growth inhibitors of *Scenedesmus obliquus*, when tested at concentrations below 1×10^{-4} M.

The experiments reported in this paper, using some related alkaloids, show a relationship between molecular configuration and growth inhibition. The aporphine alkaloids are strong inhibitors; that is not the case for those having one or more OH groups at C-1, C-2 and C-11. However, the presence of the OH groups at C-9 did not check the inhibitory effect. Launobine is an exception to the above mentioned relationship.

The same inhibitory effect was observed when the Berberine-type alkaloids were assayed.

Those with a benzyl-isoquinoline structure showed an inhibitory action which shifted between 30-75 % in different experiments. Like for the alkaloids of the first group, the OH group at C-6, C-7 and/or C-3' is a suppressor of the inhibitory activity. This effect was observed also when a lactone ring was present.

Quinine, the Cinchona alkaloid, and 8-Hydroxyquinoline caused 100 percent inhibition. Other alkaloids, as well as some other nitrogenous compounds, were either slight inhibitors or totally inactive.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Marzo-Abril, 1969, pgs. 49-57.

CATALDI, MARIA, S. Y GAY, MARTA, C.

Estudio fisiológico de algunas bacterias que utilizan hidrocarburos

106 bacterias cultures have been studied whose most outstanding characteristic is its capacity to use hydrocarbons as a source of carbon without any addition of nitrogenated sources.

The best conditions for development of some important factors in yield improvement have been investigated also, allowing higher productivity in cultures usable for physiological experiences.

The taxonomic study of cultures made it possible to classify them among genera *Arthrobacter*, *Brevibacterium*, *Pseudomonas* and *Achromobacter*, refraining, at the moment, of any intent to establish new specific naming, even if characteristics of cultures under examen show some marked differences in regard to species already described in current literature.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Marzo-Abril, 1969, pgs. 58-66.

ZAMPIGHI, G., KITTL, P. Y ALVAREZ, R.

El problema del tamaño del grano en el esmalte y la dentina

The different methods used to study teeth textures in enamel and dentine are revised: optical microscopy; X-rays, electron microscopy of broken samples, polishing and etching of samples, by transparencies obtained by grinding; and finally light diffusion. For each method the degree of certainty in determining the texture is discussed. The methods developed in this laboratory to face the problem are exposed.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Marzo-Abril, 1969, pgs. 67-80.

ALVAREZ, ALBERTO G., ANDRIEU, JUAN M. Y CASTELLANO, E. E.

Determinación de existencia de una nueva forma cristalina en el resultado de cobre tri-hidratado

The thermal dehydration of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ has been studied employing both differential thermal analysis and X-Ray diffraction techniques. The presence of a new crystalline form of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$ which the authors call a α -structure has been established; its transformation to the known β -structure takes place at $108,5^\circ\text{C}$. An explanation of the course of the thermal dehydration of $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ is given, which differs from the currently admitted.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Marzo-Abril, 1969, pgs. 81-90

KERLLEÑEVICH, BETTY Y CHAPUNOV, ENRIQUE

Dispositivo electromagnético para desviación de un haz de luz

This report deals with the magnetic deflection of a laser beam by way of introducing a non-homogeneous magnetic field into substances where the Cotton-Mouton effect can be observed.

After a brief introduction explaining the principle of calculus employed, a description is made of the device designed and used for the observation of the phenomenon.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Marzo-Abril, 1969, pgs. 91-95

KITTL, P. Y WARD, J.

Recristalización por impacto en aluminio puro (99,99 %)

Aluminum 99,99 %, deformed by impact at low temperatures (-200°C) and immediately annealed at room temperature, has been studied metallographically. In contrast with the same material deformed at room temperature, recrystallized zones show up. These zones have been verified by means of X ray diagrams. This reaffirms the idea that recrystallization by impact is not due to local increments of temperature but to the high velocity at which defects grow, allowing before annihilation and because to their concentration, the arising of nucleation and crystal growth.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Mayo-Junio, 1969, pgs. 97-110

SERSIC, J. L.

Masa gravitacional y estabilidad relativista

Adopting Eddington and Clark's definition of gravitational mass it is proved that (1) — the expression is valid to 0 (c^{-3}), $\partial Mc^2/\partial E^B$ is always negative, including the relativistic limit $|W| = Mc^2$.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Mayo-Junio, 1969, pgs. 111-117

MONTES, ADOLFO LEANDRO

El ácido barbitúrico en la valoración de aldehidos

The reaction between barbituric acid and several aldehydes was tested. It was also successfully applied to the valuation of citral, turfuraldehyde and vanillin in different products.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Mayo-Junio, 1969, pgs. 118-129

VILAS, JUAN F. Y VALENCIO, DANIEL A.

El magnetómetro « Spinner » de la Universidad de Buenos Aires

Experience has shown the operation advantages of magnetometers of the spinner type over the astatic kind, in particular for laboratories located in places of considerable magnetic noise level such as cities.

In this work we give the characteristics of a spinner type magnetometer, built for the Paleomagnetism Laboratory of Buenos Aires University. It is a high speed instrument (325 r. p. s.) and very sensitive, able to measure magnetization densities of 10^{-5} e. m. u. per cm^3 order. Its working principle is described ; also an analysis is made of noises that may affect sensitivity as well of techniques to reduce noise interference.

Anales Soc. Cient. Argentina, CLXXXVII, Mayo-Junio, 1969, pgs. 130-143

RECRISTALIZACION POR IMPACTO EN ALUMINIO PURO (99,99 %)*

Por P. KITTL ** y J. WARD ***

RESUMEN

Se estudió metalográficamente aluminio puro (99,99 %) deformado por impacto a bajas temperaturas (-200°C) y recocido a temperatura ambiente inmediatamente después. En contraste con el mismo material deformado a temperatura ambiente, hay zonas recristalizadas. Estas zonas fueron verificadas por medio de diagramas de rayos X. Esto confirma la idea de que la recristalización por impacto no es debida a un aumento local de temperatura sino a la elevada velocidad de formación de defectos, que antes de aniquilarse permiten, debido a su alta concentración, nucleación y crecimiento cristalino.

ABSTRACT

Aluminium 99,99 %, deformed by impact at low temperatures (-200°C) and immediately annealed at room temperature, has been studied metallographically. In contrast with the same material deformed at room temperature, recrystallized zones show up. These zones have been verified by means of X ray diagrams. This reaffirms the idea that recrystallization by impact is not due to local increments of temperature but to the high velocity at which defects grow, allowing before annihilation and because to their concentration, the arising of nucleation and crystal growth.

* Subsidio 312 (a) del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (Argentina).

** Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales (IDIEM) de la Universidad de Chile, Casilla 1420, Santiago, Chile; y Escuela de Humanidades y Educación, Universidad de Zulia, Apartado 415, Maracaibo, Venezuela.

*** Laboratorio de Cristalografía, Departamento de Física, Facultad de Ciencias Físico Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

I. INTRODUCCION

Deformando por impacto a temperatura ambiente uranio recristalizado, Sabato y Cahn (1) encontraron zonas recristalizadas en el interior de la probeta deformada. Una explicación posible a este fenómeno es que ciertas zonas de la probeta se calientan a una temperatura suficiente como para que se alcance la temperatura de recristalización.

Se puede analizar el tiempo que se mantienen estas zonas sobrecalentadas. La zona eventualmente calentada tiene dimensiones muy reducidas respecto de la probeta. La dependencia, con el tiempo, del momento de segundo orden de la zona calentada se calcula en base a la ecuación diferencial en derivadas parciales de la difusión del calor:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} = D \Delta \varphi,$$

donde φ es la cantidad de calor por unidad de volumen supuesta infinitamente pequeña, D el coeficiente de difusión del calor, t el tiempo y el símbolo Δ el operador de Laplace. Como condición de contorno se impone que en el infinito φ sea infinitamente pequeño, de orden al menos superior al tercero o sea:

$$\lim_{|\bar{r}| \rightarrow \infty} \varphi(\bar{r}) |\bar{r}|^3 = 0,$$

donde \bar{r} es el vector posición.

Por lo tanto se tiene:

$$\lim_{|\bar{r}| \rightarrow \infty} |\bar{r}|^4 \frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0.$$

El valor que queremos calcular es:

$$R^2 = R^2(t) = \bar{r}^2 = \frac{1}{C} \int_S \varphi(\bar{r}, t) r^2 dS,$$

donde la integral está extendida a todo el espacio S y C es la cantidad total de calor. Calculamos su derivada respecto del tiempo:

$$\frac{dR^2}{dt} = \frac{1}{C} \int_S \frac{\partial \varphi}{\partial t} r^2 dS = \frac{D}{C} \int_S \Delta \varphi r^2 dS.$$

Para calcular la última integral usaremos el teorema de Green:

$$\int_S (U \Delta V - V \Delta U) dS = \int_{\sigma} \left(U \frac{\partial V}{\partial n} - V \frac{\partial U}{\partial n} \right) d\sigma,$$

donde la integral está extendida a todo el espacio simplemente conexo encerrado en la superficie σ . En nuestro caso la superficie σ es la superficie exterior de la probeta que suponemos, por hipótesis, equivalente a la esfera del infinito. Tenemos entonces:

$$\int_S [\Delta \varphi \cdot r^2 - \varphi \Delta (r^2)] dS = \lim_{|\vec{r}| \rightarrow \infty} \int_{w=0}^{w=4\pi} \left(r^4 \frac{\partial \varphi}{\partial n} - \varphi r^3 \right) dw = 0,$$

donde $d\tau = dw r^2$ y dw es el elemento de ángulo sólido. Por lo tanto.

$$\int_S \Delta \varphi \cdot r^2 dS = \int_S \varphi \Delta (r^2) dS,$$

además:

$$\Delta (r^2) = \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) (x^2 + y^2 + z^2) = 6.$$

Entonces se tiene:

$$\frac{dR^2}{dt} = \frac{D}{C} \int_S \Delta \varphi \cdot r^2 dS = \frac{6 D}{C} \int_S \varphi dS = 6 D.$$

Tenemos entonces la ecuación diferencial:

$$\frac{dR^2}{dt} = 6 D,$$

integrando se tiene:

$$R^2 = R_0^2 + 6 Dt.$$

Si se toma $R_0^2 = 0$, entonces:

$$R^2 = 6 Dt.$$

Si u es la temperatura correspondiente a una esfera de radio R se tiene:

$$\frac{4}{3} R^3 u = \frac{4}{3} u_1 R_1^3.$$

Por lo tanto la evolución aproximada que buscamos será:

$$\frac{u}{u_1} = \frac{R_1^3}{R^3}, \quad R = \sqrt[3]{6 D t}.$$

En el caso del Aluminio se tiene:

$$D = \frac{k}{c \delta},$$

donde:

k = conductibilidad térmica (0,48 cal/grado \times cm \times seg),

c = calor específico a 18°C (0,21 cal/grado \times gramo),

δ = densidad a 18°C (2,7 gramos/cm³).

De donde:

$$D \simeq 0,30 \left[\frac{\text{cm}^2}{\text{seg}} \right].$$

Cabe hacer notar que tomando $R_0 = 0$, se ha calculado la evolución aproximada de una delta de Dirac de calor aplicada en el origen del tiempo. Si adoptamos para $R_1 = 10^{-2}$ cm, orden del tamaño de las zonas recristalizadas encontradas en (1), obtenemos:

$$\left\{ \begin{array}{l} t = \frac{R^2}{6 D} \simeq 0,5 R^2 \left[\frac{\text{seg}}{\text{cm}^2} \right], \\ \frac{u}{u_1} = \frac{R_1^3}{R^3} \simeq \frac{10^{-6} [\text{cm}^3]}{R^3}, \end{array} \right.$$

y podemos hacer la siguiente tabla:

R [cm]	t [seg]	u/u_1
10 ⁻²	5 \times 10 ⁻⁵	1
10 ⁻¹	5 \times 10 ⁻³	10 ⁻³
1	5 \times 10 ⁻¹	10 ⁻⁶

Como se ve es muy pequeño el tiempo en que la zona permanecería suficientemente caliente y del orden de 10^{-5} seg. Por lo tanto no son estos aumentos locales de temperatura los que intervienen en el fenómeno de recristalización, sino la "fuerza de recristalización". Si esto es así, puesto que esta fuerza es proporcional a la densidad de defectos y la estabilidad de ellos inversamente proporcional a la temperatura absoluta, podemos calcular aproximadamente la temperatura de "recristalización dinámica" para el caso del aluminio a partir de la del uranio. Tendríamos entonces:

$$\frac{T_{FU}}{T_{FAI}} = \frac{T_{RU}}{T_{RAI}}.$$

Luego:

$$T_{RAI} = \frac{T_{RU}}{T_{FU}} \cdot T_{FAI},$$

donde:

T_{RAI} : Temperatura de recristalización dinámica del Aluminio,

T_{RU} : Temperatura de recristalización dinámica del Uranio,

T_{FAI} : Temperatura de fusión del Aluminio,

T_{FU} : Temperatura de fusión del Uranio.

Tenemos entonces:

$$T_{RAI} = \frac{660 + 273}{1133 + 273} \times (20 + 273) [K] = \frac{933 \times 293 [K]}{1406} = 195 [K],$$

$$t_{RAI} = (195 - 273) [^{\circ}C] \simeq - 78 [^{\circ}C].$$

A temperatura ambiente Kittl y Sábato (2) han estudiado el Aluminio deformado por impacto obteniendo resultados negativos. Idénticos resultados han obtenido Kittl y Rodríguez (3). En el presente trabajo se estudia la deformación por impacto a temperaturas inferiores a la ambiente.

II. PREPARACION DE LAS PROBETAS Y TECNICAS
EXPERIMENTALES EMPLEADAS

El metal usado fue Aluminio de 99,99 % de pureza, preparándose probetas de 5 cm de largo, por 1,5 cm de ancho, por 3 mm de espesor. Estas muestras fueron preparadas por laminado y recocido siguiendo el método recomendado por Beck y sus colaboradores (4), obteniéndose finalmente un tamaño de grano homogéneo laminando 33 % y recociendo a 500° C media hora varias veces. Estas probetas fueron sumergidas en Nitrógeno líquido y luego deformadas 60 % en 10^{-v} seg, de idéntica manera a la que se usó con las probetas deformadas a temperatura ambiente por Kittl y Sábato (2). Inmediatamente luego de la deformación fueron sumergidas en agua a temperatura ambiente y luego pulidas electrolíticamente en el electrolito de Jacquet (5) (33 % de ácido perclórico y 67 % de anhídrido acético) a 25 Volts. en un baño refrigerante. La preparación metalográfica se hizo preparando una capa epitáxica modificando ligeramente el método de Lacombe (6), realizando una oxidación anódica de 1.5 amperes/dm² en una solución acuosa de SO₄H₂ al 5 % en volumen durante unos 30 a 60 segundos. La modificación consiste en realizar, antes de la oxidación anódica, un ataque de un minuto con un reactivov compuesto de 48 % HNO₃, 50 % H₂O y 2 % HF cuyos efectos consisten (7) en atacar los bordes de grano y de subestructuras de deformación, luego de este ataque al realizar la oxidación anódica la tensión no debe aplicarse en forma brusca sino luego de unos minutos de ataque a 0,01 Amp/dm². Esto último sirve para evitar las picaduras. Una vez realizada la capa epitáxica la observación se realiza con un microscopio de iluminación oblicua, que permite observar muy bien los colores de interferencia producidos por la capa epitáxica transparente de Al₂O₃ de algunos micrones de espesor. Esta capa tiene un espesor variable con la orientación cristalográfica y los porcentajes de impurezas superficiales, que varían la resistencia eléctrica de la zona y por lo tanto la densidad de corriente y finalmente el espesor de la capa epitáxica producida. Se pueden identificar de esta manera en las zonas con subestructuras de deformación, ya descritas por Kittl y Sábato (2), las zonas posiblemente recrystalizadas.

De estas últimas zonas, de aproximadamente 0,3 mm de diámetro se tomaron diagramas de Laue en retrodifracción, utilizando un sis-

tema que garantiza que se irradia exactamente la zona de la probeta observada en el microscopio óptico.

Para esto, la zona a irradiar se selecciona en el microscopio cubriendo la superficie de la probeta con una finísima lámina de acero, la cual tiene un orificio de 0,3 mm de diámetro; este orificio se lleva a limitar la zona elegida y conseguido esto, se fija, siempre observando al microscopio, la lámina a la probeta. La lámina, ahora con la probeta solidaria a ella, se transporta a la cámara de Laue y se ajusta allí con un sistema tal que el haz de rayos X (proveniente de un tubo de microfoco y colimado hasta unos 0,3 mm de diámetro) incide exactamente sobre el orificio, bañando así la zona elegida. Los bordes de la zona irradiada están así perfectamente limitados; la fracción de rayos X que pudiera incidir en el borde del orificio queda prácticamente eliminada ya que el material de la lámina es tan finamente policristalino que la difracción en ella sólo da lugar a anillos difusos; tales anillos, si llegan a aparecer en la película (en el caso presente no se detectaron), son perfectamente identificables.

RESULTADOS OBTENIDOS

La figura 1 muestra una zona con un claro aspecto de recristalización, en esta zona se han de limitado por círculos 1, 2, 3, 4, 5 lugares donde se han tomado diagramas de rayos X. Los granos 1, 2, 3, 4 están ampliados en las figuras 2, 3, 4 y 5, y sus respectivos diagramas en las figuras 5, 6, 7, 8. De la zona 5, donde no aparecen metalográficamente gérmenes de recristalización se tomó el diagrama 9. Como se observa en las respectivas figuras las zonas recristalizadas se destacan bastante entre las zonas deformadas ya descritas por Kittl y Sábato. Los diagramas de estas zonas están compuestos de anillos y puntos, los anillos corresponden a la contribución de la parte deformada y los puntos a la zona recristalizada rodeada de una zona deformada.

DISCUSION DE LOS RESULTADOS

La correspondencia entre los diagramas de rayos X y la metalografía no deja dudas de que las zonas identificadas como recristalizadas en la metalografía lo están realmente. La comparación entre los resultados obtenidos por Kittl y Sábato (2), deformando por im-

pacto a temperatura ambiente y los obtenidos en el presente trabajo indican que esta recristalización por impacto no se produce a temperatura ambiente y sí se produce a bajas temperaturas. Este hecho confirma la idea que la recristalización producida por deformaciones rápidas no proviene de aumentos locales de temperaturas, sino debido a que la velocidad de formación de defectos es suficientemente grande respecto de su velocidad de aniquilación, como para formar una atmósfera de defectos donde un germen de recristalización puede formarse y crecer muy rápidamente. Este crecimiento debe realizarse antes de que la atmósfera de defectos se aniquile produciendo calor, y dejando un pequeño remanente que en general implica un aumento de energía interna de un orden no mayor al 5 % de la energía total disipada durante el impacto. De los presentes experimentos no puede deducirse si la recristalización ocurre durante la deformación rápida o en los instantes posteriores antes y después de que la probeta adquiriera la temperatura ambiente.

AGRADECIMIENTOS

Al señor Raúl Alvarez por haber realizado el trabajo fotográfico.

BIBLIOGRAFIA

1. Sabato, J. A. y Cahn, R. W. ; *J. Nucl. Mat.*, 3, 115 (1961).
2. Kittl, P. y Sabato, J. A. ; *Appl. Mat. Research*, 1, 117-119. (1963).
3. Kittl, P. y Rodríguez, G. ; *J. Int. Metals*, 91, 284 (1963).
4. Beck, P. A., Kremer, J., Demer, L. J. y Holzworth, M. L. ; *Trans. Amer. Inst. min (metall.) Engrs.* 175, 372 (1948).
5. Jacquet, P. A. ; *Rev. Met.*, 1 (2), 157 (1956).
6. Lacombe, P. y Mouflard, M. ; *Métaux, Corrosión Industries*, N° 340 (1953).
7. Barceló, C., Kittl, P. y Rodríguez, G. ; *Sixth International Congress for Electron Microscopy*, 1, 301, Kyoto 1966.

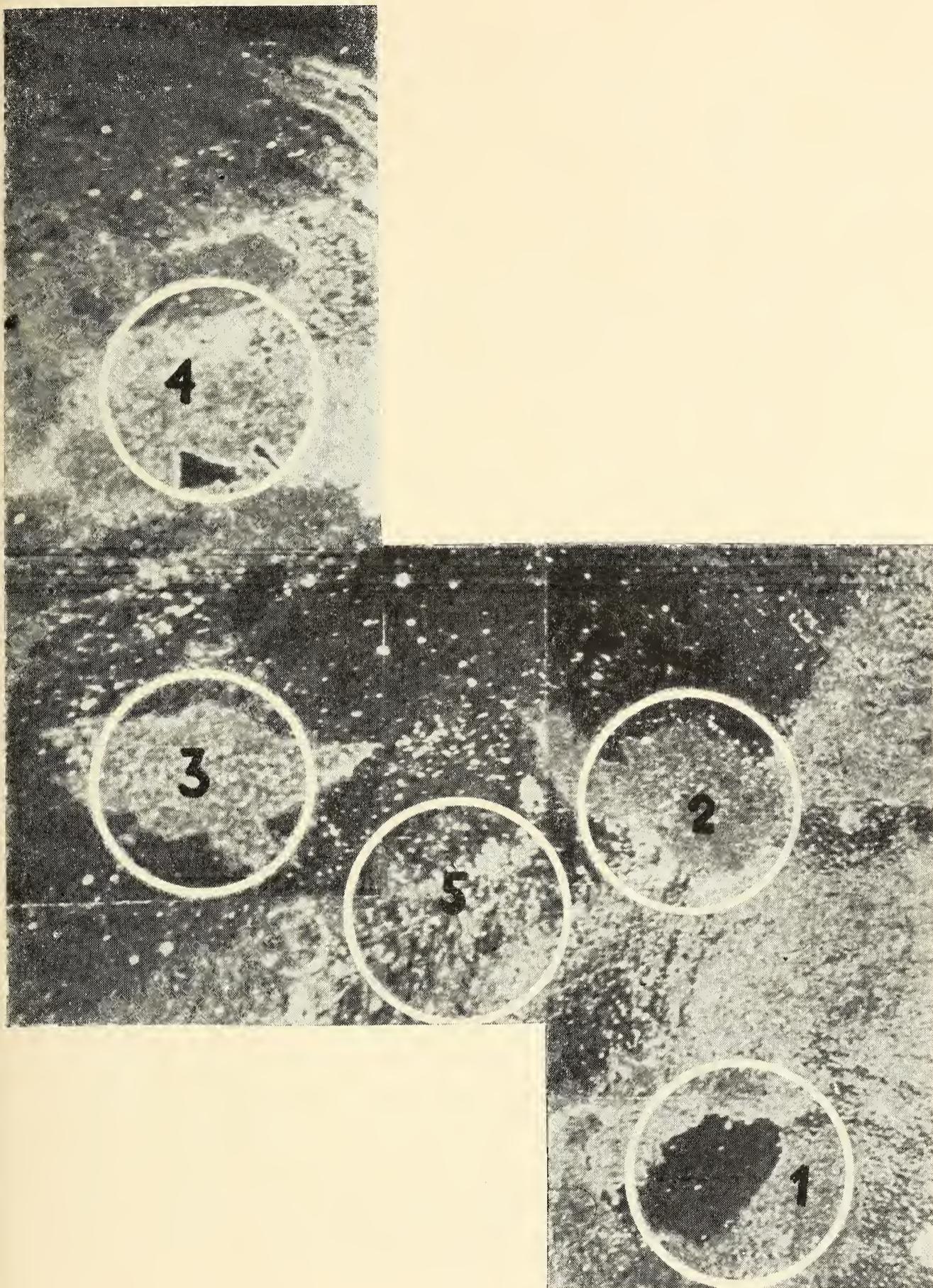


Fig. 1. — Zona de una probeta deformada por impacto a baja temperatura, que muestra cuatro zonas con recrystalización (1, 2, 3 y 4) y una sin recrystalización (5), donde se tomaron diagramas de rayos X. Capa epixática, fondo oscuro 65 X.

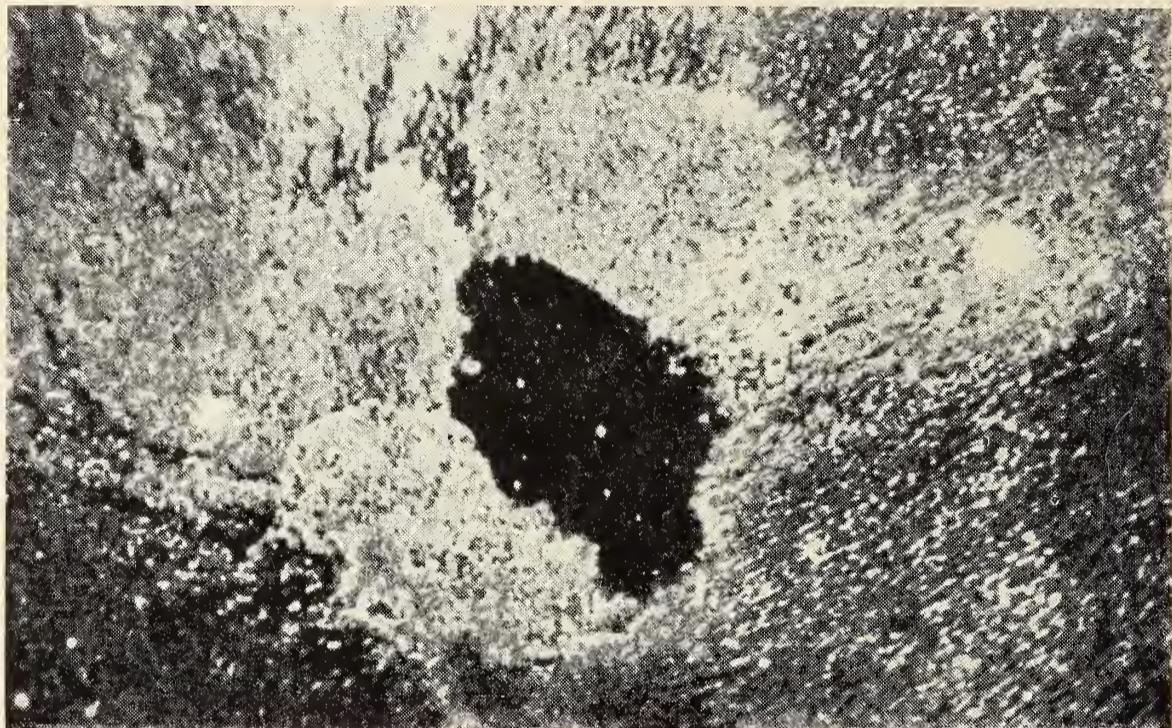


Fig. 2. — Ampliación de la zona (1) de la Fig. 1. 70 ×

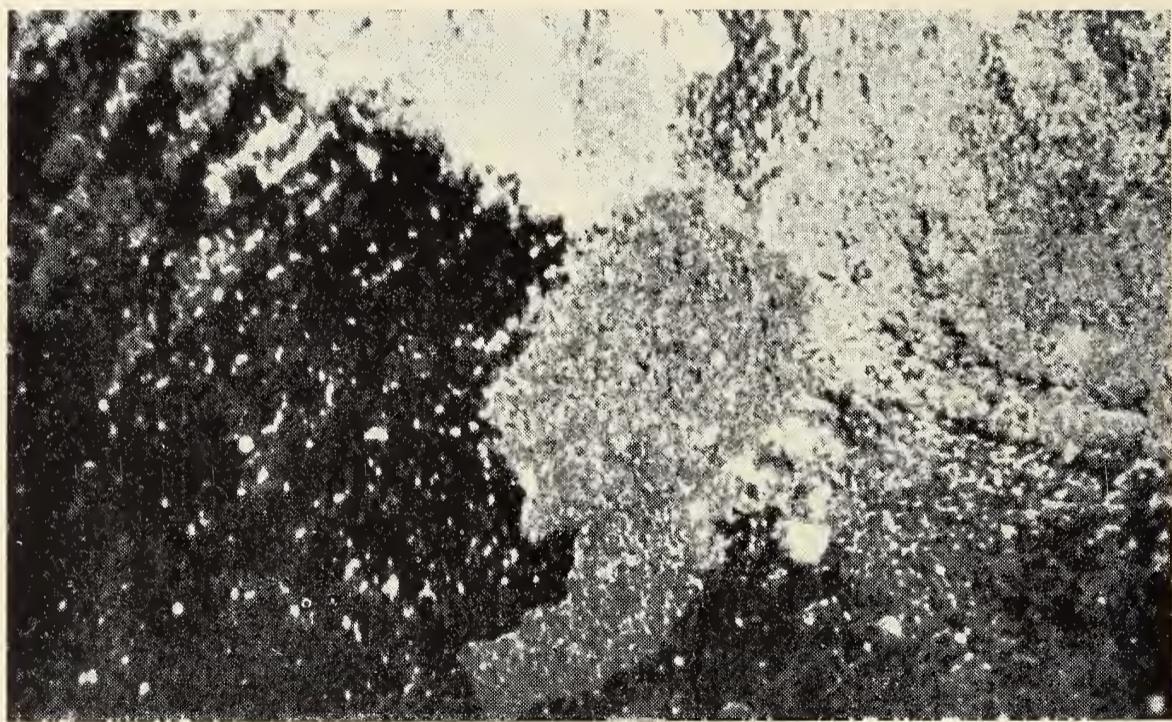


Fig. 3. — Ampliación de la zona (2) de la Fig. 1. 70 ×

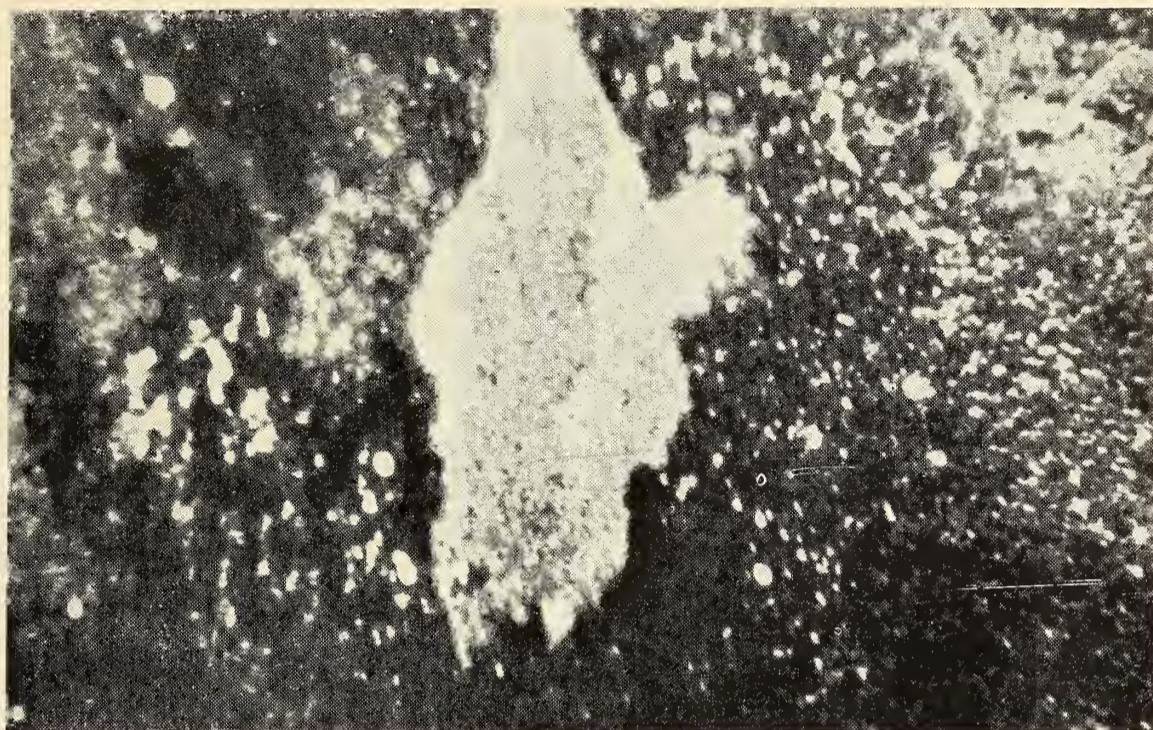


Fig. 4. — Ampliación de la zona (3) de la Fig. 1. 70 ×



Fig. 5. — Ampliación de la zona (4) de la Fig. 1. 70 ×



Fig. 6. — Diagrama de rayos X de la zona (1) de la Fig. 1, con anillos y puntos

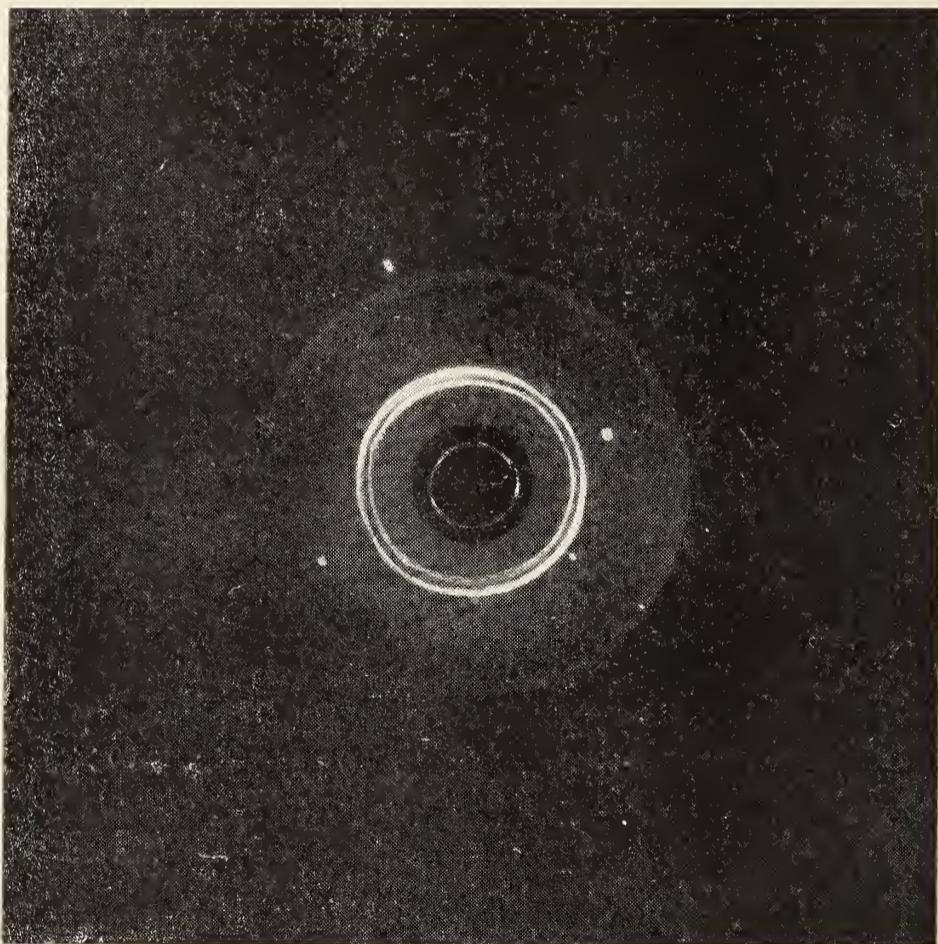


Fig. 7. — Diagrama de rayos X de la zona (2) de la Fig. 1, con anillos y puntos

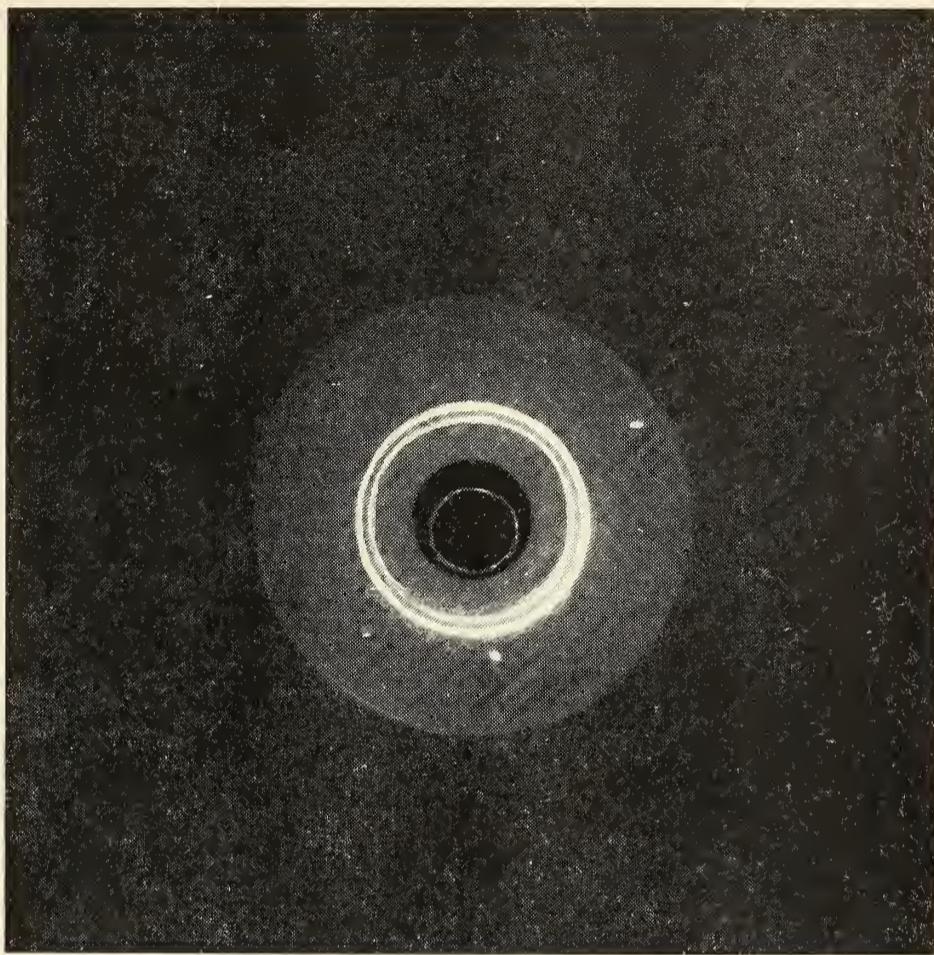


Fig. 8. — Diagrama de rayos X de la zona (3) de la Fig. 1, con anillos y puntos

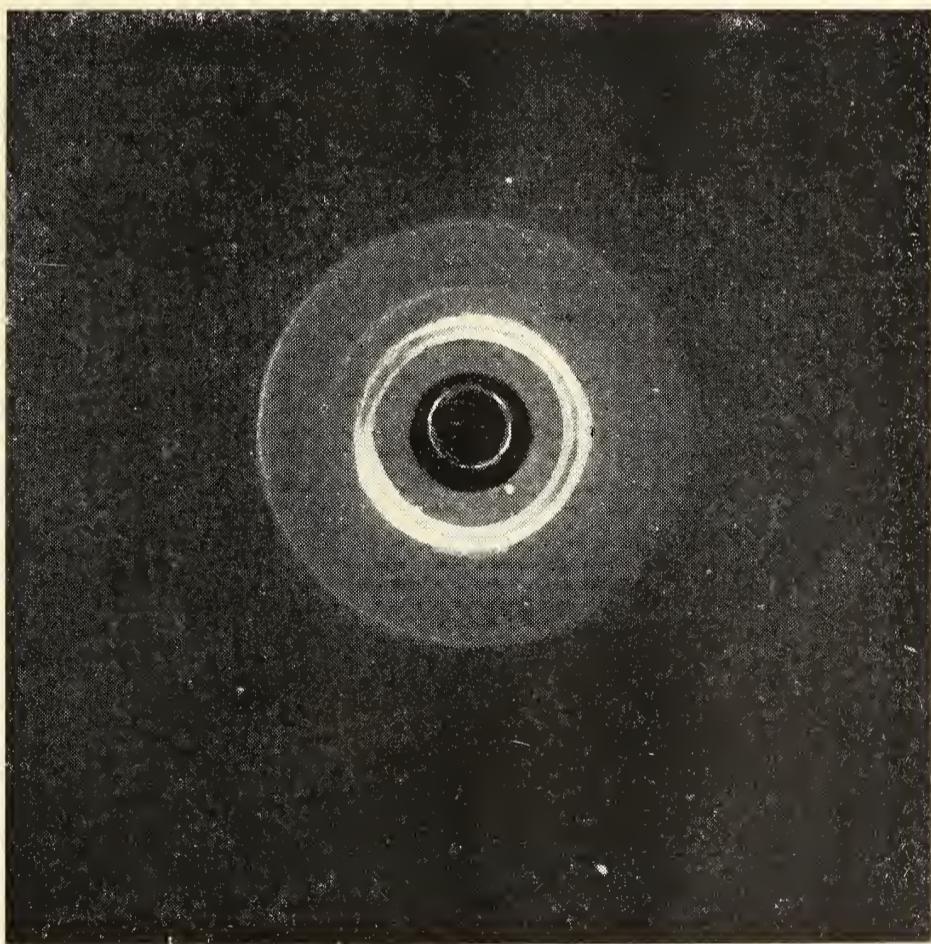


Fig. 9. — Diagrama de rayos X de la zona (4) de la Fig. 1, con anillos y puntos



Fig. 10. — Diagrama de rayos X de la zona (5) de la Fig. 1, solamente con arcos de anillos

MASA GRAVITACIONAL Y ESTABILIDAD RELATIVISTA *

POR J. L. SERSIC

Observatorio Astronómico, Córdoba, CNICT, Buenos Aires

RESUMEN

Se demuestra que la masa gravitacional, tal como definida por Eddington y Clark ², crece siempre que la energía de acoplamiento disminuye. Este resultado es válido tanto para sistemas estacionarios como para sistemas inestables ($J'' \neq 0$) así como también para el límite relativista $|W| = c^2$.

ABSTRACT

Adopting Eddington and Clark's definition of gravitational mass it is proved that (1) — the expression is valid to $O(c^{-3})$, $\partial Mc^2 / \partial E^B$ is always negative, including the relativistic limit $|W| = Mc^2$.

1. MASA GRAVITACIONAL DE UN SISTEMA DE PARTICULAS

En su excelente monografía "Concepts of Mass", M. Jamner ⁽¹⁾ atribuye a Eddington y Clark ⁽²⁾ una de las definiciones más generales de masa gravitacional, dentro del contexto de la Relatividad General. En efecto, dichos autores definen la masa gravitacional de un sistema de partículas como "la masa M de una *partícula equivalente* que produce el mismo elemento de línea a grandes distancias". Entonces, si M^0 es la masa propia del sistema, T , W y $E^B = -T - W$ las energías cinéticas, potencial y de acoplamiento, J el momento polar de inercia, la expresión de M es ⁽²⁾

$$M = M^0 - E^B/c^2 + (1/2c^2) J'' \quad (1)$$

* Trabajo realizado con el apoyo del CNICT, Buenos Aires.

donde c es la velocidad de la luz, y J'' la aceleración del momento de inercia J . La ecuación (1) es correcta hasta los términos de orden c^{-2} , demostraremos a continuación que esta definición es válida hasta los términos de orden c^{-3} , mediante una adecuada definición del baricentro.

Sea m_i^0 y r_i la masa propia y el vector posición de la i -ésima partícula, este último referido a un sistema en reposo respecto del baricentro, pero suficientemente alejado como para considerar las distancias entre partículas $|r_i - r_j|$ de primer orden respecto de r_i . Sea además $\dot{r}_i = v_i$ la correspondiente velocidad y $\Phi(r_i)$ el potencial gravitatorio del sistema en r_i . La masa gravitacional "in situ" m_i' de m_i viene dada por (3)

$$m_i' = m_i^0 \frac{\sqrt{1 - g_{00}}}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} = m_i^0 \left[1 - \frac{\varepsilon_i^B}{c^2} + 0(c^{-4}) \right]$$

donde hemos puesto

$$\varepsilon_i^B = 1/2 v_i^2 + \Phi(r_i)$$

La masa gravitacional correspondiente a m_i^0 que se observa en el origen de coordenadas es, empero, diferente de m_i' ya que es preciso tomar en cuenta el retardo de la información gravitatoria producida por la distancia r_i . Debemos entonces calcular el valor retardado de m_i' , que según la fórmula dada por Eddington (4) para el cálculo de cantidades retardadas, se escribe, conservando los términos de orden c^{-3} ,

$$m_i = m_i^0 (1 - v_i/c) - m_i^0 \varepsilon_i^B/c^2 \cdot (1 - v_i/c) + \\ + m_i^B (d_2 r_i^2/dt^2) / 2 c^2 \cdot (1 - v_i/c) + 0(c^{-4})$$

La masa gravitacional del sistema, detectada en el origen de coordenadas, resulta ser ahora $M = \Sigma m_i$, de modo que tenemos

$$M = M^0 - E^B/c^2 + J''/3 c^2 + 0(c^{-4}) \quad (1)$$

si definimos las coordenadas del baricentro por medio de

$$r = \Sigma m_i^0 (1 - \varepsilon_i^B/c^2 + d^2 r_i^2/2 c^2 dt^2) r_i$$

lo que en una notación menos detallada, pero más expresiva, se escribe

$$r = \sum r_i dm_i$$

El baricentro así definido corresponde a la distribución de masas tal como observada desde el origen, lo que obviamente es operacionalmente mucho más simple. La (1) entonces resulta valedera hasta términos de $O(c^{-3})$ inclusive, como deseábamos demostrar.

Si por el contrario, levantáramos la restricción de reposo del baricentro respecto del origen de coordenadas, y suponemos que éste se mueve con velocidad V respecto de aquél, tendríamos

$$M/(1 - V/c) = M_0 - E^B/c^2 + J''/2c^2 + O(c^{-4})$$

una expresión que muestra la fuerte dependencia de M sobre la velocidad relativa del observador. Esta fórmula es de utilidad en cosmología, donde es inevitable la consideración de la velocidad de expansión del universo. La providencia de Eddington y Clark de elegir el observador en reposo respecto del sistema es ahora evidente en toda su importancia.

En resumen, la extensión de la fórmula de Eddington y Clark (2) hasta términos de orden c^{-3} no modifica su forma siempre que se defina adecuadamente la posición del baricentro. En caso de movimiento relativo entre el observador y el sistema, la masa gravitacional depende de la velocidad mutua V pudiendo llegar a anularse en el límite $V = c$, evidenciando la existencia de un "horizonte" gravitacional, más allá del cual es imposible recibir información física del resto del Universo.

2. VINCULACION ENTRE LA MASA GRAVITACIONAL Y LA ENERGIA DE ACOPLAMIENTO

La gran importancia de la definición (1) de masa gravitacional estriba en el término de la aceleración del momento de inercia, $J''/2c^2$. En efecto, este proviene de la diferencia de potenciales retardados al arribar al observador, como consecuencia de la extensión finita del sistema considerado. Si éste se encontrase en estado estacionario J'' se anularía en media y tendríamos simplemente

$$M = M^0 = E^B/c^2$$

la definición habitual de masa gravitacional para un sistema estacionario (5). El sencillo vínculo entre M y E^B que implica la relación precedente puede escribirse como

$$\partial M c^2 / \partial E^B = -1 \quad (2)$$

y es posible afirmar sin ambigüedades que la masa gravitacional de un sistema estacionario crece con la disminución de su energía de acoplamiento.

¿Cuál es entonces la situación para un sistema no estacionario? La (1) no permite a primera vista, inferir la dependencia de \bar{M}

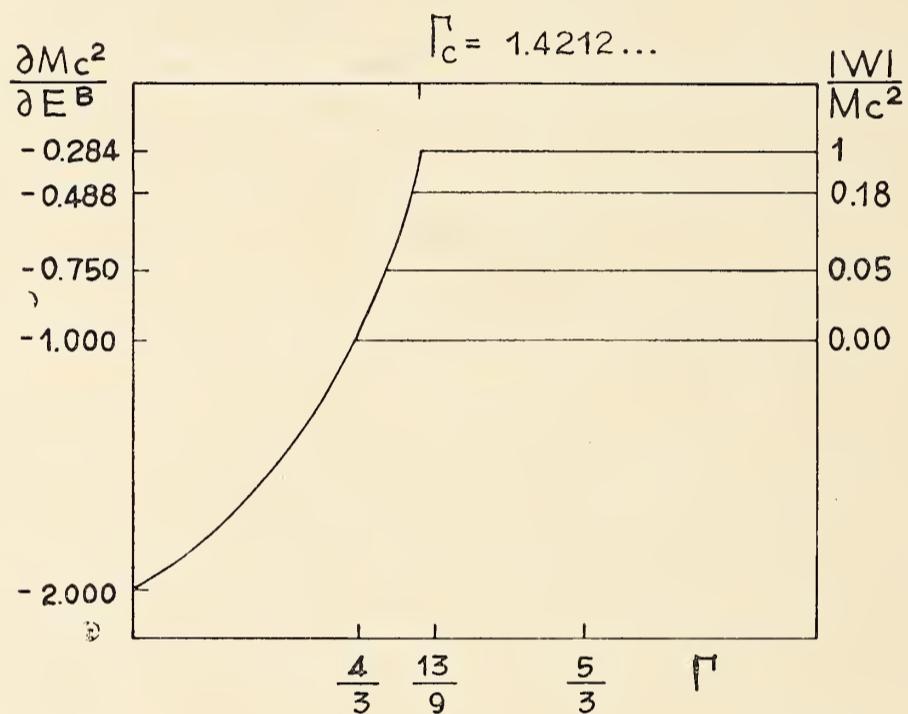


Fig. 1. -- Relación entre $\frac{\partial M c^2}{\partial E^B}$ y Γ para distintos valores de $|W| / M c^2$

respecto de E^B debido al término de J'' , ahora distinto de cero por hipótesis. Tal es el problema que encaramos en la presente sección.

Recordemos la ecuación $(1/2) J'' = 2T + W$ y la definición de $E^B = -T - W$, e introduzcamos el "coeficiente adiabático".

$$\Gamma = 1 - (2/3) \partial T / \partial W$$

donde la variación

$$\partial W = \delta' W + (2 W / M) \delta M$$

involucra la variación $\delta' W$ dependiente de las coordenadas y un

segundo término dependiente de la variación de la masa gravitacional al ser perturbado el sistema. Ahora tendremos, tanto para δMc^2 como para δE^B , las siguientes expresiones:

$$\partial Mc^2 = (1/2) (13 - 9 \Gamma) \partial W \quad \text{y} \quad - \partial E^B = (1/2) (5 - 3 \Gamma) \partial W$$

después de recurrir a (1) y la definición de E^B . La análoga de (2) se escribe ahora

$$\partial Mc^2 / \partial E^B = - (13 - 9 \Gamma) / (5 - 3 \Gamma) \quad (3)$$

para los sistemas con J'' diferente de cero.

La (3) muestra que en la frontera de estabilidad, $\Gamma_0 = 4/3$, se tiene

$$(\partial Mc^2 / \partial E^B) \Gamma_0 = - 1$$

y que, en general, para todo

$$\Gamma < 13/9 \quad \text{se tiene} \quad (\partial Mc^2 / \partial E^B) < 0$$

Los resultados precedentes aseguran el aumento de la masa gravitacional con la disminución de la energía de acoplamiento, tal como sucede en (2) para los sistemas estacionarios. Sin embargo esto sólo es válido para sistemas tales que $|W| \ll Mc^2$, pues, como veremos en la sección siguiente, $\Gamma_c > 4/3$ para el caso relativista $|W| \simeq Mc^2$, y entonces resulta preciso demostrar que aun en ese límite se mantiene la relación

$$(\partial Mc^2 / \partial E^B) < 0$$

3. ESTABILIDAD EN CONDICIONES RELATIVISTAS

Calcularemos en esta sección la frecuencia de pulsación del modo fundamental de nuestro sistema de puntos materiales, sometiendo a una perturbación de la forma

$$\partial r / r = \xi \exp(i \lambda t)$$

en las coordenadas. Está claro que las variaciones no importan variaciones en la masa como en la sección precedente, sino que se

trata de perturbaciones lagrangianas. La teoría de este método es bien conocida (6), de suerte que nos limitaremos a escribir aquí la expresión final de la frecuencia fundamental en función de los parámetros integrales J , W y sus variaciones:

$$\lambda^2 = \delta' J \cdot W / 2 \delta' W \cdot J$$

donde el operador δ' implica variaciones lagrangianas. Como Γ ha sido definido en términos de las variaciones más generales δ (ver sec. precedente), es menester eliminar $\delta' J''$ y $\delta' W$ mediante el empleo reiterado de la ecuación virial, la relación entre $\delta' W$ y la expresión de δM dadas más arriba. Así tenemos:

$$\delta' J'' / 2 \delta' W = 1 + 2 (\partial T / \partial W) \cdot (\delta W / \delta' W) = 1 + 3 (1 - \Gamma) (\delta W / \delta' W)$$

$$\delta W / \delta' W = 1 + 2 (W / Mc^2) \cdot (\delta M / \delta' W) = 1 + (W / Mc^2) (13 - 9 \Gamma) + \dots$$

y la frecuencia propia del sistema resulta finalmente

$$\lambda^2 = - (W/J) (3 \Gamma - 4 + 3 (1 - \Gamma) (9 \Gamma - 13) (W/Mc^2) + \dots)$$

La frontera de estabilidad está dada entonces por la condición $\lambda^2 = 0$, ó sea que el valor crítico de Γ se modifica a

$$\Gamma_c = 4/3 + (\Gamma_c - 1) (9 \Gamma_c - 13) (W/Mc^2)$$

ó bien, expresado de otro modo,

$$W/Mc^2 = \left(\Gamma_c = \frac{4}{3} \right) / (\Gamma_c - 1) \cdot (9 \Gamma_c - 13)$$

Una expresión análoga a aquella encontrada por S. Chandrashekar (7) a través de una vía diferente. El máximo valor admisible para $|W|$ es Mc^2 , lo que permite calcular el máximo valor de Γ_c , el que resulta igual a $\Gamma_c (\max) = 1.4212$. La figura permite apreciar las condiciones de estabilidad del sistema en las condiciones estudiadas. Si no imperan condiciones relativistas, $\Gamma_c = 4/3$ y tendremos que vale (4). Si por el contrario $|W|$ crece y se aproxima a Mc^2 el sistema se encontrará en condiciones relativistas, Γ_c será mayor que $4/3$, pero dado el límite superior para $|W|$ no sobrepasa el valor 1.4212 y por consiguiente

$$\partial M_c^2 / \partial E^B \leq - 0.284 \quad \text{para todo} \quad \Gamma_c \leq 1.4212$$

Queda así demostrado que la masa gravitacional crece siempre al disminuir la energía de acoplamiento, aun en caso de sistemas no estacionarios (figura 1).

BIBLIOGRAFIA

1. Jammer, M. ; « Concepts of Mass », p. 209, 1962 ; Harvard U. Press.
2. Eddington A. S. y Clark, G. ; Proc. Roy. Soc. *A* 166, 465, 1938.
3. Landau, L. y Lifchitz ; « Theorie du Champ », p. 342, Ed. de la Paix, 1968.
4. Eddington, A. S. ; The Mathematical Theory of Relativity, p. 249, 1960 ; Cambridge U. Press.
5. Fowler, W. ; « Quasi-Stellar R. S. and Gravitational Collapse », p. 51, 1965 ; Chicago U. Press.
6. Ledoux P. ; Mem. Soc. Roy. Sci, Liege, 9, 1949.
7. Chandrasekhar ; Astrophys. J. 140, 417, 1964.

EL ACIDO BARBITURICO EN LA VALORACION DE ALDEHIDOS

Por ADOLFO LEANDRO MONTES *

RESUMEN

Se comprobó la reacción del ácido barbitúrico con diversos aldehidos y se la aplicó, asimismo, a la valoración de citral, furfuraldehido y vainillina en productos diferentes, con éxito.

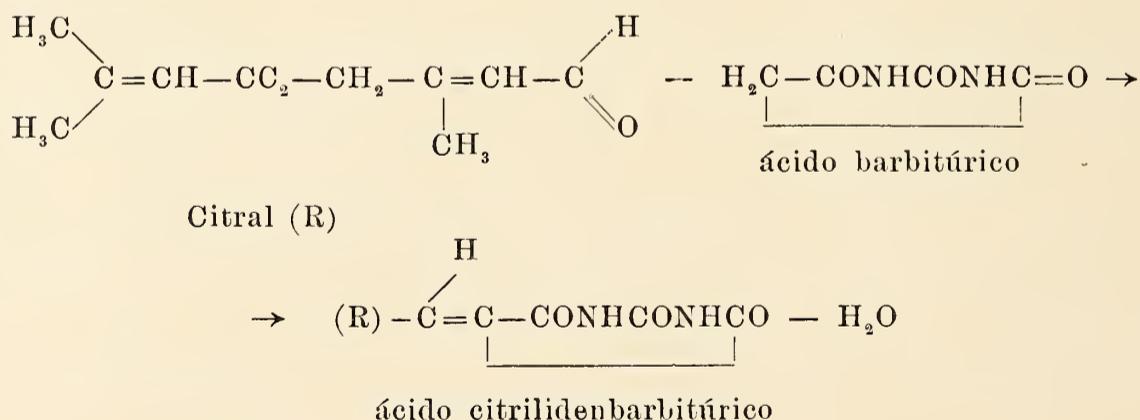
ABSTRACT

The reaction between barbituric acid and several aldehydes was tested. It was also successfully applied to the valuation of citral, furfuraldehyde and vanillin in different products.

Diversos investigadores han propuesto el empleo del ácido barbitúrico como reactivo para aldehídos, aplicable a la valoración del citral en productos aromáticos y del furfural proveniente de pentosanos de harinas.

Se destacaron en la aplicación para valorar citral en esencias cítricas Leo Levi y sus colaboradores (1-4). La aplicación para valorar furfural proveniente de los pentosanos en harinas se remonta a 1903 (5).

La reacción que fundamenta la valoración de los aldehídos, ejemplarizada para el citral, es:



* Lab. de Bromatología, Dpto. Química Orgánica, Fac. C. E. y N.

Los derivados obtenidos acusan absorción en el ultravioleta con máximo a determinada longitud de onda, según el aldehído. Para el citral el máximo, según L. Levi se registra a 336 milimu ($E_{\text{máx.}}^{\text{EtOH}}$ 25.325) y la reacción se cumple en un $97,7\% \pm 0,9$.

Para la valoración del citral en esencias cítricas Leo Levi emplea el siguiente procedimiento:

Reactivos: Solución hidroalcohólica de ácido barbitúrico (1,0 g del ácido puro en 20 ml de agua, se calienta hasta disolución y diluye en matraz de 100 ml hasta el enrase con alcohol de 95° , mezclando bien).

Gráfico de calibración: en 6 matraces de 25 ml se colocan respectivamente 10, 15, 20, 25, 30 y 35 mg de citral (puede ser a partir de solución "madre" que contenga 300 mg/25 ml) y se lleva a volumen con el reactivo. Se deja por 40 minutos a 25°C ; se toma entonces 1,0 ml de cada matraz y se lo pone en un matraz de 200 ml que contenga 100 ml de alcohol de 95° y luego lleva a enrase con alcohol.

Se mide la absorción a 336 milimu contra un "blanco" preparado con 1,0 ml del reactivo en 200 ml de alcohol de 95° .

Análisis: Se pesa una cantidad adecuada de muestra y prepara una dilución con alcohol de 95° . Se toman alicuotas y procede como con las soluciones "patrón" de citral, haciendo primero la reacción en los matracillos de 25 ml y luego de mantener los 40 minutos a 25°C se diluye 1,0 ml de cada uno 200 ml con alcohol. Se determinan las absorciones a 336 milimu y descuentan las correspondientes a soluciones del aceite que se analiza en alcohol.

Con los datos obtenidos se puede buscar la concentración de citral correspondiente en la curva de calibración. Se debe determinar asimismo la pureza del citral empleado (método de Bryant and Smith).

Antes de aplicar este método se comprobó si realmente la metilheptenona (podría ser un interferente importante en las esencias de lemongrass) no reacciona con el ácido barbitúrico, como asegura Leo Levi. Se purificó por destilación metilheptenona T. Schuchardt y se efectuó el ensayo usando distintas diluciones. Empleando solución al 2% se obtuvo reacción acusando el espectro de absorción un máximo de absorción a 345 milimu (lo mismo que para el

citral en nuestro aparato Zeiss). Teniendo en cuenta las diluciones usadas y la concentración de la solución de la cetona se encontró que si bien acusa reacción positiva, la sensibilidad es unas 200 veces inferior que para el citral y en consecuencia no constituye un interferencia a tener en cuenta.

Se ha introducido una modificación en la técnica de Leo Levi para usar menor cantidad de reactivo y de alcohol, logrando igual sensibilidad y precisión. El procedimiento a seguir es el siguiente:

En matracillos aforados de 10 ml se colocan respectivamente 1,0 - 2,0 - 3,0 y 4,0 ml de solución al 0,2 por mil de citral puro (cuya concentración se haya determinado por el método de Bryant y Smith); se completa a volumen con el reactivo (preparado según L. Levi) y deja por 40 minutos a 25° C (A). De los matraces mencionados se toma, de c/u, 1,0 ml del producto de reacción y se lo coloca en un matraz de 25 ml donde se ha colocado previamente 15 ml de alcohol de 95°, se mezcla y enrasa con alcohol de 95° (B).

Se mide luego la absorción, a 345 milimú (o máximo que corresponde según el aparato usado) contra un "blanco" preparado con 1,0 ml del reactivo en 25 ml de alcohol de 95°.

Para tener resultados reproducibles es necesario controlar bien la temperatura y tiempo de reacción; de modo que, si no se dispone de un buen termóstato, es necesario preparar la curva de calibración para cada serie de determinaciones.

Absorción en el ultravioleta de las diluciones del producto de reacción Citral y AB

Longitud de onda m μ	Diluciones			
	Nº 1	Nº 2	Nº 3	Nº 4
320.....	0,072	0,143	0,190	0,248
5.....	0,080	0,163	0,317	0,285
30.....	0,085	0,178	0,238	0,312
5.....	0,092	0,186	0,265	0,345
6.....	0,094	0,198	0,270	0,353
40.....	0,102	0,212	0,293	0,382
5.....	0,106	0,218	0,322	0,398
350.....	0,103	0,212	0,202	0,386

Se transcriben en la tabla siguiente las absorciones correspondientes a las diluciones tomadas para trazar la curva de calibración (se usó un citral Bush que dio 95,05 % de pureza por el método de Bryant y Smith) ; las lecturas se hicieron 2 horas después de la dilución final.

Para esa curva por ejemplo, una muestra de lemongrass (obtenida de plantas cultivadas en la Estación experimental de INTA en Castelar) dio, usando solución al 0,2 por mil en etanol de 95° y tomando 2,0 y 4,0 ml de la solución:

Longitud de onda m μ	Dilución 1 2,0 ml	Dilución 4,0 ml
330.....	0,125	0,264
5.....	0,144	0,29
40.....	0,162	0,32
5.....	0,16	0,33
350.....	0,146	0,322

Corresponde al lemongrass un contenido de 76,8 por ciento de citral. Para esenciar de limón, dado su muy inferior contenido en citral es necesario preparar una solución más concentrada, del orden del 1 %. Para una esencia de limón nacional (cultivo de Salta por EYPAR) por ejemplo, se obtuvo un contenido en citral de 3,4 %. El método ha sido ampliamente aplicado por Leo Levi y colaboradores a esencias cítricas para valorar en ellas el citral, asegurando que no interfieren otros componentes carbonílicos. Usando el método modificado que se propone y construyendo la curva de calibración ubicando en abscisas los mcg de citral correspondientes a los volúmenes de solución patrón tomado para cada punto y en ordenadas las D determinadas a 345 milimu, el cálculo de citral en la muestra se hará de esta forma:

$$\text{Citral en g por cien: } \frac{a \times 25 \times 10 \times 100 \times 100}{1.000.000 \times b \times c} = \frac{25 a}{10 b . c}$$

siendo:

- a: Los mcg de citral que corresponde según la curva a la dilución elegida de la muestra
- b: ml de la dilución original de la muestra
- c: concentración de la muestra en g %.

Furfural: La reacción del ácido barbitúrico con el furfural es aun más sensible que para el citral (prácticamente el doble). Usando una solución de furfural recién destilado al 0,2 por mil en alcohol de 95° y empleando: 1,0 - 2,0 - 3,0 y 4,0 ml de la misma, que se llevaron en sendos matraces a 10 ml con el reactivo dejándolos en contacto por 40 minutos a 25° C; para finalmente diluir 1,0 ml de cada producto de reacción a 25 ml con alcohol de 95° se obtuvieron las siguientes absorciones en el ultravioleta.

**Absorción en el ultravioleta para productos de reacción
de furfural con ácido barbitúrico**

Longitud de onda m μ	Diluciones			
	N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
330.....	0,024	0,063	0,100	0,140
45.....	0,068	0,150	0,230	0,310
5.....	0,094	0,200	0,305	0,410
50.....	0,118	0,248	0,380	0,510
5.....	0,142	0,296	0,448	0,600
60.....	0,164	0,342	0,510	0,680
5.....	0,184	0,382	0,57	0,76
70.....	0,194	0,405	0,605	0,803
5.....	0,195	0,408	0,610	0,805
380.....	0,187	0,392	0,585	5,780

El método fue aplicado a la valoración de pentosanos en harinas y semolín de trigo, comparativamente con el método de la fluoroglucina y el de bromuro-bromato (6) sobre los destilados obtenidos por tratamiento a ebullición de la harina con ClH al 12,5 % en presencia de ClNa. Los datos obtenidos fueron:

Pentosanos con harina de trigo

Producto	Método de valoración		
	Ac. barbitúrico	Floroglucina	Br ⁻ + BrO ₃ ⁻
Harina 0000.....	2,46 %	2,57 %	2,50 %
» 000.....	2,56 »	2,94 »	2,77 »
» 00.....	2,67 »	3,03 »	3,78 »
» 0.....	2,70 »	3,04 »	2,78 »
Semolín.....	5,50 »	6,07 »	5,66 »

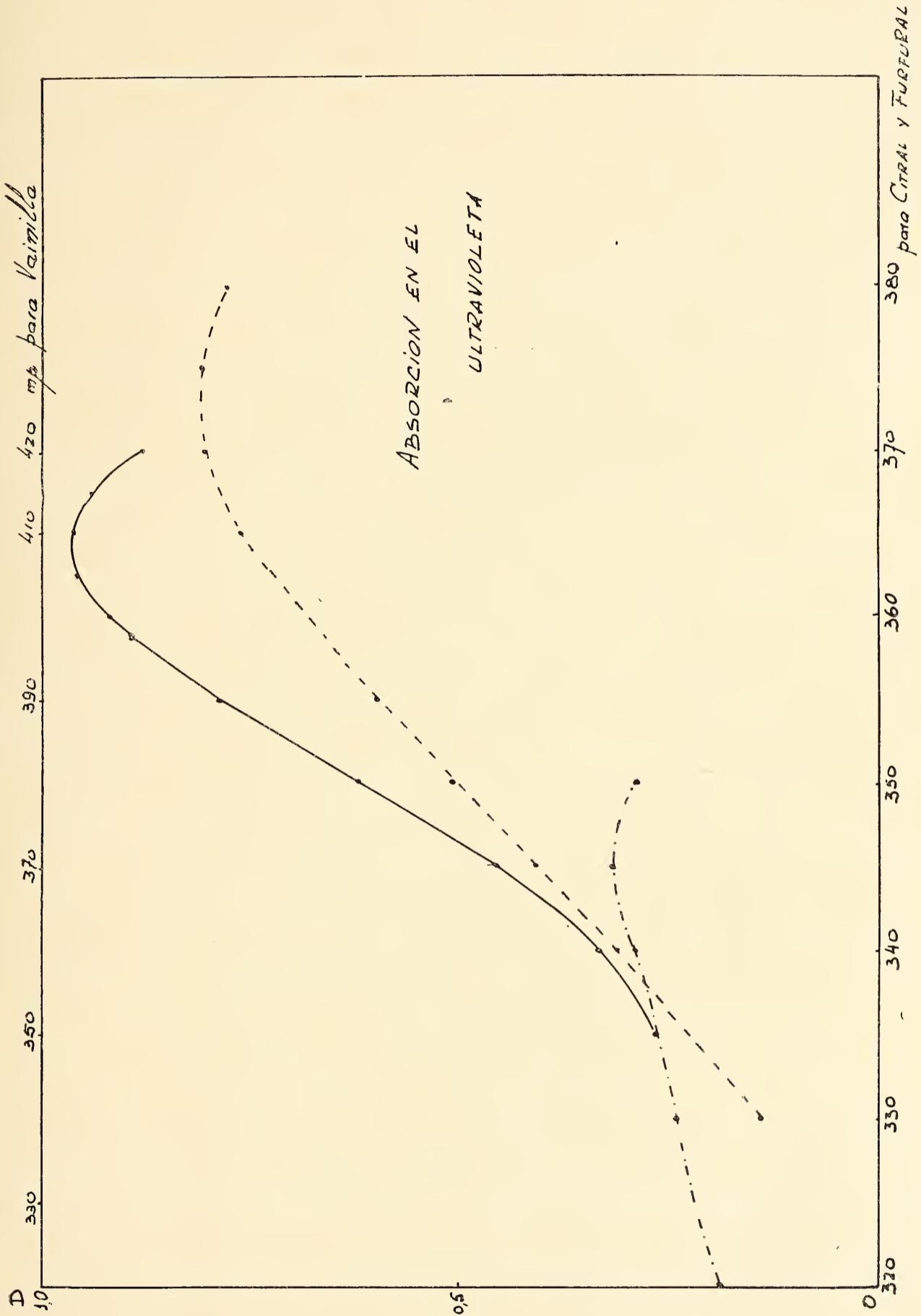


Figura I

Vainillina: La reacción del ácido barbitúrico con la vainillina es también muy sensible y del orden de la del citral. La absorción máxima del producto de la reacción se ha registrado a 410 milimu. Véase a continuación las curvas de absorción obtenidas entre 350 y 420 milimu con el equipo Zeiss PNQ II (donado por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina a la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales).

**Absorción en el ultravioleta de los productos de reacción
de vainillina con ácido barbitúrico**

Longitud de onda en m μ	Volúmenes tomados de solución 0,5 por mil de vainillina			
	1 ml	2 ml	3 ml	4 ml
350.....	0,090	0,172	0,260	0,338
60.....	0,114	0,220	0,335	0,432
70.....	0,160	0,300	0,456	0,592
80.....	0,217	0,410	0,620	0,800
90.....	0,275	0,520	0,790	1,040
400,,.....	0,318	0,604	0,920	1,200
5.....	0,330	0,640	0,960	1,250
10.....	0,334	0,642	0,962	1,280
5.....	0,326	0,620	0,942	1,260
420.....	0,307	0,582	0,882	1,160

Mezclas: Se ensayó la valoración individual de citral, furfural y vainillina en una mezcla de los tres aldehídos.

Se encontró que, si las proporciones en la mezcla, son aproximadamente iguales, se registran máximos de absorción en el ultravioleta intermedios entre los del furfural y la vainillina y no es posible calcular los componentes. Si en la mezcla predomina netamente (por lo menos 4:1) alguno de los aldehídos se observa bien su máximo en la curva de absorción; pero aplicando al cálculo la curva patrón del componente puro más ácido barbitúrico los resultados obtenidos no son exactos (altos para citral y furfural y bajos para vainillina). Además para el citral el máximo aparece corrido a 350 milimu y para la vainillina a 405 milimu, manteniéndose para el furfural a 375.

Absorciones para mezcla de citral, furfural y vainillina

Longitud de onda en m μ	Soluciones 0.2 por mil de citral y furfural y 0,5 por mil de vainillina		
	0,5 ml c/u	1,0 ml c/u	1,5 ml c/u
330.....	0,048	0,120	0,166
40.....	0,088	0,197	0,268
5.....	0,108	0,233	0,322
50.....	0,128	0,263	0,370
60.....	0,156	0,306	0,454
70.....	0,182	0,347	0,530
5.....	0,194	0,362	0,560
80.....	0,200	0,372	0,577
90.....	0,206 máximo	0,377	0,590
5.....	0,198	0,363	0,570
400.....	0,187	0,342	0,540
5.....	0,175	0,318	0,505
10.....	0,164	0,302	0,475
420.....	0,138	0,258	0,410

Absorciones para mezcla de soluciones de citral (0,2 ‰) furfural (0,2 ‰) y vainillina (0,5 ‰)

Longitud de onda m μ	ml 2 C, 0,5 F	ml 0,5 C, 2 F	ml 0,5 C, 0,5 F
	y 0,5 V	y 0,5 V	y 2 V
330.....	0,175	0,092	0,108
40.....	0,246	0,200	0,174
5.....	0,272	0,258	0,208
50.....	0,283	0,305	0,238
5.....	0,284 máx.	0,348	0,264
60.....	0,277	0,388	0,292
70.....	0,257	0,447	0,366
5.....	0,216	0,452 máx.	0,405
80.....	0,228	0,444	0,444
90.....	0,206	0,388	0,518
400.....	0,180	0,266	0,550
5.....	0,166	0,208	0,552 máx.
410.....	0,157	0,168	0,546
420.....	0,133	0,122	0,486

Mezcla de vainillina con cumarina: Se ensayó la aplicación de la reacción con ácido barbitúrico para valorar vainillina en mezclas con cumarina (por ejemplo en extractos de habas Tonka), valoración que constituye un problema analítico (7). El resultado fue satisfactorio, comprobándose que no interfiere la cumarina, aun presente en doble concentración que la vainillina. Se realizó el ensayo

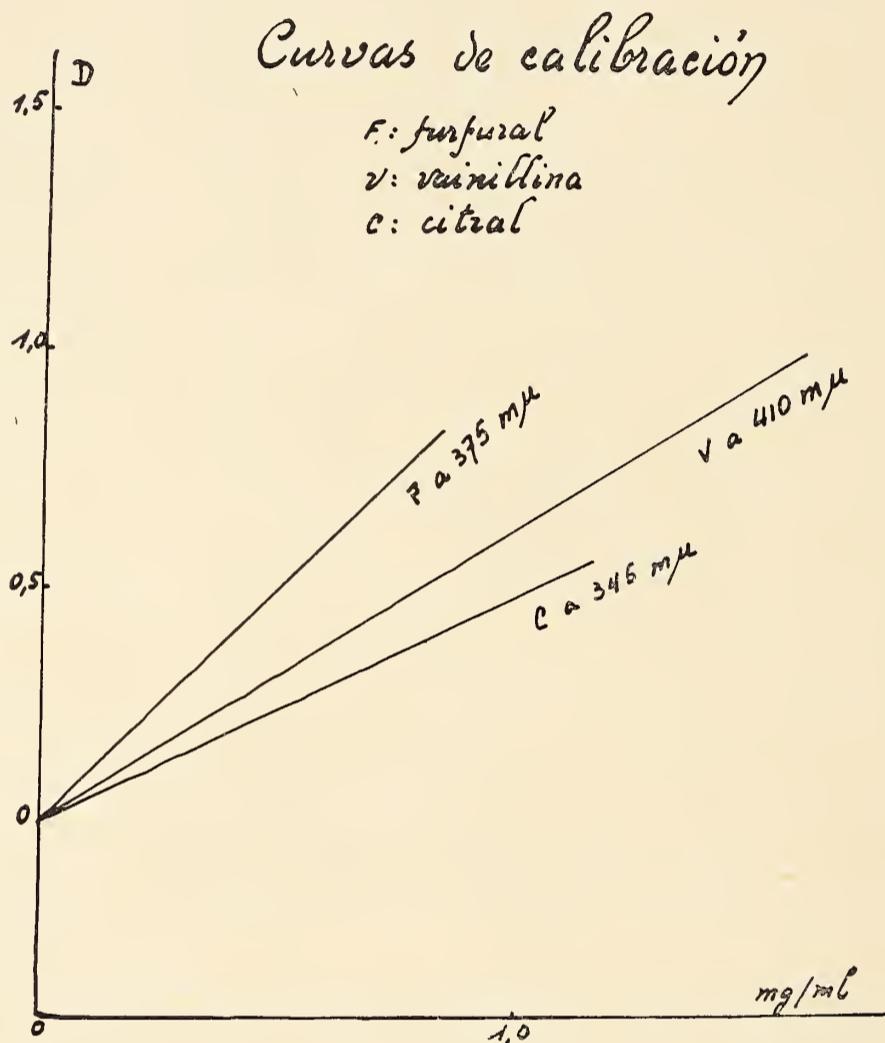


Figura 2

empleando soluciones de vainillina y de cumarina al 0,5 por mil en alcohol de 95°.

Salicilaldehído: se comprobó que reacciona bien con el ácido barbitúrico. Se empleó solución alcohólica al 0,5 ‰ y se verificó que la reacción es tan sensible como para la vainillina. El máximo de absorción se registró a 395 m μ .

Piperonal: Reacciona bien con el AB usando solución 0,5 ‰ del aldehído; la sensibilidad es algo menor que para la vainillina (de $\frac{1}{2}$ a $\frac{3}{4}$) y de máximo de absorción a 395 m μ .

Absorción de soluciones de vainillina y sus mezclas con solución de cumarina

Longitud de onda en m μ	1,0 ml vainillina	2,0 ml vainillina	1 ml V. y 1 ml Cum.	2 ml V. y 1 ml Cum.	1 ml V. y 2 ml Cum.
350.....	0,091	0,177	0,091	0,177	0,096
60.....	0,108	0,216	0,108	0,216	0,112
70.....	0,146	0,295	0,144	0,294	0,147
80.....	0,195	0,398	0,196	0,398	0,198
90.....	0,243	0,508	0,248	0,508	0,252
400.....	0,288	0,584	0,288	0,584	0,292
5.....	0,298	0,600	0,298	0,600	0,300
10.....	0,302 máx.	0,605	0,300	0,604	0,303
20.....	0,272	0,550	0,272	0,550	0,274
430.....	0,200	0,410	0,200	0,410	0,205

Cinamaldehído: Reacciona bien usando solución 0,5 ‰ y muestra tanta sensibilidad como la vainillina. El máximo se registró a 380 m μ .

o-metoxi-benzaldehído: reacciona bien usando solución al 0,5 ‰; la sensibilidad es algo menor que para la vainillina (de 1/2 a 1/6) y de máximo de absorción a 385 m μ .

Cuminaldehído: reacciona bien usando solución 1,0 ‰ y la sensibilidad resulta aproximadamente 1/10 de la vainillina y el máximo de absorción se registró a 350 m μ .

Benzaldehído: reacciona bien en solución 1,0 ‰ y la sensibilidad resulta aproximadamente 1/10 de la vainillina. Se registró máximo de absorción a 346 m μ .

Aldehído n-C₉: La sensibilidad de reacción es bastante menor que para la vainillina (aproximadamente 1/50). El máximo de absorción se registró a 335 m μ .

p-metoxi-acetofenona: Ensayado con solución al 2,0 ‰ prácticamente no acusa absorción entre 330 y 420 milimu.

Carvona: Ensayando con solución al 4,0 ‰ no acusó máximo de absorción entre 300 y 410 milimu.

Metil-acetano: Con solución al 1,0 ‰. No se registraron máximos entre 300 y 450 milimu.

DISCUSION

La reacción con ácido barbitúrico resulta de gran sensibilidad para los aldehídos en general y particularmente para los siguientes:

	Solución	Máximo de absorción
Citral.....	0,2 ‰	345 m μ
Furfural.....	0,2 »	375 »
Vainillina.....	0,5 »	410 »
Salicilaldehído.....	0,5 »	395 »
Cinamalaldehído.....	0,5 »	380 »
Piperonal.....	0,5 »	395 »
o-metoxibenzaldehído.....	0,5 »	385 »

constituyendo un buen método para su valoración cuando se encuentra solo alguno de esos aldehídos en un producto aromático, siendo necesario conducir simultáneamente la reacción con la solución "patrón" del aldehído correspondiente para trazar la curva de valoración.

En la valoración individual de los aldehídos mencionados pueden interferir también otros aldehídos bencénicos, tales como el benzaldehído y el cuminaldehído, aunque su absorción a igualdad de concentración es notablemente inferior según se ha informado anteriormente. Aldehídos alifáticos, como el normal en C₉, (aldehído nonílico) aunque dan la reacción lo hacen también con una sensibilidad notablemente menor (alrededor de 1/100); esto permite la valoración de citral en esencias de naranja (ver publicaciones de Leo Lavi).

Entre las cetonas ensayadas solamente ha dado reacción 1-2-metilhepten-6-ona, pero con una sensibilidad del orden de 1/100 a 1/200 a igual concentración que el citral, de modo que, prácticamente, no constituyen una interferencia en la valoración de éste.

Se vuelve a hacer hincapié en la necesidad de determinar la curva de valoración cada vez, con soluciones "patrón" del aldehído correspondiente.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados con distintos componentes carbonílicos presentes en productos aromáticos, demuestran que la reacción con ácido barbitúrico, conducida con la técnica de Leo Levi o la pro-

puesta en este trabajo, es muy sensible para los aldehidos en general, particularmente para el citral, el furfural, el cinamaldehido y los aldehidos fenólicos (vainillina, salicilaldehido, piperonal, orto-metoxi-benzaldehido), manifestándose con máximos de absorción los productos de la reacción, en la zona espectral comprendida entre 330 y 420 milimú, cuya longitud de onda varía según el aldehido reaccionante. Otros aldehidos bencénicos, como el benzaldehido y el cuminaldehido, dan la reacción con sensibilidad menor que los anteriores y los alifáticos lo hacen con sensibilidad notablemente menor, del orden de 1/100 con respecto a la vainillina.

Las cetonas, en general no presentan signos de reacción, salvo la metilheptenona, pero ésta lo hace con una sensibilidad muy baja (1/100 - 1/200 con respecto a la del citral).

La reacción con ácido barbitúrico es, en consecuencia y según se ha podido comprobar, aplicable a la valoración de los aldehidos antes mencionados en diversos productos en los que se encuentren libres de las interferencias señaladas y a la identificación de los mismos cuando presentan máximos de absorción diferentes.

BIBLIOGRAFIA

1. Levi, L. y Langhton, P. M. ; *Agric. & Food Chem* 7, 850 (1959).
2. Levi, L. & Yokoyama, F. ; *J. of Ass. Of Off. Chem.* 44, 535 (1961).
3. Levi, L., Acroth, J y otros ; *Ass. Of Off Chem.* 45, 475 (1962).
4. Laughton, P. M., Levi, L. & Skakum, W. ; *Agr. & Food Chem.* 10, 49 (1962).
5. Jäger, R. & Unger, K. ; *Berich. deut. chem. Ges.* 36, 1221 (1903).
6. Bates, F. J. y otros ; « *Polarimetry, Saccharimetry and the Sugers* » p. 245. Wash. 1942.
7. Montes, A. L. ; « *Analítica de los productos aromáticos* » INTA-Bs. Aires 1961, pág. 74.

EL MAGNETOMETRO « SPINNER » DE LA UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

POR JUAN F. VILAS Y DANIEL A. VALENCIO *

RESUMEN

La experiencia ha demostrado que el magnetómetro tipo « spinner » posee particulares ventajas operativas sobre el tipo astático, las que lo tornan adecuado para ser utilizado en laboratorios situados en centros urbanos.

En el presente trabajo se detallan las características del magnetómetro « spinner » construido para el Laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Buenos Aires. Es éste un instrumento de alto número de revoluciones (325 r. p. s.) y alta sensibilidad, con el que es posible medir una densidad de magnetización del orden de 10^{-5} u. e. m. por cm^3 . Se describe, además, el principio de operación del mismo, y se hace un análisis de los « ruidos » que pueden afectar su sensibilidad y de las técnicas que pueden emplearse para su atenuación.

SUMMARY

Experience has shown the operation advantages of magnetometers of the spinner type over the astatic kind, in particular for laboratories located in places of considerable magnetic noise level such as cities.

In this work we give the characteristics of a spinner type magnetometer, built for the Paleomagnetism Laboratory of Buenos Aires University. It is a high speed instrument (325 r. p. s.) and very sensitive, able to measure magnetization densities of 10^{-5} e. m. u. per cm^3 order. Its working principle is described ; also an analysis is made of noises that may affect sensitivity as well of techniques to reduce noise interference.

* Del Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires.

1. INTRODUCCION

En los últimos años el estudio del magnetismo remanente de las rocas que constituyen la corteza terrestre ha despertado un interés creciente en los investigadores relacionados con las Ciencias de la Tierra. Ello se debió entre otras causas, a los aportes de indiscutible valor que este tipo de estudio brindó a las investigaciones relacionadas: *a)* con el comportamiento del campo geomagnético en el pasado, y con la determinación de sus frecuentes reversiones de polaridad; *b)* con el desplazamiento o deriva de los continentes, que permitió reconstruir tentativamente en el tiempo, como y cuando este fenómeno tuvo lugar, y *c)* con el estudio de los mecanismos por los cuales los minerales magnéticos de las rocas adquieren los distintos tipos de magnetismo remanente conocidos.

Los laboratorios en los que se realizan estos estudios están equipados con instrumentos y aparatos especialmente contruidos para tal fin. Entre ellos, figuran en primera importancia los magnetómetros de alta sensibilidad, capaces de medir la dirección y la intensidad del magnetismo remanente presente en pequeñas muestras de rocas; al presente dos son los tipos de magnetómetros más aplicados a tal fin: los astáticos y los del tipo "spinner". Los primeros, de alta sensibilidad, tienen el inconveniente de que deben operar en lugares en que las perturbaciones del campo magnético ambiental sean mínimas, y por lo tanto no pueden ser instalados en los centros urbanos donde por lo general tienen asiento las Universidades o Instituciones dedicados a esta clase de investigaciones. Es por ello que el advenimiento del magnetómetro tipo "spinner", que puede operar aun en presencia de fuertes variaciones del campo magnético, constituyó un aporte de singular valor; éstos magnetómetros no alcanzan la alta sensibilidad de los astáticos, pero son capaces de medir el magnetismo remanente de la mayoría de las rocas utilizadas en los estudios Paleomagnéticos.

En la actualidad, en los distintos laboratorios dedicados a realizar estudios paleomagnéticos, se encuentran en operación magnetómetros del tipo "spinner" que basados en el mismo principio general de operación, de Sa, 1963; Helsley, 1967/1; y Thellier, 1967, utilizan diferentes mecanismos impulsores y distintos sistemas de medición; así puede encontrarse amplia información referente a magnetómetros tipo "spinner" en que la muestra de roca

cuyo magnetismo remanente se quiere medir es rotada sobre un eje, en Johnson y otros, 1948; Bruckshow y Robertson, 1948; Griffiths, 1955; Doell y Cox, 1967, etc. Sin embargo la mayoría ha preferido rotar la muestra a altas velocidades utilizando la turbina de aire comprimido descripta por Beams, 1938; al respecto merecen destacarse los trabajos publicados por Graham, 1955; Gouth, 1956, 1964, 1967; de Sa y Molineux, 1963; Molineux, 1967 y Helsley 1967/2.

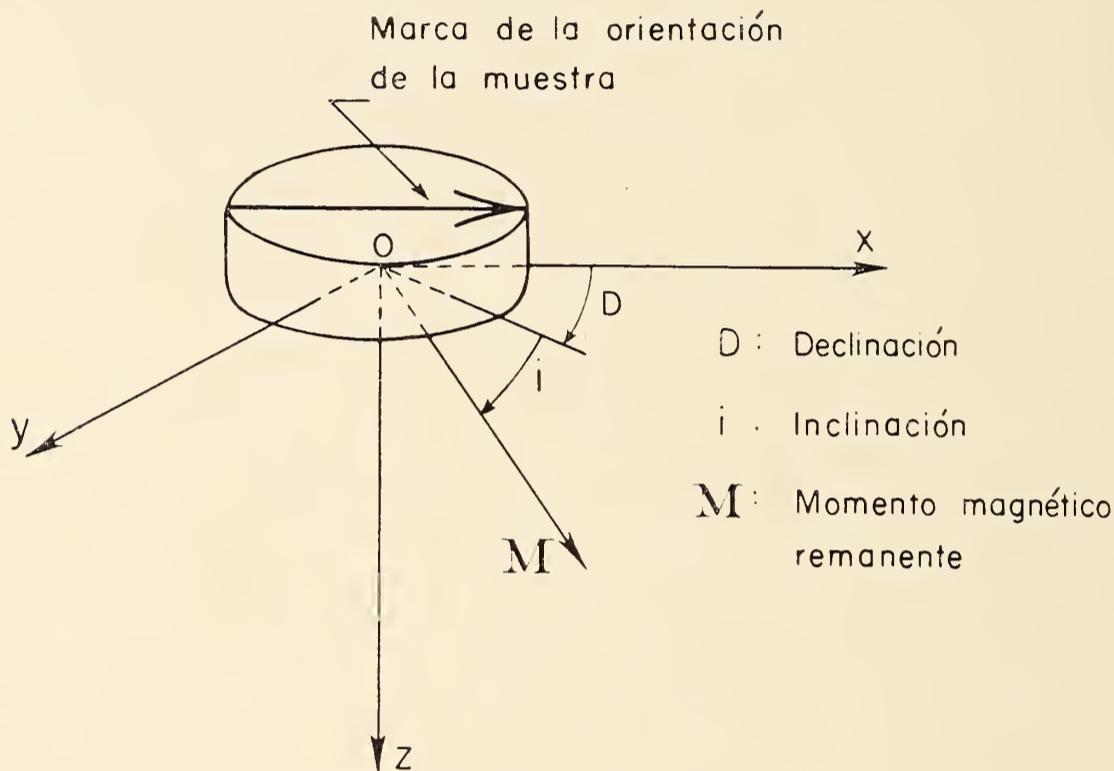


Fig. 1. — Muestra cilíndrica de una roca preparada para ser medida mostrando su marca original de orientación en el afloramiento, la terna ortogonal de ejes de simetría asociada y el vector representativo de su magnetismo remanente.

El presente trabajo tiene por objeto describir el principio de operación del magnetómetro "spinner" que posee el laboratorio de Paleomagnetismo de la Universidad de Buenos Aires, primer instrumento de este tipo que opera en América Latina, el que pudo ponerse en funcionamiento gracias a los aportes brindados, por el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires y el Departamento de Física de la Universidad de Newcastle upon Tyne, Inglaterra.

Este magnetómetro es capaz de medir muestras de rocas cuyas intensidades de magnetismo remanente oscilen entre 10^{-2} uem. cm^{-3} a 10^{-5} uem. cm^{-3} . Las muestras de rocas destinadas a ser uti-

lizadas en este instrumento son preparadas en forma que, conservando su marca original de orientación en el afloramiento de las que fueron extraídas, presenten una terna ortogonal de ejes de simetría, figura 1. Como puede observarse en esta figura, se ha adoptado utilizar muestras de forma cilíndrica, de 2,5 cm de diámetro y 1 cm de altura, pudiendo optarse por cilindros de menores dimensiones en el caso de muestras cuya magnetización remanente sea muy intensa. El magnetismo remanente de dicha muestra se lo considera representado por el vector \mathbf{M} , el que queda definido cuando son conocidas simultáneamente su módulo M , y los ángulos D e i .

2. PRINCIPIO DE OPERACION

El principio de operación de este magnetómetro consiste en hacer rotar a un número constante de revoluciones por segundo el cilindro de roca cuyo magnetismo remanente se quiere determinar, en el centro de simetría O de una bobina de forma circular B , figura 2. La muestra se rota según un eje vertical, el Z en el caso representado en la figura 2, el que está contenido en el plano δ de la bobina B , de forma tal que su marca de orientación original en el afloramiento coincida con una marca fiducial F . Bajo estas condiciones el momento magnético \mathbf{M} , representativo del magnetismo remanente de dicha muestra, por inducción dará origen a una diferencia de potencial senoidal en los bornes de la bobina cuya expresión es:

$$e_Q = -k \cdot M_{yx} \cdot \omega \cdot \cos(\omega t - \infty) = -E_Q \cdot \cos(\omega t - \infty) \quad (1)$$

donde M_{yx} es la proyección del momento dipolar \mathbf{M} sobre el plano xy perpendicular al eje de rotación Z ; ω es la frecuencia angular de rotación; k es una constante geométrica; t es el tiempo que empleó el punto A de la muestra situado a $\frac{1}{2} \pi$ respecto a la marca fiducial F , en ir en su rotación desde el eje X hasta la posición representada en la figura; y ∞ es el ángulo comprendido entre M_{yx} y la marca fiducial F , (o la flecha indicadora de la posición de la muestra en el campo), medido en el sentido contrario a las agujas del reloj. Asimismo, queda definido θ , ángulo que forma

M'_{yx} con la marca fiducial F medido en el sentido de giro de las agujas del reloj, cuyo valor es:

$$\Theta = 360 - \infty \quad (2)$$

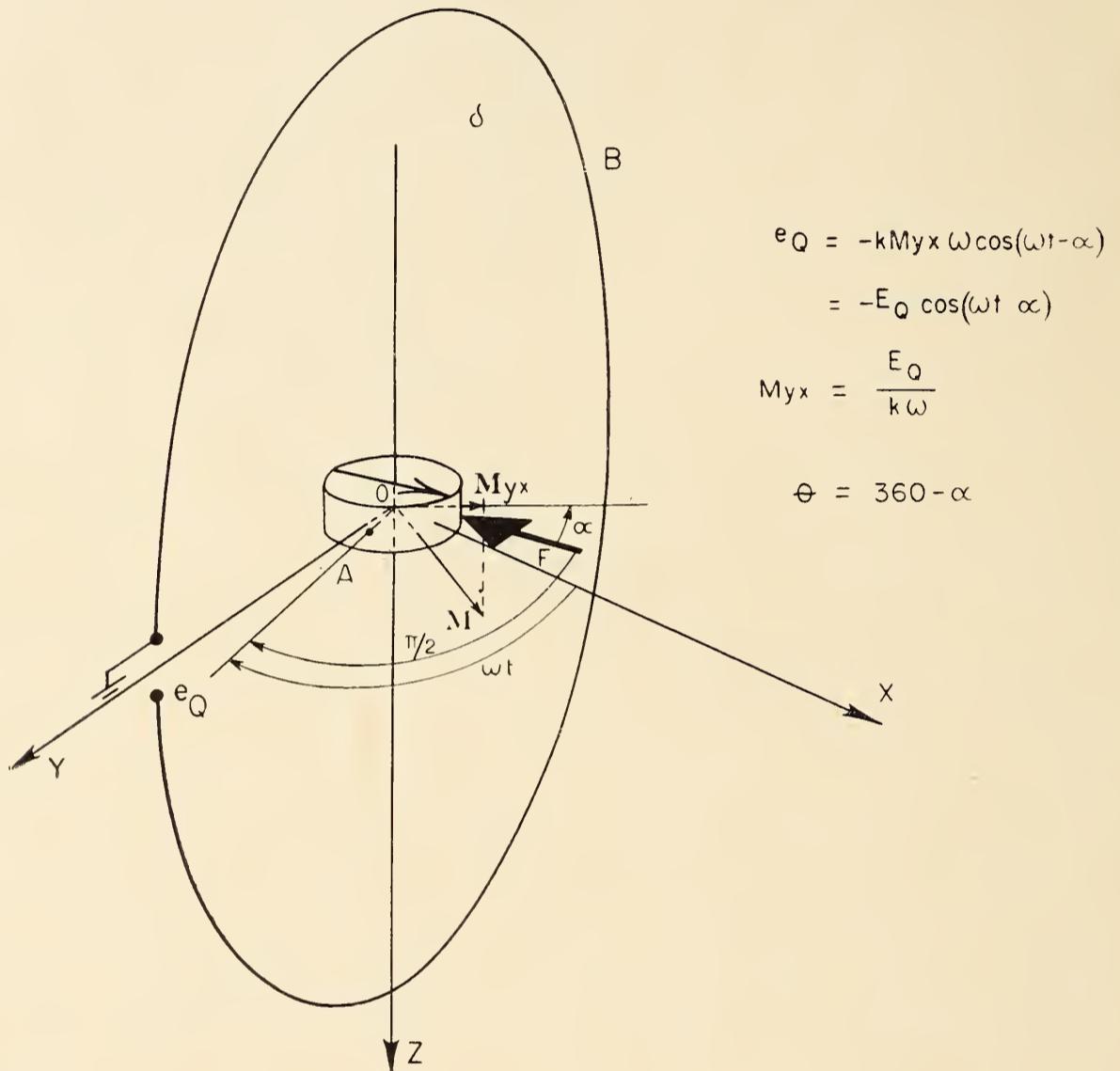


Fig. 2. — Representación esquemática de la geometría presente en un instante de la medición entre la muestra y la bobina sensible

3. DESCRIPCION GENERAL DEL MAGNETOMETRO

a) CIRCUITO DE AIRE COMPRIMIDO.

Como ya se ha expresado en el párrafo anterior, es necesario imprimirle a la muestra un movimiento circular uniforme; esto se consigue en este instrumento por medio de una turbina T, figura 3, accionada por aire comprimido, similar a la descrita por Beams, 1938; para ello se coloca el cilindro de roca en el interior de la turbina, construida de acrílico, la que se hace girar a 325 r.p.s.

flotando en un torbellino de aire dentro de estator K del mismo material, figura 3.

Para conseguir que la turbina gire controladamente en las condiciones ya mencionadas, es necesario disponer de un circuito de aire comprimido tal como está bosquejado en la figura 3. Este circuito está compuesto por: una fuente de aire comprimido C; un estabilizador de presión E; una válvula de regulación V_R , cuyo fin es producir una caída de presión en el estator K, de tal forma de lograr que la turbina gire el número de revoluciones por segundo ya citado; una válvula de seguridad V_S que en el caso de que el número de revoluciones de la turbina fuese mayor a las 340

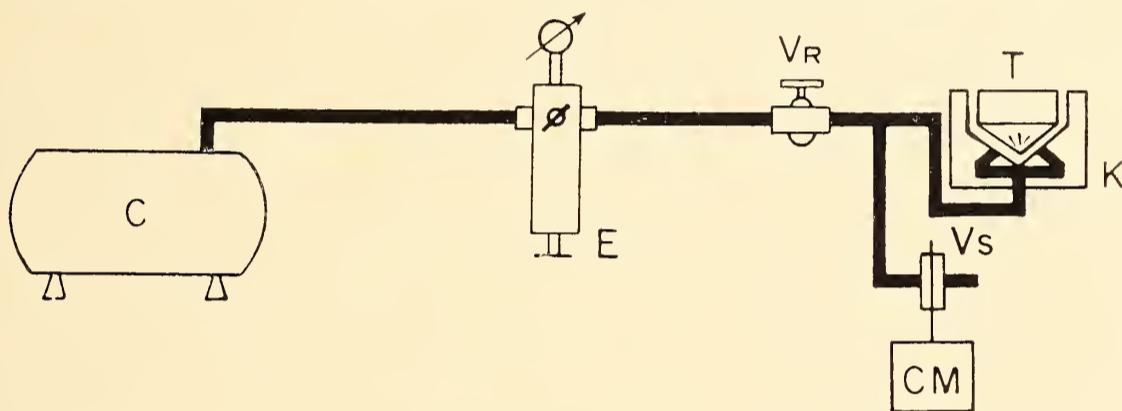


Fig. 3. — Representación simplificada del circuito de aire comprimido del magnetómetro

r.p.s. sea accionada por el mecanismo de seguridad CM; y un estator K que tiene por objeto producir el torbellino de aire que mantenga a la turbina flotando y girando al número de revoluciones por segundo deseado.

b) CIRCUITO ELECTRÓNICO.

El circuito electrónico en sí tiene por finalidad determinar los valores de los parámetros $E_{Q, \infty}$ y ω vinculados entre sí por la expresión (1); para ello sobre la turbina T se graba una marca fiducial y se pega un espejito m en las posiciones equivalentes a la marca F y al punto A de la figura 2, respectivamente. En el instante en que el espejito m en una rotación coincida con el eje X, incidirá sobre él un haz luminoso cuyo reflejo se transformará en un pulso eléctrico por medio de la fotocélula f , figura 4. La muestra bajo medición se coloca dentro de la turbina en una forma tal que su marca original de campo coincida con la marca fiducial

de la turbina; de este modo, cuando la turbina con la muestra en su interior gira, en los terminales de la bobina B estará presente una fuerza electromotriz e_Q , y en la salida de la fotocélula una señal e_P ; la representación simultánea de estas dos señales está graficada en la figura 5, y en ella se puede observar que el ángulo α representa en realidad el desfase presente entre e_Q y e_P . Para poder cuantificar este desfase el circuito electrónico consta de los elementos representados en el esquema en bloque de la figura 4, siendo la finalidad de cada uno de ellos la que a continuación se

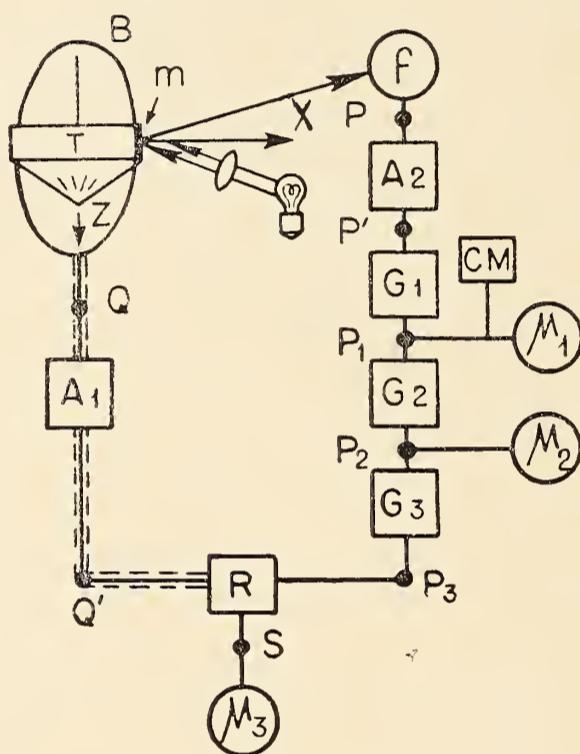


Fig. 4. — Esquema en bloque del circuito electrónico del magnetómetro

detallará. Por un lado, en A_1 la señal e_Q proveniente de la bobina detectora se amplifica al valor $e_{Q'}$, pudiéndose variar a voluntad la relación de amplificación de dicha etapa, la que se fija según sea la magnitud del momento magnético de la muestra a medir. Por otra parte, el pulso proveniente de la fotocélula e_P es amplificado a un valor $e_{P'}$ en la etapa A_2 , figura 6-a. Este pulso amplificado dispara un generador G_1 , figura 4, que tiene la propiedad de producir una onda rectangular e_{P_1} de base y altura constantes e independientes de la frecuencia, figura 6-b; de este modo el valor medio de la señal e_{P_1} a la salida de G_1 será proporcional a la frecuencia, y puede ser cuantificado por medio del instrumento μ_1 , el que está calibrado en forma tal que su indicación es directa-

mente el número de ciclos o revoluciones por segundo de la turbina. Tal como ya se ha expresado anteriormente, en el magnetómetro aquí descrito durante la medición la turbina debe rotar a 325 r.p.s.; por razones de seguridad, el mecanismo auxiliar CM hace actuar un servomecanismo que acciona una válvula de escape de aire cuando el número de revoluciones de la turbina sea superior a 340 r.p.s..

En el generador G_2 , figura 4, la onda e_{P_1} se transforma en otra, e_{P_2} tal que en el instante en que e_{P_1} va de cero a E_1 , e_{P_2} irá también de cero a $-E_2$, pero pudiéndose ahora variar a voluntad el instante L en que la tensión vuelve desde este valor a cero, figura 6-c.

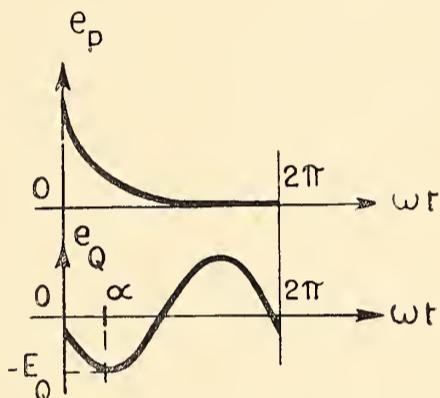
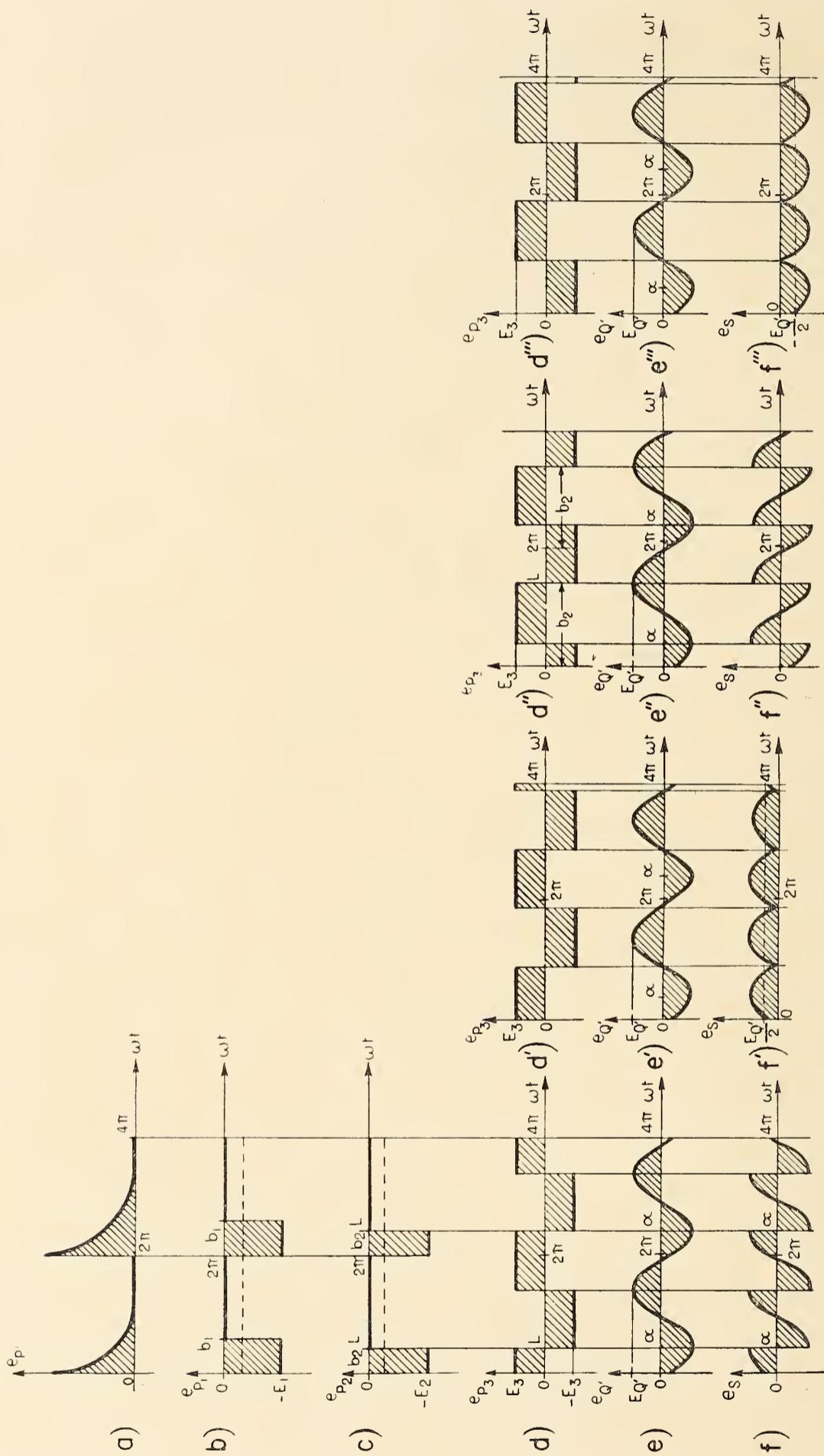


Fig. 5. — Representación simultánea de la señal de fotocélula, e_P , y de la fuerza electromotriz, e_Q , originada en la bobina B por la rotación de la muestra.

Durante una medición, al estar la turbina rotando a un número constante de revoluciones por segundo el valor medio de e_{P_2} será proporcional al ángulo \hat{OL} , y por lo tanto la magnitud de éste se puede determinar directamente en grados por medio de un microamperímetro: el μ_2 de la figura 4.

El generador G_3 , a su vez, produce una onda cuadrada e_{P_3} tal que en el instante L la tensión varía de $+E_3$ a $-E_3$, figura 6-d.

Por último en el rectificador sensible a fase R, figura 4, se introducen simultáneamente las señales e_{P_3} y e_Q , figura 6-d y 6-e respectivamente, obteniéndose a su salida una señal e_s tal que su valor absoluto instantáneo es el de e_Q , pero que sólo tiene igual polaridad que ésta cuando $e_{P_3} = -E_3$, y presenta polaridad opuesta a e_Q cuando $e_{P_3} = +E_3$, figura 6-f; el valor medio de e_s es determinado por el instrumento μ_3 , figura 4.



$\Theta = 360 - b_2$, si con $M_2 = b_2 + \frac{\pi}{2}$, se lee en $M_3 = \frac{E_Q'}{2}$

$\Theta = 180 - b_2$, si con $M_2 = b_2 + \frac{\pi}{2}$, se lee en $M_3 = -\frac{E_Q'}{2}$

Fig. 6. — Diagramas explicativos de los procesos electrónicos experimentados por las ondas provenientes de la fotocélula y la bobina sensible

De este modo durante una medición variando la fase de e_{P_3} por medio de G_2 se pueden lograr una posición de coincidencia o una de oposición entre e_{P_3} y $e_{Q'}$. Tanto en la posición de coincidencia, figura 6-d-e-f, como en la de oposición, figura 6-d''-e''-f'', la indicación del instrumento μ_3 será igual a cero pues en ambas posiciones el valor medio de e_s es nulo, pero en el primer caso se cumple que el defasaje introducido es $\hat{O}L = b_2 = \alpha$ y en el segundo $\hat{O}L = b_2 = \alpha + \pi$; al respecto recuérdese que el valor del defasaje se puede obtener en μ_2 . Pero en este estado de la medición no se puede saber cual de estos dos posibles valores de $\hat{O}L$ es el correcto. Para solucionar esta indeterminación bastará con agregar un defasaje adicional de $\frac{\pi}{2}$ al ya introducido $\hat{O}L$. En efecto, obsérvese que si se hubiese partido de una posición de coincidencia, el defasaje total ahora introducido será $\alpha + \frac{\pi}{2}$ y la lectura correspondiente en μ_3 en este caso sería $\frac{1}{2}E_{Q'}$, ver figura 6-d'-e'-f', pues en estas condiciones R funciona como un rectificador de onda completa; por el contrario si se hubiera partido de una oposición, el defasaje total introducido será $\alpha + \frac{3}{2}\pi$ y la lectura en μ_3 sería en este caso igual a $-\frac{1}{2}E_{Q'}$ ver figura 6-d'''-e'''-f'''. Lugo el signo de e_s permitirá definir si se trata de una coincidencia de fase entre e_{P_3} y $e_{Q'}$, (signo más), o bien de una oposición de fase (signo menos), solucionando la indeterminación. Teniendo en cuenta la expresión (2) y lo hasta aquí expuesto se deduce que adicionando un defasaje extra $\frac{1}{2}\pi$ al valor de $\hat{O}L = b_2$, se cumple que:

- a) si en μ_3 se lee $+\frac{1}{2}E_{Q'}$, en μ_2 se tiene un defasaje total $b_2 + \frac{1}{2}\pi = \alpha + \frac{1}{2}\pi$, y por lo tanto $\theta = 360 - b_2$.
- b) si en μ_3 se lee $-\frac{1}{2}E_{Q'}$, en μ_2 se tiene un defasaje total $b_2 + \frac{1}{2}\pi = \alpha + \pi + \frac{1}{2}\pi$, y por lo tanto $\theta = 180 - b_2$.

4. PROCESO DE MEDICION

Colocando la muestra a medir dentro de la turbina sucesivamente en las tres posiciones representadas en la figura 7, se podrán medir en cada posición los parámetros M_{yz} y θ_z , M_{yz} y θ_x , M_{zx} y θ_y

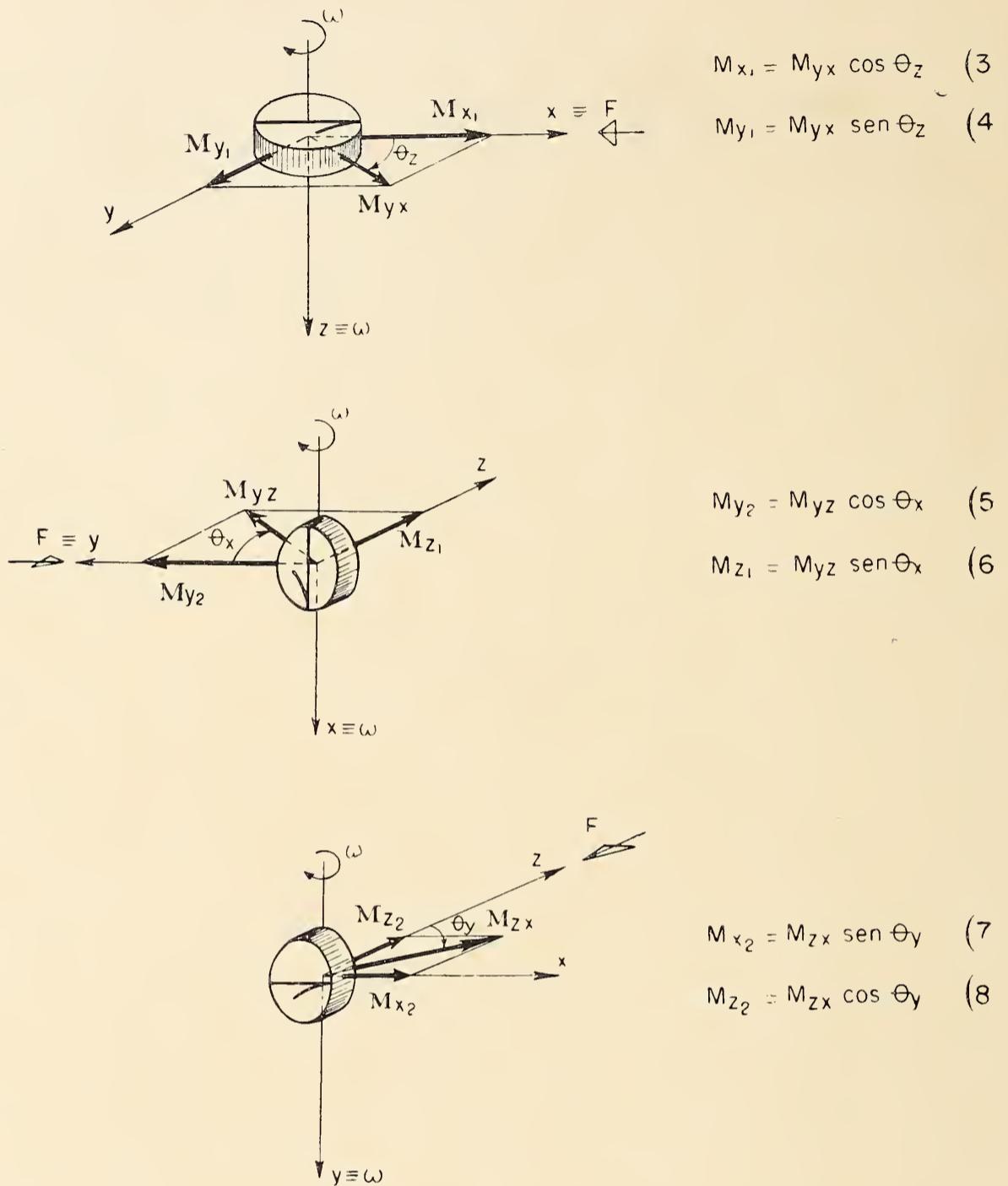


Fig. 7. — Posiciones en que debe ser colocada la muestra con respecto al eje de rotación y la marca fiducial en cada medición para obtener los parámetros necesarios para calcular M , D e i .

respectivamente; estos valores están relacionados entre sí por el siguiente sistema de ecuaciones:

$$M_{x_1} = M_{yx} \cdot \cos \theta_z \quad (3)$$

$$M_{y_1} = M_{yx} \cdot \sin \theta_z \quad (4)$$

$$M_{y_2} = M_{yz} \cdot \cos \theta_x \quad (5)$$

$$M_{z_1} = M_{yz} \cdot \sin \theta_x \quad (6)$$

$$M_{x_2} = M_{zx} \cdot \text{sen } \Theta_y \quad (7)$$

$$M_{z_2} = M_{zx} \cdot \text{cos } \Theta_y \quad (8)$$

Luego promediando las expresiones correspondientes a una misma proyección se obtienen $\overline{M_x}$, $\overline{M_y}$, $\overline{M_z}$. De estos valores promedios se pueden calcular los valores de M , D , e i , representativos del magnetismo remanente del disco bajo medición, mediante las expresiones:

$$M = \sqrt{\overline{M_x^2} + \overline{M_y^2} + \overline{M_z^2}} \quad (9)$$

$$i = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\overline{M_z}}{M} \right) \quad (10)$$

$$D = \text{sen}^{-1} \frac{\overline{M_y}}{\sqrt{\overline{M_x^2} + \overline{M_y^2}}} \quad (11)$$

5. CALIBRACION DEL INSTRUMENTO

El indicador μ_1 estará calibrado cuando al conectar un generador de pulsos en P' indique una desviación de una división de su escala por cada 10 pulsos. seg^{-1} , figura 4. La sensibilidad del microamperímetro μ_2 se ajusta de manera tal que indique 180 divisiones cuando la onda en P_2 sea perfectamente cuadrada y de 325 Hz. En cuanto a la etapa de amplificación A_1 se ajusta de tal forma de obtener en μ_3 una desviación de una división de su escala por 10^{-6} uem. cm^{-3} , para muestras de tamaño normal (5 cm^3).

6. RUIDOS: TECNICAS PARA SU ATENUACION

Se define como ruido a todo efecto que ocasione una perturbación en la medición tanto del valor máximo E_Q como en la fase α . A continuación se detallarán los principales factores productores de ruido, y la forma de atenuarlos o eliminarlos:

a) Cargas electrostáticas en la turbina impulsora; como ya se ha expresado en el parágrafo (3), la turbina impulsora está construida de acrílico; por lo tanto por ser éste un material dieléctrico, es posible que se acumulen cargas electrostáticas en algunas

zonas de su superficie. La rotación de estas cargas producirá la emisión de una onda electromagnética de frecuencia fundamental igual a la de rotación, que inducirá en la bobina una f.e.m. espuria; este efecto perjudicial es posible anularlo cubriendo la superficie de la turbina con una delgada capa conductora constituida esencialmente por grafito puro. Para una buena operación es aconsejable que la resistencia eléctrica entre dos puntos opuestos de la turbina sea del orden de los 800 ohms.

b) Perturbaciones electromagnéticas; pueden tener distinto origen a saber:

I) Por vibraciones en la bobina detectora B causadas por la rotación de la turbina; este efecto puede reducirse aislando acústicamente la bobina con respecto al macenismo impulsor.

II) Por concatenación en la bobina B de armónicas múltiples de los 50 Hz. de línea; este efecto puede minimizarse eligiendo una frecuencia de trabajo que no sea un múltiple de los 50 Hz., por ejemplo 325 Hz.

III) Por acoplamiento entre dos partes del equipo; si la bobina B concatenara la señal de referencia se produciría un acoplamiento que perturbaría las mediciones; esto puede evitarse utilizando elementos no inductivos en el circuito electrónico que procesa la señal de referencia; además esta etapa debe estar convenientemente blindada y alejada de la bobina B y del amplificador de bajo ruido A_1 .

IV) Por concatenación en la bobina B de ondas electromagnéticas en general. Este efecto puede atenuarse mediante la introducción de una o más bobinas adicionales en serie con la B, que tengan la posibilidad de orientarse y de desfasar en π la señal inducida en ellas respecto de la inducida en B; de esta forma la suma de las señales dadas por las bobinas adicionales y la B será mínima, obteniéndose por lo tanto el efecto deseado.

c) Por muestras con susceptibilidad magnética anisotrópica; una muestra con susceptibilidad anisotrópica al rotar y estar bajo la acción de un campo magnético uniforme, como puede ser el terrestre, inducirá en la bobina B una señal de frecuencia igual al doble de la frecuencia angular de rotación ω , cuyo valor máximo es proporcional al campo. Esta segunda armónica producirá un

error en las medidas del valor máximo E_0 y de la fase α ; este error puede ser eliminado haciendo que la muestra a medir rote en un medio de campo magnético cero, empleando tres pares ortogonales de bobinas de Helmholtz convenientemente diseñadas.

BIBLIOGRAFIA

- Beams J. W. 1938. *High speed centrifuging*.— Review of Modern Physics, vol 10, pp. 245-263.
- Bruckshaw J. M. y Robertson E. I. 1948. *The measurement of magnetic properties of rocks*.— Journal of Scientific Instrument, vol. 25, pp. 444-446.
- De Sa A. 1963. *Applications of electronic to the measurement of geophysical phenomena*. Thesis Doctoral, Universidad de Durham, Inglaterra.
- De Sa A. y Molyneux L. 1963. *A spinner magnetometer*.— Journal of Scientific Instrument, vol. 40, pp. 162-165.
- Doell R. R. y Cox A. 1967. *A spinner magnetometer for igneous rocks*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 136-141.
- Gough D. I. 1956. *A study of the paleomagnetism of the Pilansberg Dykes*.— M. N. R. A. S., Geophysic Supplement, vol. 7, pp. 196-213.
- 1964. *A spinner magnetometer*.— Journal of Geophysics Research, vol. 69, pp. 2455-2463.
- 1967. *The spinner magnetometer at Salisbury*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 119-121.
- Grahams J. W. 1955. *Evidence of Polar shift since Triassic time*.— Journal of Geophysics Research, vol. 60, pp. 329-347.
- Griffiths D. H. 1955. *The remanent magnetism of varved clays from Sweden*.— M. N. R. A. S., Geophysics Supplement, vol. 7, pp. 103-114.
- Helsley Ch. 1967/1. *Design of spinner magnetometer*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 115-118.
- 1967. *Design of a transistorized portable air-turbine spinner magnetometer*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 142-148.
- Johnson E. A., Murphy T. y Torreson O. W. 1948. *Pre-history of the Earth's magnetic field*.— Terrestrial magnetism; an atmospheric electricity, vol. 53, pp. 349-372.
- Molyneux L. 1967. *The spinner magnetometer at Newcastle upon Tyne*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 130-135.
- Thellier E. 1967. *A big sample spinner magnetometer*.— Methods in Paleomagnetism, Elsevier Publishing Co., pp. 149-153.

INDICE GENERAL DEL TOMO CLXXXVII

	Pág.
SERIE I, CIENCIAS	
MARÍA S. CATALDI, SARA M. DE IPIÑA, JORGE PIANAROLI Y CÉSAR JOJOT, Estudio de un micrococo productor de ácido glutámico...	3
MARÍA S. CATALDI Y MARTA C. GAY, Estudio fisiológico de algunas bacterias que utilizan hidrocarburos.....	58
P. KITTL Y J. WARD, Recristalización por impacto en aluminio puro (99,99 %/.).....	97
J. L. SERSIC, Masa gravitacional y estabilidad relativista.....	111
SERIE II, CIENCIAS APLICADAS	
J. COREMBERG Y F. M. MAZZOLAI, Uso del efecto Bordoni para investigar migración de defectos puntuales en metales.....	14
ADOLFO LEANDRO MONTES, La cromatografía gaseosa aplicada en el estudio de algunos aceites esenciales de plantas nativas del centro y norte argentinos.....	21
J. JATIMLIANSKY Y E. SÍVORI, Inhibición de crecimiento de <i>Scenedesmus obliquus</i> por alcaloides.....	49
G. ZAMPIGHI, P. KITTL Y R. ALVAREZ, El problema del tamaño del grano en el esmalte y la dentina.....	67
ALBERTO G. ALVAREZ, JUAN M. ANDRIEU Y E. E. CASTELLANO, Determinación de existencia de una nueva forma cristalina en el resultado de cobre tri-hidratado.....	81
BETTY KERLLEÑEVICH Y ENRIQUE CHAPUNOV, Dispositivo electromagnético para desviación de un haz de luz.....	91
ADOLFO LEANDRO MONTES, El ácido barbitúrico en la valoración de aldehidos.....	118
JUAN F. VILAS Y DANIEL A. VALENCIO, El magnetómetro «Spinner» de la Universidad de Buenos Aires.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	96

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

TOMO CLXXXVIII

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969

506.82
S678

+

ANALES
DE LA
SOCIEDAD CIENTIFICA
ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

JULIO-AGOSTO 1969 — ENTREGAS I-II — TOMO CLXXXVIII

SUMARIO

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS Nº 14

M. FRIDMAN, Notas suplementarias sobre las propiedades eléctricas de óxido manganeso dopado con litio..... 3

SERIE I. CIENCIAS Nº 21

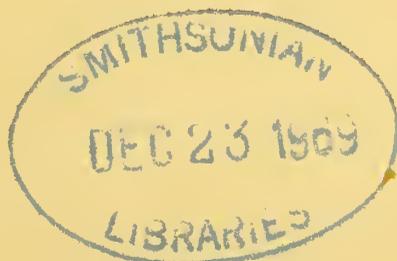
MARIO PABLO MODESTO TOZZINI, La función de Lagrange y los sistemas conservativos..... 17

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

SILVIA GARZOLI, Estudio de la estructura del hemisferio occidental galáctico en la zona de carina 47

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969



SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tamborelli †
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zeballos

JUNTA DIRECTIVA

(1969-1970)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares :</i>	Ing. Alberto Bilotti
	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Clmte. Rodolfo N. M. Panzarini
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Agr. Enrique M. Sívori
	Dr. Andrés O. M. Stoppani
	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Ing. Andrés E. Garlan
	Ing. Pablo R. Gorostiaga
	Cap. de Corb. Néstor C. L. Granelli
	Dr. Carlos A. Márquez
	Dr. Jorge R. A. Vanossi

Vocales Suplentes

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

San Juan

Presidente

Doctor Indalecio Carmona Ríos

Vicepresidente

Ingeniero Fernando Volponi

Secretario

Doctor Pablo A. Del Carril

Tesorero

Cont. Púb. Duilio S. Graffigna

Vocales

Ingeniero Ramón Ruiz Bates

Ingeniero Federico Rocha

Doctor Antonio Aguilar

Santa Fe

Presidente

Dr. Argentino A. Bonetto

Vicepresidente

Dr. Ezio Emiliani

Secretario

Prof. Clarice T. Pignalberi

Tesorero

Ing. Quím. Enrique A. Virasoro

Vocales

Ing. Quím. Guillermo Berraz

Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente

Ing. Roberto Diego Cotta

Vicepresidente

Ing. Camilo B. Rodríguez

Secretario

Dr. Luis M. Boggia

Prosecretario

Ing. Horacio C. Albina

Tesorero

Dr. Teodoro G. Krenkel

Protesorero

Ing. Pedro Diego Jensen

Vocales

Dr. Max Birabén, Dr. Homero

Bibiloni, Dr. Jorge J. Ronco

Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Ives

L. Danna, Ing. Aaron Beilin

son e Ing. José G. Romano

Yalour.

NOTAS SUPLEMENTARIAS SOBRE LAS PROPIEDADES ELECTRICAS DEL OXIDO MANGANOSO DOPADO CON LITIO *

POR M. FRIDMAN

Departamento de Física. Facultad de Ingeniería. Universidad de Buenos Aires

RESUMEN

Los óxidos de los metales de transición tienen propiedades interesantes desde el punto de vista de las propiedades de transporte y hace unos años se los investigaba (especialmente el ONi dopado con litio) con finalidades tecnológicas para su uso potencial como termoelementos de alta temperatura.

En un trabajo anterior (3), se combinaron las mediciones de resistividad, efecto Hall, poder termoeléctrico y ciclamiento térmico de la conductividad. Se concluyó que un cuadro de banda estrecha era adecuado y no justificable un mecanismo de « hopping » de pequeños polarones. El material era compensado lo que permitió el cálculo de la densidad del nivel donador y de la masa efectiva. No obstante, como la forma de las curvas se atribuye también a la presencia de portadores minoritarios, los datos experimentales no son suficientes para un tratamiento exacto de los resultados.

Se agregan más datos técnicos usados y resultados experimentales obtenidos así como algunas consideraciones sobre la interpretación de los resultados.

ABSTRACT

The oxides of the transition metals have interesting transport properties; they have been investigated some years ago (specially ONi dopped with litium) for technological purposes, as potential high temperature thermoelements.

In an early paper (3) measurements of resistivity, Hall effect, thermoelectric power and thermal cycling of conductivity were combined. It was concluded that a narrow-band description was suitable, while a small polarons « hopping » mechanism was not justified. The material was compensated, making it possible to calculate the donor level density and the effective mass. Nevertheless, as the shape of curves showed the presence of minority carriers, the experimental data is not enough for exact treatment of results.

More technical data and experimental results are added, as well as some considerations in regard to results interpretation.

* El trabajo experimental fue realizado en el Centro de Energía Nuclear — MO — Bélgica, financiado por una beca de la Universidad de Buenos Aires.

INTRODUCCION

Poco trabajo experimental puede encontrarse en la literatura sobre el OMn. Esto es debido a la dificultad de preparación de los monocristales, su alta resistividad y baja movilidad. El primer trabajo de R. R. Heikes y W. D. Johnston (1) sobre la resistividad fue en un rango de temperaturas estrecho. Posteriormente P. Nagels y M. Denayer (2) midieron resistividad y efecto Hall entre temperatura ambiente y alrededor de 1000 °K. Finalmente, M. Alí, M. Fridman y colaboradores (3) extendieron el rango de temperaturas de resistividad, agregaron poder termoeléctrico y estudiaron el ciclamiento térmico de la resistividad en materiales irradiados.*

Los óxidos de los metales de transición dopados con litio fueron estudiados como termoelementos potenciales de alta temperatura para uso espacial. Concretamente la fuente de energía en el SNAP III era termoeléctrica con telururo de plomo como termoelemento de temperaturas medias. El calefator era un combustible nuclear. Este sistema es muy estanco y simple. Requiere mecanismos menos complicados que las células solares pero cedió el paso a éstas por su mayor eficiencia y comodidad de uso de la energía solar.

El parámetro de eficiencia de los termoelementos es $z = \frac{\alpha^2}{K\rho}$ donde α es el poder termoeléctrico, ρ resistividad eléctrica y K la conductividad térmica. En un aislador $\frac{\alpha^2}{K}$ es muy elevado. Se trata de disminuir ρ por dopaje y esperar que $\frac{\alpha^2}{K}$ baje menos rápidamente.

El OMn pertenece a los óxidos de los metales de transición del grupo 3d en los cuales se intenta buscar campo de aplicación a las teorías de los pequeños polarones. El material normalmente estudiado fue el ONi por su mayor comodidad de preparación. Las primeras interpretaciones mediante el mecanismo de "hopping" de lagunas fueron mantenidas en la conducción en el nivel de impurezas intentándose proseguir con un esquema de banda estrecha para los portadores mayoritarios. Cuando la banda de porta-

* Sobre propiedades en alta temperatura, ver (4).

dores mayoritarios se estrecha porque las funciones de ondas tienden a concentrarse, más importancia adquiere la superposición de las funciones de ondas de los portadores ligados a las impurezas y la conducción en este nivel tiende a facilitarse.

Para mantener la neutralidad de carga la subred de Mn^{++} próxima al litio en posición normal de red, cede un electrón a la subred de oxígeno, si en esta subred es más estable que un defecto electrónico (una laguna en la subred de oxígeno). La configuración de un litio con un defecto electrónico repartido entre los Mn^{++} , vecinos, es equivalente a una laguna en el entorno de la impureza.

Desde hace algunos años, comenzando por el trabajo de Verwey y De Boer, que hay interés teórico por explicar e interés experimental por encontrar los mecanismos básicos de las propiedades de transporte del pequeño polarón. Este concepto se aplica a materiales de banda estrecha para los cuales la interacción del portador de carga y las vibraciones ópticas de la red son suficientemente fuertes como para que el portador sea autoatrapado. Esta unidad portador-malla localmente deformada será llamada grande si su radio de polarización le permite ver la red como un continuo, y será pequeño si dominan las características discretas de la red.

Muchos papeles teóricos caracterizan la movilidad para temperaturas más altas que la de Debye como térmicamente activada, con ley exponencial y el movimiento está caracterizado por el hopping del pequeño polaron de un sitio a otro equivalente. De la fórmula movilidad-difusión de Einstein

$$U = KTD = KTD_0 \exp. - \frac{Ea}{KT}$$

En bajas temperaturas predominan características de banda y el mecanismo de dispersión está dominado por las vibraciones ópticas logitudinales. La ley es exponencial y aumenta cuando la temperatura baja. Entonces la curva de movilidad debiera estar dominada por un mínimo separando la zona de banda de la de hopping.

Las curvas de movilidad obtenidas por medición de efecto Hall, por ejemplo en ONi, son difíciles de interpretar. No hay ley simple potencial ni exponencial que se les ajuste. Contrario a la teoría pueden mostrar un ascenso hacia las altas temperaturas, un

máximo o meseta y luego decrecer. Una sugestión para explicar la forma de la curva ha sido dada últimamente por Kzendsov (5) suponiendo la interacción con excitones.

Por otra parte las investigaciones hechas sobre el bióxido de uranio, metal de transición del 7º período parecen asignarle a la movilidad un carácter activado (6).

SOLDADURAS

Soldaduras óhmicas se obtuvieron con In, Tl y Pb para las temperaturas más bajas que la ambiental y con Au para altas temperaturas. Se hicieron en vacío por calefacción localizada con un horno de inducción. El In se soldó también al aire.

La resistividad en alta temperatura fue medida junto con el poder termoeléctrico entre dos filamentos de las dos termocuplas. En este caso a los extremos de los bloques de OMn se les soldaron dos piezas de Au por fusión y se aplicaron las termocuplas de cromel-alumel por descarga pero cortocircuitando los electrodos con una pinza de presión para drenar la corriente debido a la alta resistencia del cristal.

Cuando, previamente a la unión con In al vacío, se aplicó por evaporación una capa de níquel (muestra 13-1) o de oro (muestra 13-2) aparecieron interesantes propiedades rectificantes con respuesta simétrica a la inversión de tensión. Lo mismo puede decirse con contactos de In sostenidos a presión. Como se ve en las figuras 1, 2, 3 y 4 (la muestra 13 a corresponde a una soldadura directa hecha en el aire) la impedancia aparente cae con el carácter óhmico de la unión y baja en altas tensiones. En diagrama semilogarítmico se obtienen líneas de ligera curvatura con una pendiente aproximada de 1,7. En la primera aproximación $i \sim v^{1,7}$. Para corriente controlada por carga espacial en el vacío, el coeficiente es 1,5 (ley Child-Langmuir) y 2 para sólidos (Mott-Gurney). Otras alternativas son posibles como por efecto túnel. El fenómeno puede ser incluido dentro de los contactos sucios, extraños.

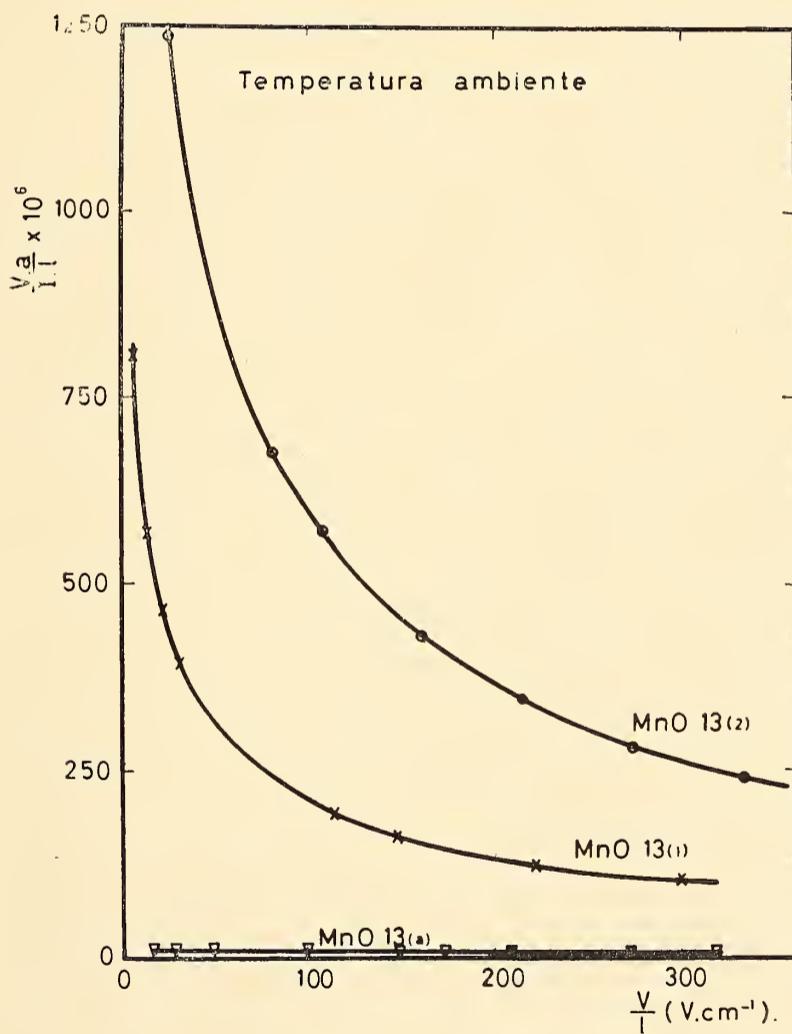
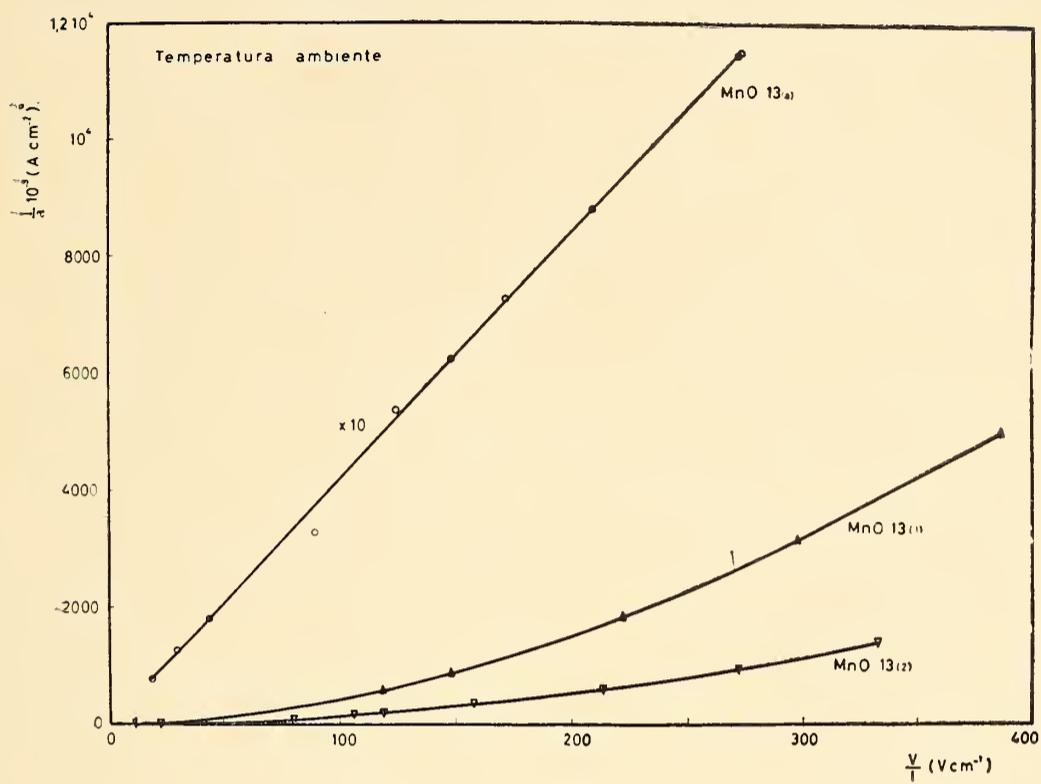


Fig. 1. y 2. — MnO 13-a, muestra soldada con indio a bloques de cobre : MnO 13-1, contactos soldados con indio sobre caras previamente niqueladas por evaporación ; MnO 13-2, idem 13-1 sobre caras previamente doradas por evaporación.

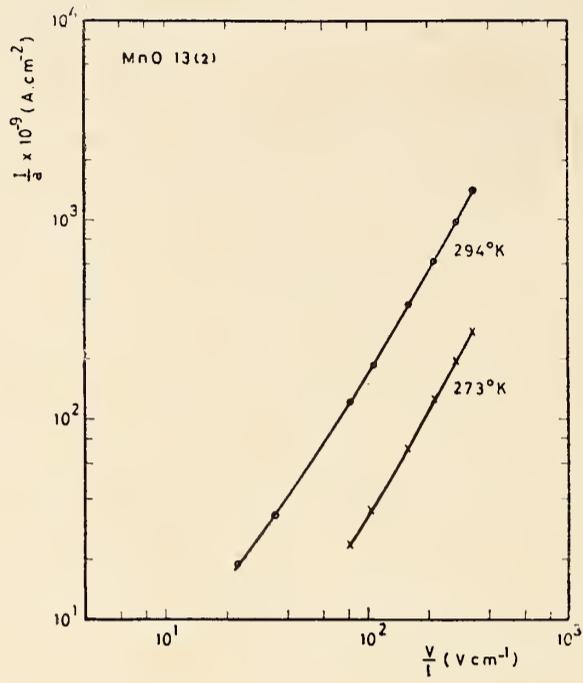


Fig. 3. — Muestra 13-2

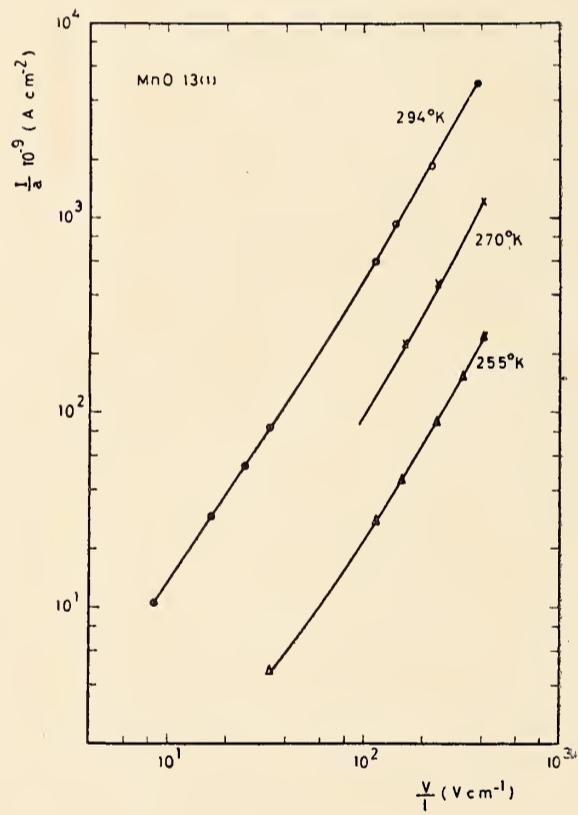


Fig. 4. — Muestra 13-1

PODER TERMOELECTRICO

La diferencia de temperaturas fue medida entre los alambres de alumel cortocircuitando los de cromel o viceversa (como termocuplas diferenciales). $V_d = \alpha_{ca} \Delta T$. Cuando las pérdidas debido al flujo de corriente en el cristal, eran altas, las dos mediciones no coincidían y se usaron las lecturas de las dos termocuplas para obtener la diferencia.

A más alta temperatura fueron medidos los potenciales de Seebeck para deducir la diferencia de temperaturas entre los extremos de la muestra. Los tres métodos usados se superponen dos a dos en ciertos rangos de temperatura y los errores son insignificantes desde el punto de vista práctico. Cuando la impedancia del material era alta el potencial de Seebeck fue medido con el electrómetro vibrante Cary y en altas temperaturas también con el potenciómetro H. Tinsley.

$$V_{cx} = \alpha_{cx} \Delta T, \quad V_{ax} = \alpha_{ax} \Delta T, \quad V_{cx} - V_{ax} = V_{ca} = \alpha_{ca} \Delta T$$

$$\alpha_{cx} = \frac{V_{cx}}{V_{cx} - V_{ax}} \alpha_{ca} \quad \alpha_{ax} = \frac{V_{ax}}{V_{cx} - V_{ax}} \alpha_{ca}$$

donde V_{ix} , α_{ix} son los valores de V ó α de la muestra respecto de i . Con la fórmula anterior

$$\alpha_{cx} = \frac{V_{cx}}{V_d} \alpha_{ca}$$

$$\alpha_{ax} = \frac{V_{ax}}{V_d} \alpha_{ca}$$

Los terminales de las termocuplas fueron aislados sumergiéndolos en aceite de bomba de difusión, separados por tubos de cuarzo y reunidos en el aceite en un recipiente cerrado para mantenerlos al vacío.

DISCUSION

Varias dificultades se presentan al analizar las curvas. La energía de activación no se duplica asintóticamente. Esto es debido o a cambios en la movilidad, de lo cual no hay datos, o se resuelve teniendo en cuenta la conducción por impurezas.

En la única movilidad calculada a partir de resistividad y coe-

ficiente de Hall hay una caída brusca hacia las bajas temperaturas. Más allá es demasiado baja para detectarla. Las interpretaciones en términos de mecanismos de difusión no son convincentes. Si se recuerda que aquí termina la conducción por impurezas, de la fórmula general se comprende que su valor deba aumentar al elevar la temperatura. Es la misma interpretación dada en (5) para hechos similares en el óxido de níquel.

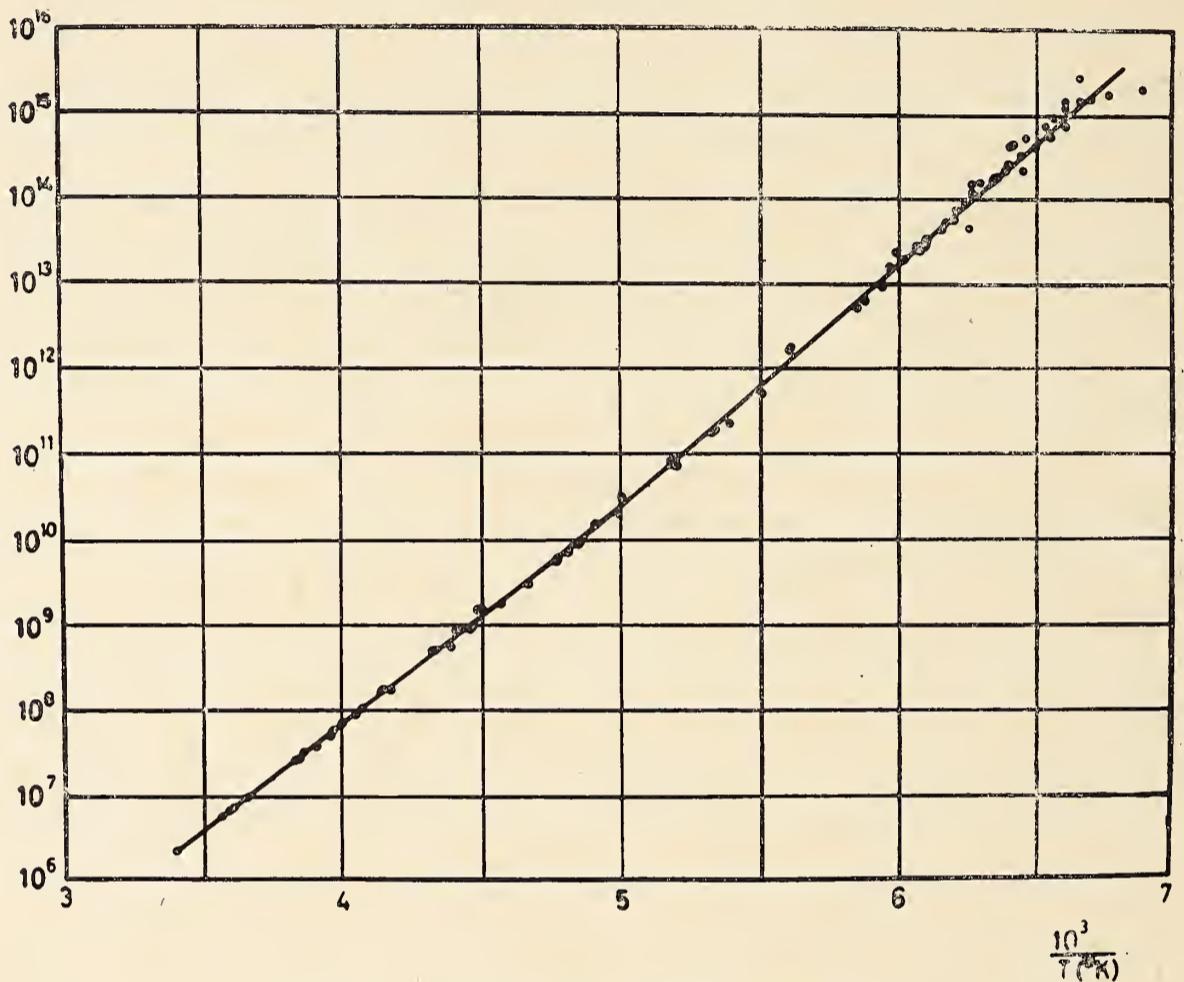


Fig. 5. — Muestra 13-a. Resistividad Ω cm.

El plateau en la movilidad y poder termoeléctrico puede ser atribuido al mismo fenómeno: superposición a la conducción mayoritaria de una conducción electrónica, cuyo peso tiende a desaparecer en altas temperaturas pero manteniendo su influencia en todo el rango de medidas.

Entonces, el valor calculado de N_V (y de la masa efectiva como consecuencia) es elevado. En efecto

$$eR_H = eU\rho \frac{\sigma_e}{\sigma^2} - eU_N \frac{\sigma_N}{\sigma^2} = \frac{1}{P'}$$

$$1/p' \sim 1/p - eU_N \frac{\sigma_N}{\sigma^2} \quad \text{si} \quad \sigma_N \ll \sigma_e$$

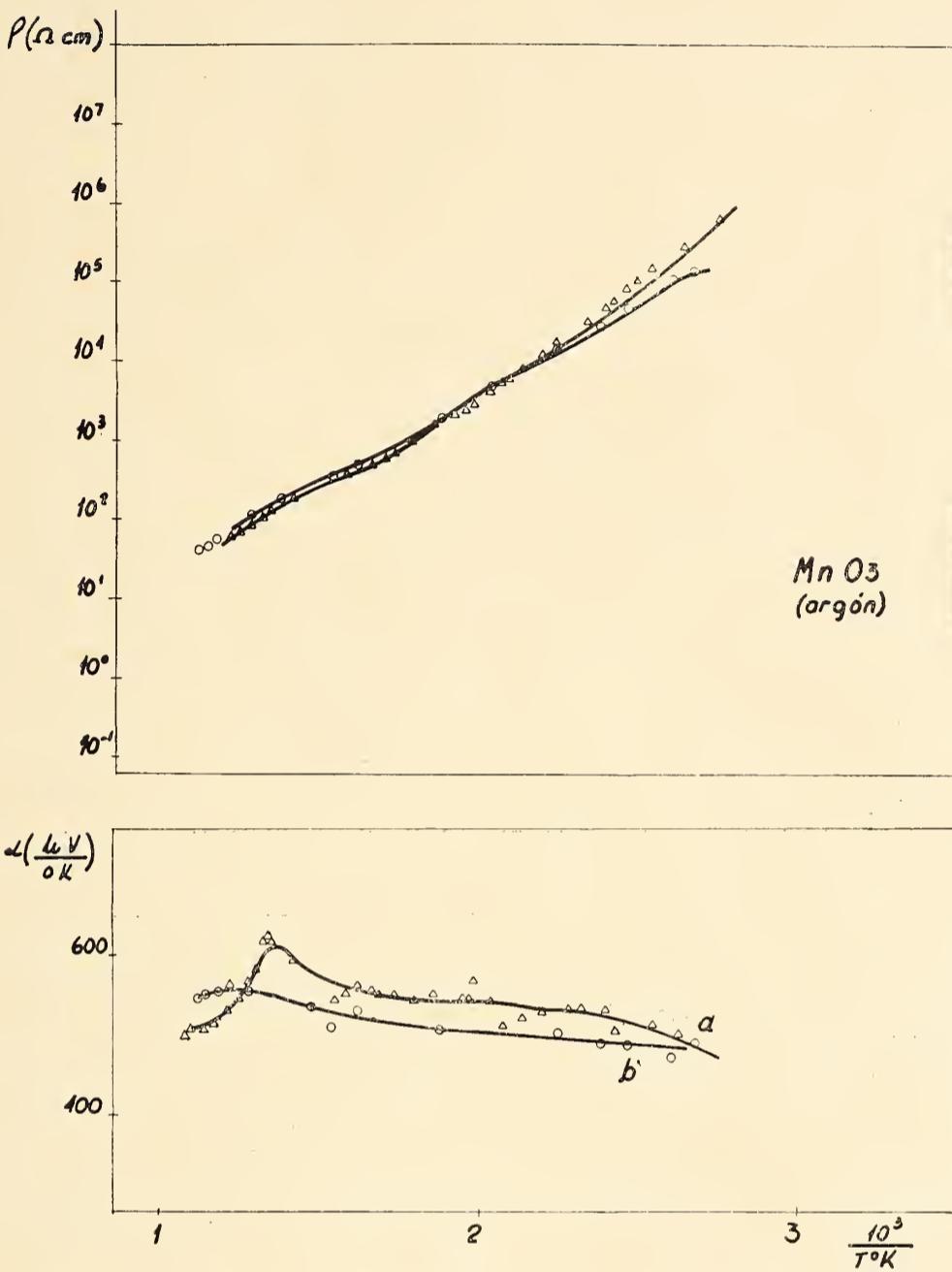


Fig. 6. — Primero y tercer ciclos en argón

Como se usó la fórmula

$$p' = \overline{N'v Na} \exp - \frac{Ea}{2KT} \text{ para evaluar } Nv$$

Sin embargo

$$p = \overline{Nv Na} \exp - \frac{Ea}{RKT}, \quad p/p' = \sqrt{\frac{Nv}{N'v}} \sim 1 - epU_N \frac{\sigma_N}{\sigma^2}$$

$$Nv = N'v \left(1 - eU_N p \frac{\sigma_N}{\sigma^2} \right)^2 \quad \therefore \quad Nv < N'v$$

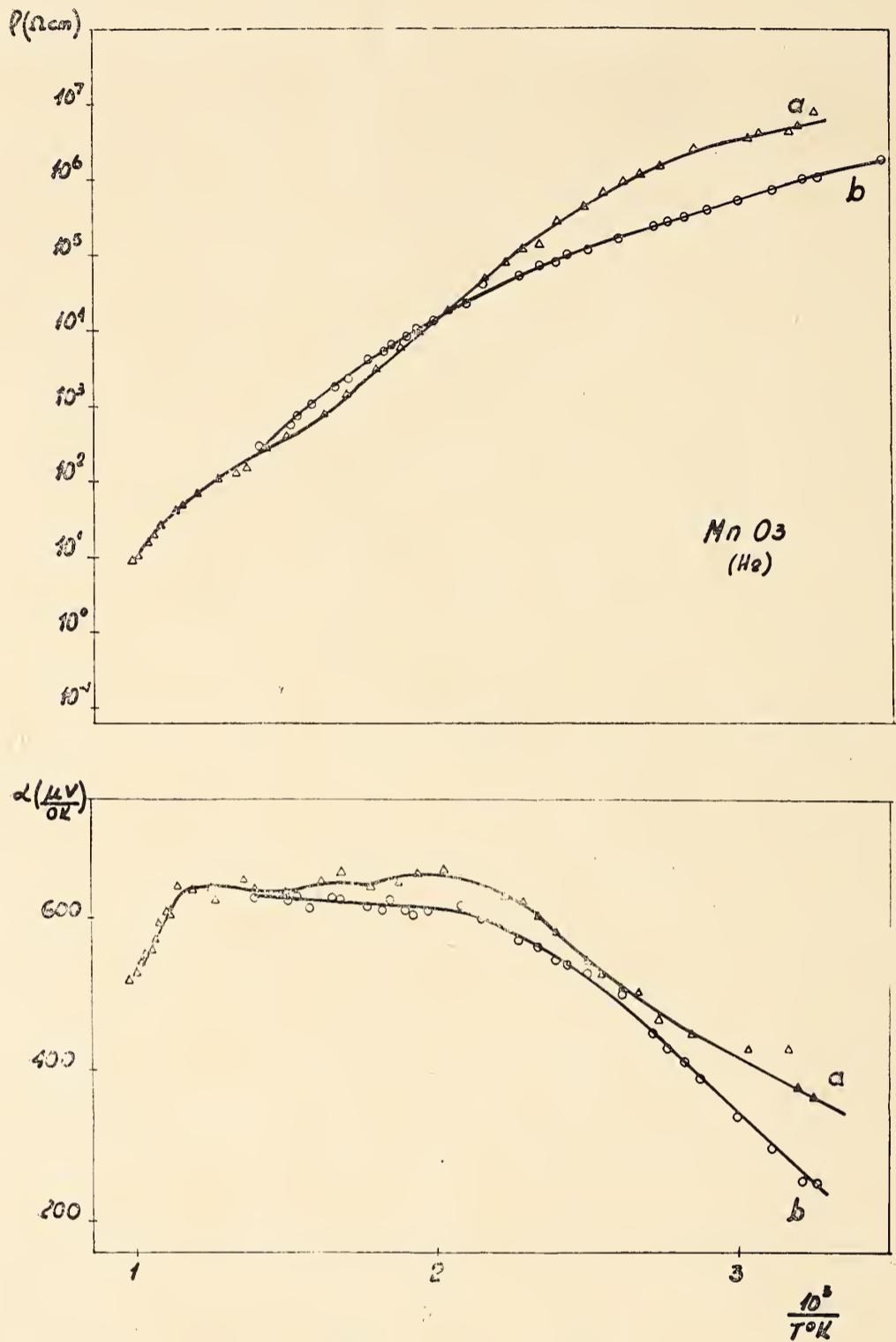


Fig. 7. — Segundo y tercer ciclos en hidrógeno

De la misma manera los valores calculados de

$$p \sim \frac{1}{1/p' + cU_N \frac{\sigma_N}{\sigma^2}}$$

resultan altos, alejándonos más de saturación.

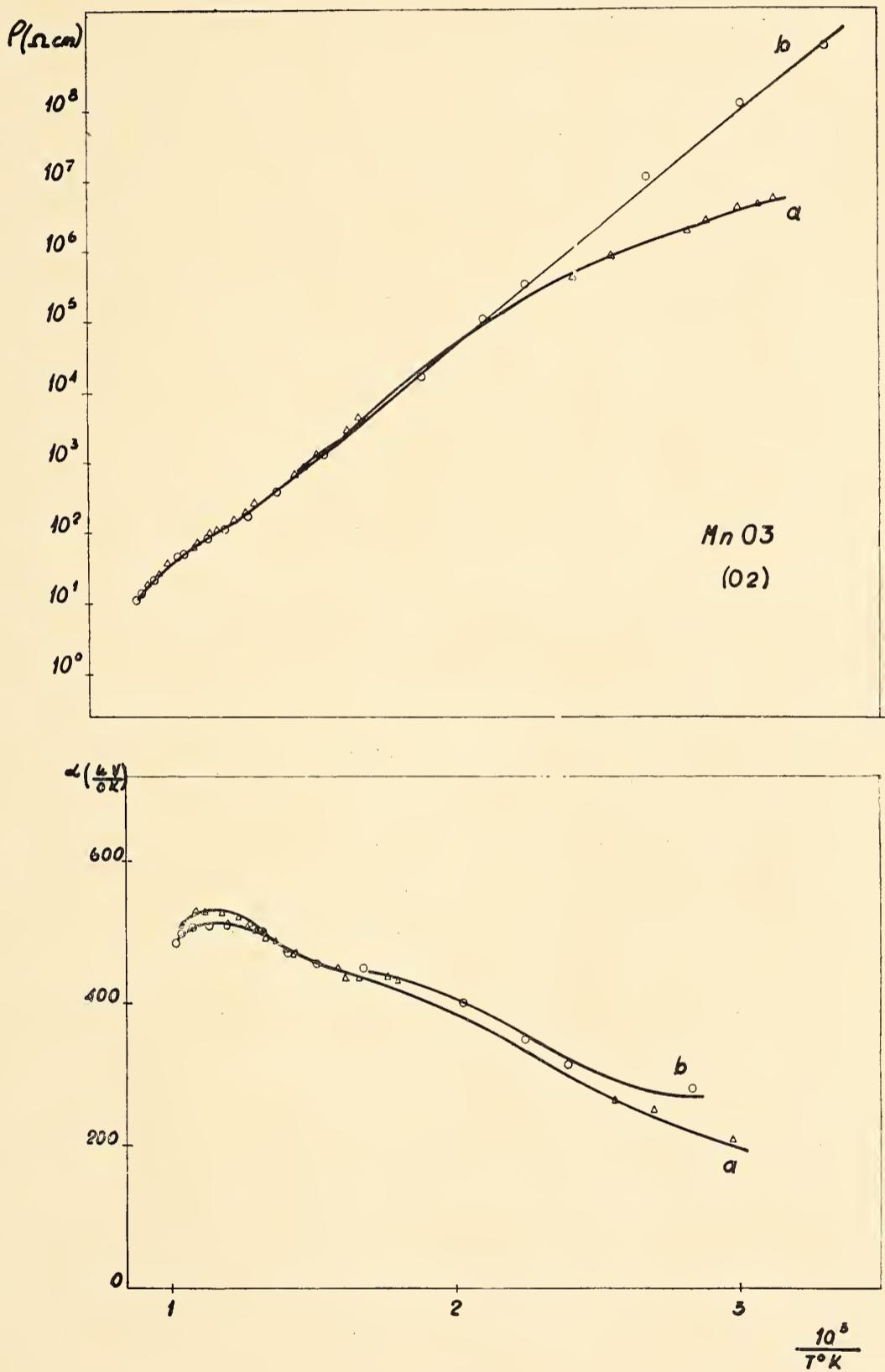


Fig. 8. — Primero y cuarto ciclos en argón, más 0,5 cm Hg aire

El cálculo del nivel de Fermi a partir de la fórmula por compensación, se justifica si los electrones de conducción son de alta movilidad, en cuyo caso de los datos de poder termoeléctrico puede calcularse su porcentaje en conductividad de alta temperatura. En efecto, de la fórmula de dos portadores

$$e\alpha = \frac{E_F \sigma_p}{T \sigma} - \frac{E_g - E_F \sigma_N}{T \sigma}$$

se obtiene.

$$\frac{\sigma_N}{\sigma} = \frac{E_F - e\alpha T}{E_g}$$

Los resultados de la muestra no oxidada dan:

T° K	$\frac{\sigma_N}{\sigma} \%$
350	12
400	10
450	8.9
500	8.1
550	7.9

En la muestra oxidada por vestigios de oxígeno en el argón y usando el codo a 670° K se obtiene

$$Nd \sim 2 \left(\frac{Nv Na}{\xi} \right)^{1/2} \exp - \frac{0,64 \times 12}{0,67} \sim 0,18 \times 10^{17}$$

que representa sólo un 0,14 % de compensación y como p es del orden de 10^{17} esto da un alto porcentaje de la conducción por impurezas. Recalculando el nivel de Fermi con la fórmula de compensación completa con los datos del poder termoeléctrico y los de Nv de la primer muestra pueden obtenerse estos valores de $\frac{\sigma_N}{\sigma}$.

T°K	$\frac{\sigma_N}{\sigma} \%$
400	37
490	38
570	32
650	26

Como se dijo más arriba los valores de N_V son altos y dan resultados de σ_N en el mismo sentido.

Las figuras 6, 7 y 8 dan los valores del poder termoeléctrico y resistividad en atmósfera de argón con vestigios de oxígeno, en H_2 y argón con 0,5 cm de presión de aire. El carácter complejo impide su análisis cuantitativo. Son necesarias más experiencias suplementarias (efecto Hall, gravimétricas, ópticas, etc.).

En conclusión:

Se agregan detalles técnicos de soldaduras sobre aislantes, las curvas características I-V y la interpretación de algunos resultados.

Se agregan curvas obtenidas por hidrogenación y oxidación. Existen datos experimentales e interpretaciones para temperaturas superiores a los $1100^\circ C$. No las hay en esta escala de temperaturas. Faltan experiencia complementarias y suplementarias para explicarlas.

No creemos que haga falta recurrir al mecanismo de hopping para explicar la movilidad. Si la zona de hopping existe lo es a temperatura más elevada (4).

Las informaciones provenientes de conductividad, efecto Hall poder termoeléctrico no son suficientes. Así se complementan con técnicas gravimétricas, ópticas, microscopía electrónica, cambios del nivel de dopaje y estudios en campos alternos en la región de conducción por impurezas, todo lo cual configura un tópico de interés en la investigación experimental en la física del estado sólido.

REFERENCIAS

1. R. R. Heikes and W. D. Johnston. *J. Chem. Phys.* 26, 582, (1957).
2. P. Nagels and M. Denayer. *Sol. St. Comm.* 5, 193 (1967).
3. M. Ali, M. Fridman, M. Denayer and P. Nagels. *Phys. St. Sol.* 28, 193 (1968).
4. A. Z. Hed and D. S. Tannhauser. *The J. of Ch. Phy.* 47, 2090 (1967).
5. Ya. M. Ksendzov, B. K. Avdeenko and V. V. Mokokov. *Sov. Phy. Sol. St.* 9, 828, (1967).
6. J. Devreese, R. de Coninck and H. Pollak. *Ph. St. Sol.* 17, 825, (1966).

LA FUNCION DE LAGRANGE Y LOS SISTEMAS CONSERVATIVOS

POR ING. MARIO PABLO MODESTO TOZZINI

Creo firmemente, en unión con la mayor parte de los físicos que la hipótesis de los cuantos encontrará al fin, su explicación en ciertas expresiones que constituyan una fórmula más exacta de la ley de causalidad.

MAX PLANCK

RESUMEN

La Lagrangiana con las consecuencias exactas del « Problema de Schwartzchild » presumiendo constancia del momento angular, demuestran una absoluta equivalencia entre las condiciones de Lagrange y las ecuaciones de las geodésicas.

Por tanto, la integral de acción es un potencial tetradimensional que, mediante las conexiones métricas de Weyl-Riemann, justifica el doble aspecto del mundo físico.

La « incongruencia » entre el elemento espacial construido con la energía e impulsos, y el correspondiente obtenido mediante las coordenadas espaciotemporales, conduce a conclusiones similares al principio de incertidumbre, y las mecánicas ondulatoria y cuántica, resultan de la teoría de la relatividad.

Aplicado lo precedente a soluciones lineales de un campo central electromagnético, suministra autovalores energéticos del hidrógeno muy similares a los de Dirac, con idéntico espaciamiento en niveles de estructura fina, empleando los números cuánticos k , con su signo.

Las ecuaciones del movimiento y canónicas, mecánicas y electromagnéticas, se obtienen de sendas Lagrangianas y Hamiltonianas.

SUMMARY

Lagrangian Function obtained with exact consequences of « Schwartzchild's Problem » in a gravitatory field, with constant angular momentum shows absolute equivalence between Lagrange's Conditions and Geodesic Equations.

Thus, Action Integral consists in a 4-dimensional potential, which, applied to Weyl-Riemann Metric Connections, justifies the dual character (particle-like and wave-like), of Physical World.

« Uncongruency » between a wave space element built with energy and

momenta, and the corresponding one obtained with space-time coordinates brings to similar conclusions as Uncertainty Principle, so, Wave and Quantum Mechanics are Relativity Theory consequences.

Preceding considerations, applied to linear solutions of a central electromagnetic field Lagrangian, brings to hydrogen atom eigenvalues of energy very similar to the Diracs's ones with identical spread of fine structure levels, having the the advantage of employing k quantum numbers with their respective sings.

Mechanic and electromagnetic Movement and Canonical Equations are obtained from corresponding Lagrangian and Hamiltonian Functions.

INTRODUCCION

El presente trabajo, cuyo desarrollo es, tal vez, distinto a las prácticas usuales, está destinado a suministrar a la Función de Lagrange y, por consiguiente, a la integral de acción, un carácter sumamente significativo con relación a la solución de la mayoría de los problemas físicos en los sistemas cerrados o conservativos, es decir, que no producen intercambios con el exterior.

Los motivos para seleccionar tales puntos en procura de dicho fin, derivan de la indiscutible jerarquía que dicha función y el principio de extrema acción han tenido, dentro del marco de la física clásica, para la elegante determinación, tanto de las ecuaciones del movimiento, como de las relaciones canónicas.

Súmase a ello la facilidad con que se hacen extensivos, sin mayores dificultades, a la Relatividad Especial, tanto por que, en este caso la Función de Lagrange, en la forma:

$$\mathcal{L} = \bar{p} \bar{v} - E$$

es un eficaz conducto para la obtención de los impulsos, como también porque el principio de extrema acción, prácticamente se identifica con la condición: $\delta(-m_0c \int ds) = 0$, en el caso del movimiento rectilíneo uniforme en el vacío.

Ocurre, por consiguiente, discurrir la posibilidad de emplear dicha forma de la Función de Lagrange en el terreno de la Relatividad General y buscar cuáles son las relaciones que existen, siempre dentro de esta disciplina, entre el principio de extrema acción y el $\delta(-m_0c \int ds) = 0$ en presencia del campo. Para ello se tiene en cuenta que la Teoría de la Relatividad General no excluye la posibilidad de una aparente modificación de la masa con el

campo y se especula con dicha posibilidad, a los efectos de que se cumplan las conclusiones relativistas en cuanto al campo central y resulten como solución aproximada las ecuaciones clásicas de la energía.

Previa suposición de dicha aparente modificación de la masa con el campo, la primer cuestión, o sea, la generalización de la Función de Lagrange a la Relatividad General es casi inmediata.

En cuanto a la segunda, a pesar de que las ecuaciones de las geodésicas” de Einstein se obtienen precisamente extremando el “recorrido”, no hay coincidencia entre $-m_0c \int ds$ y la acción, aun teniendo en cuenta, las conclusiones del presente trabajo, aunque sí, él mediante, en los sistemas mecánicos puede demostrarse que: $\delta(-m_0c \int ds) = 0$ y el principio de extrema acción son equivalentes. En efecto, si se acepta que en los sistemas conservativos —en especial los sistemas centrales— el momento de la cantidad de movimiento permanece constante, convalidando además sobre tablas las conclusiones del único problema que, en mi entender, ha sido resuelto exacta o quasi exactamente por medio de la Relatividad General, cual es el “problema de Schwartzchild”, previa aceptación de la aparente modificación de la masa con el campo, la diferencia entre $-m_0c \int ds$ y la acción \mathcal{A} , es del tipo $\int H dt$ de modo que:

$$\mathcal{A} = -m_0c \int ds + \int H dt$$

Dicha cuestión no altera las condiciones físico-matemáticas del problema si H es constante, como resulta, si de acuerdo con nuestras conclusiones, coincide con la diferencia entre la energía de un estado particular y la de la respectiva masa en reposo.

En este caso, aunque la acción no sea igual ni proporcional a la “trayectoria”, el principio de extrema acción es *equivalente* a las ecuaciones de las “geodésicas”.

Especulando aun más con la Función de Lagrange y el principio de extrema acción, el otro aliento que ha perseguido el trabajo que se presenta, es establecer la relación que hay entre la mecánica ondulatoria y la mecánica cuántica con los principios de la Relatividad, buscando en éstos los fundamentos de aquéllas.

Tal aliento se intensifica al soplo de la importancia que tienen las relaciones canónicas en los métodos de ambas mecánicas y ello evidencia una función determinante por parte de la integral de acción respecto a los principios que hacen necesaria la aplicación de dichas disciplinas.

Otra cuestión que, como se ha dicho, dentro de la Relatividad General sería interesante indagar en procura de una justificación, es el doble aspecto con que los fenómenos se presentan a la observación, resultando ya sea corpusculares ya ondulatorios según el tipo de experiencia que se practica.

Es obvio que, para tratar tales puntos, es imprescindible tener en cuenta especialmente el principio de incertidumbre destacando la diferencia que debe existir entre el elemento espacial construido con los "impulsos" y el construido con la "trayectoria". Es precisamente dicho principio el que establece su "incongruencia" desde que no es posible verificar un tipo de observación que permita "medir" con precisión aquéllos y ésta simultáneamente.

Para ello hemos recurrido a otro tema que, dentro de la Relatividad General, igual que el problema de Schwartzchild, no ha salido del marco especulativo de la matemática pura y que, hasta la fecha, no ha sido objeto de aplicación práctica.

Tal es el "principio de conexión métrica" exhaustivamente analizado por Weyl.

Basándonos en dichos estudios y utilizando una función proporcional a la integral de $\sqrt{p^2 - E}$ como exponente de e para "construir" un factor de contraste en las conexiones métricas de Weyl-Riemann, obtenemos una "onda" con las mismas propiedades que la función de onda de la mecánica ondulatoria y cuya vinculación se puede establecer "estadísticamente" por el principio de incertidumbre.

Por medio de dicho factor de contraste es fácilmente explicable la "dualidad" del mundo físico porque es posible cambiar el sistema de patrones, manteniendo el sistema de coordenadas y, por ello, es posible "medir" un fenómeno con patrones constantes u ondulatorios con referencia al mismo sistema de coordenadas, sin alterar el principio de conexión métrica.

Todo ello es practicable por la particularidad que, desde nuestro punto de vista y para los sistemas conservativos, posee la acción y, por consiguiente, toda función que le sea proporcional, cual es, la de constituir un potencial en el espacio de cuatro dimensiones.

Lo expresado precedentemente, conduce a una ley para los fenómenos conservativos, cuya primera parte no es nueva en el terreno de la física, que se puede resumir en la siguiente manera:

“Los fenómenos conservativos, se verifican de un modo tal, que las *acciones* resultan *extremas* y, por consiguiente, por ser proporcionales a ellas, también resultan *extremos* los exponentes de e en las funciones de onda que los representan”.

Dicha ley sería, pues, absolutamente exacta en los sistemas conservativos mecánicos, pero resulta más riesgosa su aplicación en los electromagnéticos, por lo que a continuación se expresa:

- 1º) Se ha supuesto en nuestro trabajo una analogía geométrica entre el potencial mecánico y el potencial escalar.
- 2º) La equivalencia entre el principio de extrema acción y las “geodésicas” que resultan de dicha analogía exigiría que:

$$\delta \int (\bar{p} \bar{v} - E) dt = 0.$$
- 3º) La “acción” mencionada en el ítem anterior no coincide con la acción electromagnética que exige el cumplimiento de

$$\delta \int (\bar{P} \bar{v} - E) dt = 0$$
 constituida a su vez con los impulsos totales y no con los impulsos mecánicos como la primera.
- 4º) El cumplimiento simultáneo de las condiciones de Lagrange en ambas expresiones sólo es factible cuando la variación temporal del potencial vector coincide con la fuerza debida al campo magnético en la expresión de Lorentz.

Es posible que ello ocurra en los sistemas conservativos centrales, desde que, todos los planteos utilizados hasta la fecha, para resolverlos con éxito, han prescindido de hacer intervenir el potencial vector por considerar su efecto despreciable.

En particular, en lo que se refiere a los sistemas centrales dinámicamente concebidos como desplazamiento de electrones alrededor de un núcleo, no correspondería el empleo de fuerzas eléctricas solamente, desde que, de no cancelarse la fuerza debida al campo magnético en la forma expresada en el punto 4º), ella debería existir, porque una carga eléctrica girando alrededor de un eje, indudablemente, genera campos magnéticos¹.

En cuanto a los exponentes de e en las funciones de onda representativas de estos fenómenos serían proporcionales a la acción citada en el punto 3º).

¹ Pero los sistemas atómicos son estacionarios, luego su campo magnético es nulo y la acción un potencial.

En efecto: en el campo electromagnético central, el momento angular de la masa $\frac{B}{c^2}$ debe ser constante, con B también constante. Como también el momento angular total debe ser constante, debe haber una masa $\frac{aB}{c^2}$ representativa del momento angular total que necesariamente deberá ser constante para cada estado.

De este modo $\bar{P} = a\bar{p}$ y $P^2 = a^2p^2$ por lo cual $p^2\psi = -\frac{\hbar^2}{a^2}\nabla^2\psi$, concepto que aplicado al Capítulo VI da como autovalores $B = \pm m_0c^2 \frac{a^2N^2}{a^2N^2 + \alpha^2}$ cuyas soluciones son idénticas a las del capítulo VII si $a^2N^2 = (s + n')^2$, siendo N entero.

CAPITULO I

LA FUNCION DE LAGRANGE

Por medio del cálculo de variaciones, se determina *la función de LAGRANGE* que constituye una función tal, cuyas derivadas respecto a las velocidades proveen los correspondientes impulsos y su integral con respecto al tiempo, que denominamos ACCIÓN, en este trabajo, constituye también, utilizando aquella disciplina, un medio eficaz para la obtención de las ecuaciones del movimiento.

La forma más común de dicha función de LAGRANGE es expresada en virtud de los impulsos y de la energía en la siguiente forma:

$$\mathcal{L} = \bar{p}\bar{v} - E \quad (\text{I-1})$$

Tal modo de expresión es el ordinario empleado en la mecánica clásica y se hace de aplicación inmediata a la Relatividad Especial partiendo del tetravector de los impulsos y la energía cuyas componentes son:

$$k_i = \frac{m \cdot v_i/c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad i = x, y \text{ ó } z; \quad k_t = \frac{m_0 i}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (\text{I-2})$$

Sumando geoméricamente dicho tetravector y dividiendo por $m_0/c^2\sqrt{1 - v^2/c^2}$ se obtiene:

$$\frac{m_0 v^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = - m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad (\text{I-3})$$

que, término a término, coincide con la I-1) siendo respectivamente:

$$\begin{aligned} m_0 v^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \bar{p} \bar{v} \quad (a); & m_0 c^2 / \sqrt{1 - v^2/c^2} &= E \quad (b) \\ & & - m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} &= \mathcal{L} \quad (c) \end{aligned} \quad (I-4)$$

Partiendo de la (I-3) se comprueba que derivándola respecto a las velocidades, según las diferentes direcciones, se obtienen los impulsos de la forma:

$$p_i = \frac{\delta \mathcal{L}}{\delta v_i} = m_0 v_i / \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad i = x, y, \text{ ó } z$$

Asimismo es notorio que $\frac{ds}{dt} = c \sqrt{1 - v^2/c^2}$ y, comparando las (I-4, b y c) aplicadas en (I-3) puede ponerse:

$$\mathcal{L} = \bar{p} \bar{v} - E = - m_0 c \frac{ds}{dt} = - E (1 - v^2/c^2) \quad (I-5)$$

Teniendo en cuenta que la Teoría de la Relatividad General no excluye la aparente modificación de la masa con el campo, puede generalizarse el procedimiento en el movimiento en presencia del campo mediante un tetravector similar en que la masa se encuentre afectada por una función ω adimensional que depende únicamente del campo, y cuyas componentes serían:

$$\begin{aligned} k_i &= \frac{\omega m_0 v_i / c}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \frac{B v_i}{c^3} \quad i = x, y, \text{ ó } z; & k_t &= \frac{\omega m_0 \dot{t}}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}; \\ B &= \frac{\omega m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \end{aligned} \quad (I-6)$$

el que, operando de un modo similar al de la Relatividad Especial, suministra la expresión:

$$\frac{\omega m_0 v^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - \frac{\omega m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = - \omega m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} = - B (1 - v^2/c^2) \quad (I-7)$$

que, término a término, del mismo modo, podríamos individualizar en la siguiente forma:

$$\frac{\omega m_0 v^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = \bar{p} \bar{v} = \frac{B v^2}{c^2}; \quad \frac{\omega m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = B; \quad - \omega m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} = \mathcal{L}_r \quad (I-8)$$

Luego, en forma similar a la (I-5) tendríamos:

$$\mathcal{L}_r = \bar{p} \bar{v} - B = - B (1 - v^2/c^2) \quad (I-9)$$

y de la cual la (I-5) sería un caso particular en que: $\mathcal{L} = \mathcal{L}_r$; $B = E$.

Si establecemos que la diferencia entre B y la energía E de un estado conservativo es H , de modo que:

$$B - H = E \quad (\text{I-10})$$

podemos obtener la *función de LAGRANGE* de la (I-9) sumando H :

$$\mathcal{L} = \mathcal{L}_r + H = \bar{p}\bar{v} - B + H = \bar{p}\bar{v} - E = -B(1 - v^2/c^2) + H \quad (\text{I-11})$$

Si en nuestro intento de generalización con relación a la (I-5) y la (I-9) comprendemos además la igualdad: $\mathcal{L}_r = -m_0c \frac{ds}{dt} = -B(1 - v^2/c^2)$ ello implica que a la ecuación (I-11) se le puede agregar un miembro más:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \mathcal{L}_r + H = \bar{p}\bar{v} - B + H = \bar{p}\bar{v} - E = -B(1 - v^2/c^2) + \\ + H = -m_0c \frac{ds}{dt} + H \quad (\text{I-11a}) \end{aligned}$$

La (I-11 a) sería entonces la forma general de la Función de LAGRANGE y su establecimiento definitivo en la Relatividad General depende del conocimiento de: $\frac{ds}{dt}$.

CAPITULO II

EL CAMPO CENTRAL Y LA FUNCION DE LAGRANGE

El clásico problema resuelto por la Relatividad General aplicando las ecuaciones $B_{,v} = 0$ es el del campo central, conocido con el nombre "*Problema de Schwartzchild*".

Ellas mediante, se obtiene la expresión del invariante y también las siguientes ecuaciones diferenciales respecto a las coordenadas: φ, r, t

$$r^2 \frac{d\varphi}{ds} = h \quad (a) \quad \frac{dt}{ds} = \frac{k}{1 - 2\kappa M/c^2 r} \quad (b) \quad (\text{II-1})$$

en las que h y k son constantes y M , que también lo es, se identifica con la masa central.

La (II-1 b), para deducir de ella el $\frac{ds}{dt}$, puede ponerse en la forma:

$$\frac{ds}{dt} = K \left(1 - \frac{2\alpha M}{c^2 r} \right) \quad (\text{II-2})$$

La constante K , que tiene las dimensiones de una velocidad, puede determinarse fácilmente aplicando la (I-11 a) en el reposo y en el vacío, en cuyo caso $M = 0$, $B = E$ y $v = 0$, de lo que resulta $K = c$

Sustituyendo, entonces, resulta:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \mathcal{L}_r + H &= \bar{p}\bar{v} - B + H = \bar{p}\bar{v} - E = -m_0c \frac{ds}{dt} + \\ &+ H = -B(1 - v^2/c^2) + H = -m_0c^2 - \frac{2\alpha M m_0}{r} + H \end{aligned} \quad (\text{II-3})$$

Si se tiene en cuenta que $\frac{-\alpha M m_0}{r}$ es la energía potencial V en lugar del último miembro puede ponerse:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = \mathcal{L}_r + H &= \bar{p}\bar{v} - B + H = \bar{p}\bar{v} - E = -m_0c \frac{ds}{dt} + \\ &+ H = -B(1 - v^2/c^2) + H = -m_0c^2 - 2V + H \end{aligned} \quad (\text{II-4})$$

Tomando de la precedente las dos últimas, puede obtenerse fácilmente:

$$\boxed{\sqrt{1 - v^2/c^2} = \sqrt{\frac{m_0c^2 + 2V}{B}}} \quad (\text{II-5})$$

que reemplazada en

$$-B(1 - v^2/c^2) = -B\sqrt{1 - v^2/c^2} \sqrt{1 - v^2/c^2} \quad \text{da:}$$

$$\boxed{\mathcal{L} = -B \sqrt{\frac{m_0c^2 + 2V}{B}} \sqrt{1 - v^2/c^2} + H} \quad (\text{II-6})$$

La ecuación (II-6) sería nuestra *función de LAGRANGE* de la cual pueden destacarse dos posibilidades:

- a) Que H sea constante.
- b) Que H sea una función del campo.

- a) Si H es constante, como $B = E + H$ y la energía de cada estado conservativo debe ser constante, resulta que B debe ser constante y nuestro problema habría sido resuelto.

b) En cambio, si H es una función del campo, la imposición de las condiciones de LAGRANGE a este caso, da expresiones muy complejas de difícil solución que no abordaremos.

El único caso sencillo es el clásico en uso y que hace

$$B = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = E - V$$

o sea que:

$$\Omega = - m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} - V$$

en el que $\omega = 1$ y $H = -V$ resultando por consiguiente:

$$E = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} + V$$

Adolece sin embargo del defecto que no se adapta al problema del campo central, si simultáneamente debe cumplirse la condición de que el momento de la cantidad del movimiento debe ser constante.

En efecto, la fórmula (II-1 a) establece que

$$r^2 \frac{d\varphi}{ds} = \text{cte} \quad \text{y} \quad \text{como} \quad \frac{dt}{ds} = k / \left(1 - \frac{2 \kappa M}{c^2 r} \right)$$

resulta que:

$$r^2 \frac{d\varphi}{dt} : \frac{1 - 2 \kappa M/c^2 r}{k} = \text{cte}$$

que no sería exacta si la velocidad areolar es constante, como se viene verificando por siglos en los movimientos planetarios.

Su exactitud deriva de la contracción de LORENTZ que afecta el desplazamiento en la dirección del movimiento de modo que $r d\varphi = v_\varphi dt$ en la que v_φ disminuye proporcionalmente a $\frac{ds}{dt}$ de modo que la (II-1 a) es equivalente a $r^2 \omega = \text{cte}$. en la que ω es la velocidad angular y que expresa la constancia de la velocidad areolar. Si a su vez dicha velocidad se multiplica por la masa relativista $\mu_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2}$, se obtiene una cantidad proporcional al momento de la cantidad de movimiento que no sería constante a menos que μ_0 varíe proporcionalmente a $\sqrt{1 - v^2/c^2}$, como ocurre si dicha masa

$$\mu_0 / \sqrt{1 - v^2/c^2} = \frac{B}{c^2} \quad \text{siendo} \quad B = \text{cte}$$

Es por ello que preferimos el caso en que $B = \text{cte}$ y, por consiguiente, $H = \text{cte}$. pero, para ello es necesario saber cuanto vale B . Con tal objeto buscaremos de obtener, dentro del proceso desarrollado, la fórmula de Newton como aproximación.

Para ello, volviendo a nuestra (II-4) podemos obtener:

$$m_0 c^2 + 2V = B(1 - v^2/c^2)$$

que fácilmente puede ponerse:

$$\frac{Bv^2}{2c^2} + V = \frac{\bar{p}v}{2} + V = \frac{B - m_0 c^2}{2} = H \quad (\text{II-7})$$

similar a la fórmula de Newton con la diferencia que $\bar{p} = \frac{Bv}{c^2}$,

en lugar de $m_0 \bar{v}$, de modo que, si hacemos $\frac{B - m_0 c^2}{2} = H$ resulta:

$$\boxed{B = m_0 c^2 + 2H} \quad \text{y} \quad \boxed{E = m_0 c^2 + H} \quad (\text{II-8})$$

En resumen, la ecuación (II-6) con la condición (II-5) es nuestra *Ecuación de LAGRANGE* en la que es fácil confirmar que aplicando la condición de LAGRANGE para $B = \text{cte.}$:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial \bar{\mathcal{L}}}{\partial \bar{v}} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{B \bar{v}}{c^2} \right) = - \text{grad } V \quad (\text{II-9})$$

o sea las ecuaciones del movimiento para un impulso $\bar{p} = \frac{B \bar{v}}{c^2}$ en presencia del campo.

Asimismo, como $B = \text{cte.}$ podemos hacer

$$Q = \frac{B}{m_0 c^2} = 1 + \frac{2H}{m_0 c^2}$$

y, si tenemos en cuenta que:

$$B = \frac{\omega m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} = Q m_0 c^2 \quad (\text{II-10})$$

resulta

$$\omega m_0 c^2 = Q m_0 c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2}$$

y por la (II-5) es:

$$\boxed{\omega = Q \sqrt{\frac{m_0 c^2 + 2V}{B}}} \quad (\text{II-11})$$

es decir que habríamos logrado la expresión que afecta aparentemente la masa en presencia del campo.

CAPITULO III

LA FUNCION DE LAGRANGE EN EL CAMPO ELECTROMAGNETICO

En este caso sería necesario contar con un $\frac{ds}{dt}$ similar al obtenido en el campo central gravitatorio. A falta de ello razonaremos del siguiente modo:

El potencial escalar es, geoméricamente, de la misma índole que el potencial gravitatorio luego; en el $\frac{ds}{dt}$, el término correspondiente debe ser similar al del último. En cambio, el potencial vector, por formar parte del impulso total no se necesario que aparezca en el $\frac{d}{dt}$ y, más aún, para que se cumpla una importante cuestión física cual es el principio de incertidumbre, por aparecer dicho potencial en la forma $\frac{e}{c} \bar{A} \bar{v}$ y contener a la velocidad, no debe formar parte de la "trayectoria".

El impulso total deberá ser, en la expresión que buscamos, la suma del impulso mecánico y el correspondiente al potencial vector. Podemos pues poner:

Impulso mecánico:

$$\bar{p} = \frac{B \bar{v}}{c^2} \quad (\text{III-1})$$

Impulso total:

$$\bar{P} = \bar{p} + \frac{e}{c} \bar{A} \quad (\text{III-2})$$

Ecuación del elemento espacial:

$$\sum_r = - m_0 c \frac{ds}{dt} = - B (1 - v^2/c^2) \quad (\text{III-3})$$

Ecuación de los impulsos:

$$\mathcal{E} - H = \bar{P} \bar{v} - B = \left(\bar{p} + \frac{e}{c} \bar{A} \right) \bar{v} - B \quad (\text{III-4})$$

Función de Lagrange:

$$\mathcal{L} = \bar{P} \bar{v} - B + H = \left(\bar{p} + \frac{e}{c} \bar{A} \right) \bar{v} - E \quad (\text{III-5})$$

Si nuestro $\frac{ds}{dt}$ debe agrupar el potencial escalar y el gravitatorio, deberá ser:

$$\frac{ds}{dt} = c(m_0 c^2 + 2V + 2e\Phi)/m_0 c^2 \quad (\text{III-6})$$

y según (III-3) y (III-1):

$$\bar{p} \bar{v} - B = -B(1 - v^2/c^2) = -m_0 c^2 - 2V - 2e\Phi \quad (\text{III-7})$$

pero, para que de la precedente resulte la (III-4) es necesario sumar a ambos miembros $\frac{e}{c} \bar{A} \bar{v}$ y entonces:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} - H = \bar{P} \bar{v} - B &= \left(\bar{p} + \frac{e}{c} \bar{A} \right) \bar{v} - B = \\ &= -m_0 c^2 - 2V - 2e\Phi + \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v} \end{aligned} \quad (\text{III-9})$$

y, como por (III-1) es $\bar{p} = \frac{B \bar{v}}{c^2}$ resulta:

$$\boxed{\sqrt{\frac{1}{B} \left(m_0 c^2 + 2V + 2e\Phi - \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v} \right)} = \sqrt{1 - v^2/c^2 - \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v}/B}} \quad (\text{III-10})$$

Además, según la (III-9) puede ponerse:

$$\mathcal{L} - H = \bar{P} \bar{v} - B = -B(1 - v^2/c^2) + \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v} \quad (\text{III-11})$$

de modo que, sacando factor común a B:

$$\mathcal{L} - H = \bar{P} \bar{v} - B = -B \left(1 - v^2/c^2 - \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v}/B \right) \quad (\text{III-12})$$

Teniendo en cuenta que el paréntesis es el cuadrado de la raíz de (III-10) aplicando aquella, se obtiene:

$$\begin{aligned} \mathcal{L} - H = -B \sqrt{\frac{1}{B} \left(m_0 c^2 + 2V + 2e\Phi - \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v} \right)} \cdot \\ \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2 - \frac{e}{c} \bar{A} \bar{v}/B} \end{aligned} \quad (\text{III-13})$$

o sea que, definitivamente:

$$\mathcal{L} = -B \sqrt{\frac{1}{B} \left(m_0 c^2 + 2V + 2e\Phi - \frac{e}{c} \bar{\mathbf{A}} \bar{v} \right)} \cdot \sqrt{1 - v^2/c^2 - \frac{e}{c} \bar{\mathbf{A}} \bar{v} / B + H} \quad (\text{III-14})$$

La (III-14) con la condición (III-10) constituye nuestra *Ecuación de LAGRANGE* en presencia del campo electromagnético.

En efecto: derivando con respecto a \bar{v} y aplicando la condición (III-10), resulta:

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \bar{v}} = B \frac{\bar{v}}{c^2} + 2 \left(\frac{1}{2} \frac{e}{c} \bar{\mathbf{A}} \bar{v} \right) = \frac{B \bar{v}}{c^2} + \frac{e}{c} \bar{\mathbf{A}} = \bar{\mathbf{p}} \quad (\text{III-15})$$

y, también derivando con respecto a \bar{r} , teniendo en cuenta la (III-13):

$$\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \bar{r}} = -\text{grad } V - e \text{ grad } \Phi + 2 \left(\frac{1}{2} \frac{e}{c} \text{grad } \bar{\mathbf{A}} \bar{v} \right) \quad (\text{III-16})$$

Aplicando entonces las condiciones de Lagrange:

$$\frac{d}{dt} \left(\bar{\mathbf{p}} + \frac{e}{c} \bar{\mathbf{A}} \right) = -\text{grad } V - e \text{ grad } \Phi + \frac{e}{c} \text{grad } \bar{\mathbf{A}} \bar{v} \quad (\text{III-17})$$

Es fácil demostrar (véase Landau y Lifchitz, "Theorie du Champ", Editions de Moscou, 1966, pág. 62 y sigtes.) que partiendo de (III-17), se obtiene:

$$\frac{d\bar{\mathbf{p}}}{dt} = e \bar{\mathcal{E}} + \frac{e}{c} \bar{v} \times \bar{\mathcal{H}} - \text{grad } V \quad (\text{III-18})$$

es decir, la Fuerza de Lorentz en el campo electromagnético adicionada de la fuerza debida al potencial mecánico.

En la (III-18), $\bar{\mathcal{E}}$ es el campo eléctrico y $\bar{\mathcal{H}}$ el campo magnético definidos ambos por:

$$\bar{\mathcal{E}} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \bar{\mathbf{A}}}{\partial t} - \text{grad } \Phi$$

$$\bar{\mathcal{H}} = \text{rot } \bar{\mathbf{A}}$$

CAPITULO IV

LA ECUACION DE LA ENERGIA

Ya se ha visto que

$$\bar{p}\bar{v} - B + H = -m_0c \frac{ds}{dt} + H \quad (\text{IV-1})$$

y, por ser en el caso electromagnético, según (III-6):

$$cm_0 \frac{ds}{dt} = m_0c^2 + 2V + 2e\Phi \quad (\text{IV-2})$$

resulta:

$$\bar{p}\bar{v} - B = - (m_0c^2 + 2V + 2e\Phi) \quad (\text{IV-3})$$

Multiplicando por B y teniendo en cuenta que $B = E + H$, y que $\bar{p} = \frac{B\bar{v}}{c^2}$ de la (IV-3) se obtiene:

$$p^2c^2 - (E + H)^2 + B(m_0c^2 + 2V + 2e\Phi) = 0 \quad (\text{IV-4})$$

es decir que:

$$\boxed{E = -H \pm \sqrt{B(m_0c^2 + 2V + 2e\Phi) + p^2c^2}} \quad (\text{IV-5})$$

Ya se ha dicho en el Capítulo anterior que $\bar{P} = \bar{p} + \frac{e}{c}\bar{A}$ por lo que la (IV-5) puede también escribirse del siguiente modo:

$$\boxed{E = -H \pm \sqrt{B(m_0c^2 + 2e\Phi + 2V) + \left(\bar{P} - \frac{e}{c}\bar{A}\right)^2 c^2}} \quad (\text{IV-6})$$

Por ser $E + H = B$, puede observarse que el radical equivale a $\pm B$. Con estas consideraciones las (IV-5) y (IV-6) son las ecuaciones de la energía o más bien las Funciones de Hamilton, en el campo electromagnético.

En efecto, considerando que el radical es igual a B y derivando la (IV-5) respecto a \bar{p} resulta:

$$\frac{\partial E}{\partial \bar{p}} = 2\bar{p} \times \frac{1}{2} \frac{c^2}{B} = \frac{\bar{p}c^2}{B} \quad (\text{IV-7a})$$

y como $\bar{p} = \frac{B}{c^2} \bar{v}$ resulta:

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \bar{p}} = \bar{v} \quad (\text{IV-7 b})$$

Del mismo modo si se deriva la (IV-6) respecto a \bar{P} :

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \bar{P}} = 2 \left(\bar{P} - \frac{e}{c} \bar{A} \right) \frac{c^2}{B} \times \frac{1}{2} = \left(\bar{P} - \frac{e}{c} \bar{A} \right) \frac{c^2}{B} = \bar{v} \quad (\text{IV-8})$$

En cuanto a la derivada de E con respecto a \bar{r} , resulta de (IV-6):

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \bar{r}} = \text{grad } V + e \text{ grad } \Phi - \frac{e}{c} \text{ grad } \bar{A} \bar{v} \quad (\text{IV-9})$$

y, por la fórmula (III-17) del Capítulo anterior, resulta, entonces:

$$\frac{\partial \bar{E}}{\partial \bar{r}} = - \frac{d}{dt} \left(\bar{p} + \frac{e}{c} \bar{A} \right) = - \frac{d}{dt} \bar{P} \quad (\text{IV-10})$$

Las (IV-7 b); (IV-8) y (IV-10) son, pues, las relaciones canónicas.

CAPITULO V

EL FACTOR DE CONTRASTE Y LA FUNCION ONDA

El principio de conexión métrica establece la "congruencia" de los vectores $\bar{u}^i (P + dP)$ y el $u^i (P)$ en una variedad de modo que la diferencia de los cuadrados de sus módulos está constituida por la relación:

$$\bar{l}^2 - l^2 = 2 K_{ij, m} \cdot u^i u^j dx^m$$

en el que $K_{ij, m}$ es un tensor que puede ser simétrico respecto a i y j (véase "La Relatividad" de E. Terradas y R. Ortiz, Espasa Calpe Argentina, 1952, pág. 197 y sigtes.).

Entonces, por dicha relación:

$$\delta (l^2) = 2 l \delta l = 2 K_{ij, m} \cdot u^i u^j dx^m$$

y, como $l^2 = g_{ij} u^i u^j$ la variación relativa es:

$$\frac{\delta l}{l} = \frac{K_{ij, m} u^i u^j dx^m}{g_{ij} u^i u^j} \quad (\text{V-1})$$

Para que la congruencia del vector sea independiente de la dirección, basta que haya un vector covariante φ_m , tal que tenga idénticamente:

$$K_{ij, m} = g_{ij} \varphi_m$$

que reemplazado en (V-1), resulta:

$$\frac{\delta l}{l} = \varphi_m dx^m \quad (\text{V-2})$$

Si los φ_m son arbitrarios, constituyen las conexiones métricas de Weyl. Integrada la anterior:

$$l = l_0 e^{\int \varphi_m dx^m} = l_0 \lambda \quad (\text{V-3})$$

en la que λ es el que se da en denominar "factor de contraste". En una línea cerrada, es decir cuando coincide P con P₀ la "medida", en general, dependerá de la línea seguida para llegar a P₀ nuevamente. Para que dicha "medida" sea igual, es necesario que λ sea independiente del camino recorrido, es decir que:

$$U = \int \varphi_m dx^m$$

sea una función potencial, en cuyo caso cada componente del tensor:

$$F_{ik} = \left(\frac{\partial \varphi_k}{\partial x_i} - \frac{\partial \varphi_i}{\partial x_k} \right)$$

es nula. En este caso se está en presencia de una conexión métrica de Riemann según Weyl y entonces existe un escalar U, cuyo gradiente tiene por componentes las $\varphi_m = \frac{\delta U}{\delta x^m}$ y el transporte por congruencia de un vector dado tendrá siempre el mismo módulo. Tal es el tipo de conexión empleado por Einstein en la Relatividad General al dar como ecuaciones del campo en un punto carente de masas.

$$B_{w\mu} = 0 \quad \text{y} \quad \sqrt{-g} = 1$$

En la Relatividad Especial, que contempla el movimiento uniforme en el vacío, la no existencia de masas intuye la equivalencia de todos los puntos y ello haría suponer que, de existir dicho potencial, sería constante o nulo. Sin embargo es diferente del resto del espacio el P (x, y, z, t) que representa la posición del móvil.

En efecto: para una masa m_0 cuya acción está en este caso representada por:

$$\begin{aligned} \mathcal{A} &= -m_0 \int_{s_0}^s ds = -m_0 \int_{t_0}^t c \sqrt{1 - v^2/c^2} dt = \\ &= \int_{t_0}^t \mathcal{L} dt = \int_{t_0}^t (\bar{p} \bar{v} - E) dt \quad (\text{V-4}). \end{aligned}$$

la misma (V-4) constituye una función potencial y, por consiguiente también lo es si se multiplica por una constante real o imaginaria de modo que bien puede ser

$$U = k \mathcal{A} \quad (\text{V-5}).$$

Ello es fácil de observar por que, siendo: $v_i dt = dx_i$

$$U = k \int \frac{E}{c^2} (v_x dx + v_y dy + v_z dz - c^2 dt) \quad (\text{V-6}).$$

en la que resultan:

$$\varphi_x = k p_x; \quad \varphi_y = k p_y; \quad \varphi_z = k p_z; \quad \varphi_t = -k E$$

es evidente que las F_{ik} resultan nulas por ser $\varphi_m = \text{cte}$.

Si, para un sistema conservativo, se tiene en cuenta lo visto en Capítulos anteriores acerca de la masa impulsiva que variaría con el campo de modo de compensar el efecto de la velocidad, podemos también admitir la existencia de una función potencial de idéntica naturaleza a la de la Relatividad Especial construída con la acción.

$$U = k \mathcal{A} = k \int \frac{B}{c^2} \left(v_x dx + v_y dy + v_z dz - \frac{E}{B} c^2 dt \right) \quad (\text{V-7}).$$

que cumple con las mismas condiciones y en la cual también los F_{ik} son iguales a cero, por ser los impulsos sólo función de las velocidades y ser nulas sus derivadas respecto a las coordenadas¹.

Nada impide que la constante k sea $k = \frac{2\pi i}{h}$ en la cual h es la constante de Planck de modo que, de acuerdo con (V-3) podemos poner:

$$\lambda = e^U; \quad U = \frac{2\pi i}{h} \mathcal{A} = \frac{2\pi i}{h} \int (p_x dx + p_y dy + p_z dz - E dt) \quad (\text{V-8}).$$

¹ Lo correcto es deducir la nulidad de F_{ik} de la derivación covariante.

De acuerdo con la (V-8) entonces, el factor de contraste λ es función de la energía y de los impulsos y abarca ambos casos del movimiento rectilíneo uniforme en el vacío y los sistemas conservativos porque, de acuerdo a lo expresado en el presente trabajo, en los últimos, la masa impulsiva resultaría constante e igual a $\frac{B}{c^2}$.

Obsérvese que las derivadas parciales de los impulsos respecto a las coordenadas son nulas de modo que:

$$\frac{\partial p_i}{\partial x_i} = 0 \quad \text{i igual a 1,2 ó 3}^1 \quad (\text{V-9})$$

y, por consiguiente, derivando λ respecto a las coordenadas x, y, z se obtiene:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial x_i} = \frac{2\pi_i}{h} p_i \lambda \quad (\text{V-10})$$

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x_i^2} = -\frac{4\pi^2}{h^2} p_i^2 \lambda + \frac{2\pi_i}{h} \frac{\partial p_i}{\partial x_i} \lambda \quad \text{y como } \frac{\partial p_i}{\partial x_i} = 0$$

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial x_i^2} = -\frac{4\pi^2}{h^2} p_i^2 \lambda \quad (\text{V-11})$$

Es decir, que la función λ , aun siendo un "factor de medida", actúa en forma exactamente igual a la función ψ de la mecánica ondulatoria.

Del mismo modo se cumple que:

$$\frac{\partial \lambda}{\partial t} = -\frac{2\pi_i}{h} E \lambda \quad (\text{V-12})$$

$$\frac{\partial^2 \lambda}{\partial t^2} = -\frac{4\pi^2}{h^2} E^2 \lambda \quad (\text{V-13})$$

Es decir que, asimismo, actúa igual respecto a la energía.

De las precedentes, entonces, se desprenden los siguientes valores en función de λ :

$$p_i \lambda = -\frac{i h}{2\pi} \frac{\partial \lambda}{\partial x_i}; \quad p_i^2 \lambda = -\frac{h^2}{4\pi^2} \frac{\partial^2 \lambda}{\partial x_i^2};$$

$$E \lambda = \frac{i h}{2\pi} \frac{\partial \lambda}{\partial t}; \quad E^2 \lambda = -\frac{h^2}{4\pi^2} \frac{\partial^2 \lambda}{\partial t^2} \quad (\text{V-14})$$

¹ En realidad la que es « efectivamente » nula es la derivada covariante.

Asimismo, se pueden asociar diferentes factores de contraste sin cambiar el sistema de coordenadas. Sea por ejemplo la expresión tantas veces usada en este trabajo:

$$\overline{p v} - B = - m_0 c \frac{ds}{dt} \quad (\text{V-15})$$

Ambos miembros expresan el valor que hemos llamado \mathcal{E}_r , pero el primero de los dos lo hace en función de los impulsos y la energía y el segundo en función de la trayectoria. Diferenciamos ambas formas de expresión desde que, por el principio de incertidumbre, es imposible establecer con precisión los impulsos y la energía simultáneamente con la "posición" en el espacio-tiempo. La determinación exacta de esta última equivaldría a decir que el factor de contraste de $-m_0 c \frac{ds}{dt}$ sería *constante*, por lo cual, con un conveniente sistema de unidades puede hacerse igual a 1.

Supongamos que se haya determinado y llamemos l a su valor. Simultáneamente que fuera l_0 el obtenible en función de los impulsos y que tenga carácter *ondulatorio*. Uno y otro no son "congruentes" lo que, en resumen sería equivalente a lo establecido por el principio de incertidumbre. Su "congruencia" solamente podría establecerse por medio del principio de conexión métrica de modo que:

$$l_0 = l\lambda \quad \text{o sea} \quad l = \frac{l_0}{\lambda} \quad (\text{V-15})$$

El factor de contraste asociado a l es constante y, por consiguiente sus φ'_m serán evidentemente nulas. Pero, de acuerdo con el principio de conexión métrica deberá ser, según (V-2), aplicando (V-15):

$$\varphi'_m dx^m = \frac{\delta l}{l} = \delta (\log l) = \delta (\log l_0) - \delta (\log \lambda) \quad (\text{V-16})$$

es decir que:

$$\varphi'_m = \varphi_m - \frac{\delta \Phi}{\delta x^m} \quad (\text{V-17})$$

en la cual $\Phi = \log \lambda$.

Si λ ha sido definido a través de la mentada función potencial U será entonces:

$$\varphi'_m = \varphi^m - \frac{\delta U}{\delta x^m}$$

y si φ'_m , como se ha dicho, debe ser igual a cero, existen dos situaciones que hacen posible tal cuestión.

La primera que $\varphi_m = 0$ y $\varphi'_m = 0$ siendo por tanto $U = \text{cte}$ y la segunda, el caso que hemos estudiado, es decir que:

$$\varphi_m = \frac{\delta U}{\delta x^m}$$

Vale decir, que pueden vincularse dos situaciones respecto a \mathcal{L}_r , o sea la variación temporal del elemento espacial, una de las cuales es ondulatoria, cuestión ésta, que se halla sumamente vinculada al doble aspecto que presenta el mundo físico, cuyos fenómenos pueden presentarse a la experiencia, ya sea en forma corpuscular u ondulatoria.

Si consideramos entonces a \mathcal{L}_r en función de los impulsos y la energía como una "onda", aplicando las (V-12-14) se obtiene:

$$\begin{aligned} (\bar{p}\bar{v} - B)\lambda &= (\bar{p}\bar{v} - 2E + m_0c^2)\lambda = \\ &- \frac{h^2c^2}{4\pi^2B} \nabla^2 \lambda - 2i \frac{h}{2\pi} \frac{\delta \lambda}{\delta t} + m_0c^2\lambda \end{aligned} \quad (\text{V-18})$$

porque: $B = m_0c^2 + 2H$; $E = m_0c^2 + H$, y, por consiguiente:

$$B = 2E - m_0c^2 \quad (\text{V-19})$$

También se ha visto en el curso de este trabajo que la forma de \mathcal{L}_r determinada en función de la "trayectoria" sería:

$$\mathcal{L}_r = - m_0c \frac{ds}{dt} = - m_0c^2 - 2V \quad (\text{V-20})$$

incluyendo por generalización en V todas las energías potenciales. Si su factor de contraste es 1, matemáticamente es imposible igualar (V-18) con (V-20). Su "congruencia" sólo es posible a través del factor de contraste poniendo:

$$- \frac{h^2c^2}{4\pi^2B} \nabla^2 \lambda - 2i \frac{h}{2\pi} \frac{\delta \lambda}{\delta t} + m_0c^2\lambda = -(m_0c^2 + 2V)\lambda \quad (\text{V-21})$$

pero ello implicaría conocer la "posición" en el espacio-tiempo, simultáneamente con los "impulsos" y "la energía" y, de acuerdo con el principio de incertidumbre, ello es imposible.

Para un observador que "observa" el fenómeno, dicha igualdad sólo podría cumplirse dentro de una región del espacio-tiempo que,

aún en el mejor de los casos, podrá ser tanto más amplia cuanto mejor sea su conocimiento acerca de la energía y de los impulsos y, tanto menor cuanto mayor sea su ignorancia acerca de dichos valores.

Para operar en forma adecuada y expresar el fenómeno del modo que le es accesible, dicho observador en lugar de usar una simple onda sólo podrá emplear un "paquete" de ondas que tengan las mismas propiedades que la función λ y, probabilísticamente hablando, llene los requisitos de la función de onda ψ de la mecánica ondulatoria.

Por dicho razonamiento llegamos a la conclusión que, una fórmula adecuada, a los efectos de la experiencia, sólo será lograble si, en lugar de emplear el factor λ , se usa la función Ψ afectando con ella ambos miembros en la siguiente forma en la que, para abreviar hemos puesto:

$$\mathbf{h} = \frac{h}{2\pi} \quad (\text{V-22})$$

$$-\frac{\mathbf{h}^2 c^2}{\mathbf{B}} \nabla^2 \psi - i\mathbf{h} \frac{\partial \psi}{\partial t} + m_0 c^2 \psi = -m_0 c^2 \psi - 2v\psi \quad (\text{V-23})$$

Para que ello sea factible habrá de cumplirse la condición:

$$\begin{aligned} -\frac{\mathbf{h}^2 c^2}{\mathbf{B}} \int \bar{\psi} \nabla^2 \psi d\tau - 2i\mathbf{h} \int \bar{\psi} \frac{\partial \psi}{\partial t} d\tau + m_0 c^2 \int \bar{\psi} \psi d\tau = \\ -m_0 c^2 \int \bar{\psi} \psi d\tau - 2 \int \bar{\psi} V \psi d\tau \end{aligned} \quad (\text{V-24})$$

en la cual las integraciones se hacen respecto al elemento de volumen $d\tau$ y, será de rigor, que responda con los valores probables de las coordenadas, energía e impulso de modo que se cumplan nuestras igualdades, es decir:

$$\langle p^2 c^2 \rangle - 2 \langle E \rangle + m_0 c^2 = -m_0 c^2 - 2 \langle V \rangle \quad (\text{V-25})$$

$$\langle E \rangle = \langle \frac{p^2 c^2}{2\mathbf{B}} \rangle + \langle V \rangle + m_0 c^2 \quad (\text{V-26})$$

De ello se desprende que:

$$\langle \frac{p^2 c^2}{\mathbf{B}} \rangle = -\frac{\mathbf{h}^2 c^2}{\mathbf{B}} \int \bar{\psi} \nabla^2 \psi d\tau \quad (\text{V-27})$$

$$\langle E \rangle = i\mathbf{h} \int \bar{\psi} \frac{\partial \psi}{\partial t} d\tau \quad (\text{V-28})$$

$$1 = \int \bar{\psi} \psi d\tau \quad (\text{V-29})$$

$$\langle V \rangle = \int \bar{\psi} (V) \psi d\tau \quad (\text{V-30})$$

y que, por consiguiente:

$$\langle p_i \rangle = -i\hbar \int \bar{\psi} \frac{\partial \psi}{\partial t} d\tau \quad (\text{V-31})$$

De la fórmula (V-23) se obtiene fácilmente:

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = -\frac{\hbar^2 c^2}{2B} \Delta^2 \psi + V\psi + m_0 c^2 \psi \quad (\text{V-32})$$

y, teniendo en cuenta que la conjugada $\bar{\psi}$ de ψ tiene las mismas propiedades que la conjugada $\bar{\lambda}$ de λ puede también fácilmente obtenerse que:

$$i\hbar \frac{\partial \bar{\psi}}{\partial t} = \frac{\hbar^2 c^2}{2B} \nabla^2 \bar{\psi} - V\bar{\psi} - m_0 c^2 \bar{\psi} \quad (\text{V-33})$$

En consecuencia, a partir de ahora, podemos emplear el mismo lenguaje que en la mecánica ondulatoria e identificar la función ψ como una medida de la probabilidad de encontrar la partícula en un determinado punto, referido al sistema de coordenadas, suponiendo que su producto por su conjugada compleja mide la probabilidad de posición.

El caso de la onda luminosa sería cuando $ds = 0$ es decir:

$$(\bar{p}^2 - B) \lambda = -m_0 c^2 \frac{ds}{dt} = 0$$

Multiplicando por B y teniendo en cuenta que en este caso es $B = E$, resulta:

$$(p^2 c^2 - E^2) \lambda = 0$$

Aplicando las propiedades de λ

o sea que:

$$-\hbar^2 c^2 \nabla^2 \lambda + \hbar^2 \frac{\partial^2 \lambda}{\partial t^2} = 0 \quad \text{de donde} \quad \boxed{\nabla^2 \lambda = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \lambda}{\partial t^2}} \quad (\text{V-34})$$

es decir, que de inmediato se obtiene la ecuación de la onda luminosa.

Su correspondiente ecuación corpuscular sería:

$$\bar{p} \bar{v} = E = \frac{h\nu}{c^2} (c^2 \cos^2 \alpha + c^2 \cos^2 \beta + c^2 \cos^2 \gamma) - h\nu = 0 \quad (\text{V-35})$$

ya que:

$$p_x = \frac{h\nu}{c^2} c \cos \alpha; \quad p_y = \frac{h\nu}{c^2} c \cos \beta; \\ p_z = \frac{h\nu}{c^2} c \cos \gamma \quad \text{y} \quad E = h\nu \quad (\text{V-36})$$

CAPITULO VI

LA ECUACION DEL CAMPO CENTRAL

Trataremos a continuación el modo de resolver la ecuación completa de una masa eléctrica sujeta al campo central de otra masa eléctrica aislada.

Dicha ecuación se expresaría:

$$\bar{p} \bar{v} - B = - m_0 c^2 - 2V - 2e\Phi \quad (\text{VI-1})$$

Multiplicando por B ambos miembros y, teniendo en cuenta que

$$\bar{p} = B \frac{\bar{v}}{c^2}$$

se obtiene:

$$p^2 c^2 - B (B - m_0 c^2) + 2e\Phi B = 0$$

en la que hemos suprimido deliberadamente el potencial gravitatorio por ser muy pequeño con relación al de las cargas eléctricas.

Siendo: $e\Phi = -\frac{e^2}{r}$, aplicando la función de onda ψ , se obtiene:

$$\left[p^2 c^2 - B (B - m_0 c^2) - 2 \frac{e^2 B}{r} \right] \psi = 0 \quad (\text{VI-2})$$

Teniendo en cuenta que $B = Q m_0 c^2$ pondremos.

$$\left[p^2 c^2 - m_0^2 c^4 Q (Q - 1) - 2 \frac{e^2 Q}{r} m_0 c^2 \right] \psi = 0 \quad (\text{VI-3})$$

Aplicando el operador $-\hbar V^2$ a p^2 y haciendo:

$$\mathcal{M}b = Qm_0 \quad \text{y} \quad \mathcal{E} = \frac{m_0c^2}{2} (Q - 1) \quad (\text{VI-4})$$

se obtiene una ecuación similar a la de la mecánica ondulatoria para el mismo caso, que resulta:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2\mathcal{M}b}{\hbar^2} \left[\mathcal{E} - \frac{e^2}{r} \right] \psi = 0 \quad (\text{VI-5})$$

La solución de la precedente es sumamente conocida y sus valores energéticos deben ser:

$$- | \mathcal{E}_n | = - \frac{\mathcal{M}be^4}{2\hbar N^2} \quad (\text{VI-6})$$

en la que N debe ser un número entero.

Sustituyendo los valores $\mathcal{M}b$ y \mathcal{E} de (VI-4), se obtiene:

$$m_0c^2 \frac{(Q - 1)}{2} = - \frac{Qm_0c^4}{2\hbar^2 N^2} \quad (\text{VI-7})$$

y llamando $\alpha = \frac{e^2}{\hbar c}$ el número de SOMMERFELD, resulta de (VI-7):

$$Q - 1 = - \frac{Q\alpha^2}{N^2} \quad (\text{VI-8})$$

es decir:

$$Q = \frac{N^2}{N^2 + \alpha^2}$$

y como $B = Qm_0c^2$ y por proceder de una expresión cuadrática debe haber dos autovalores $\pm B$, resulta:

$$B = \pm m_0c^2 \frac{N^2}{N^2 + \alpha^2}$$

CAPITULO VII

EL CAMPO CENTRAL Y EL METODO DE LINEALIZACION DE DIRAC

Nuestra expresión de \mathcal{L}_r es, despreciando, la energía gravitatoria en relación a la eléctrica:

$$\bar{p}\bar{v} - B = - m_0c^2 - 2e\Phi \quad (\text{VII-1})$$

Multiplicando por B y teniendo en cuenta que $\bar{p} = \frac{B \bar{v}}{c^2}$, se obtiene:

$$B^2 = p^2 c^2 + B (m_0 c^2 + 2 e \Phi) \quad (\text{VII-2})$$

Por tanto, de (VII-2), a la manera de DIRAC, puede obtenerse la siguiente expresión lineal (Véase L. Schiff "Quantum Mechanics", Mc Graw Hill, 1935, pág. 323, fórmula 43-2)

$$B = -\bar{\alpha} \bar{p} c - \beta \sqrt{B (m_0 c^2 + 2 e \Phi)} \quad (\text{VII-3})$$

en la que el radical se puede desarrollar en forma aproximada del siguiente modo:

$$\sqrt{B (m_0 c^2 + 2 e \Phi)} = \sqrt{B m_0 c^2} \left(1 + \frac{e \Phi}{m_0 c^2} + \dots \right)$$

y tomando como primera aproximación el precedente desarrollo, resulta:

$$B = -\bar{\alpha} \bar{p} c - \beta \left[\sqrt{B m_0 c^2} + e \Phi \sqrt{\frac{B}{m_0 c^2}} \right] \quad (\text{VII-4})$$

Siguiendo el método de DIRAC (Véase Schiff, op. cit., pág. 334 y siguientes) cuyo desarrollo completo no incluimos por falta de espacio, se obtiene como posibles soluciones para B los autovalores

$$B = + m_0 c^2 \frac{(s + n')^2}{(s + n')^2 + \gamma^2} \quad \text{con} \quad s = \pm \sqrt{k^2 + \frac{\gamma^2 (s + n')^2}{(s + n')^2 + \gamma^2}} \quad (\text{a}) \quad (\text{VII-5})$$

$$B = - m_0 c^2 \frac{(s + n')^2}{(s + n')^2 + \gamma^2} \quad \text{con} \quad s = \pm \sqrt{k^2 - \frac{\gamma^2 (s + n')^2}{(s + n')^2 + \gamma^2}} \quad (\text{b})$$

en la cual n' es el número cuántico radial; y k debe ser un número entero cuyos valores asimilados al número cuántico azimutal, pueden ser:

$$k_1 = -l - 1 \quad \text{ó} \quad k_2 = l$$

y γ es el número de SOMMERFELD.

Aplicando a la (VII-5a) los valores de k_1 y a la (VII-5b) los de k_2 teniendo en cuenta que $B = m_0 c^2 + 2H$ se tiene como solución en ambos casos uno para

$$B = - m_0 c^2 - 2H \quad \text{y el otro} \quad B = m_0 c^2 + 2H$$

CUADRO I

Designación	j	COLUMNA I		COLUMNA II		COLUMNA III		COLUMNA IV	
		nivel	interv.	nivel	interv.	nivel	interv.	nivel	interv.
1s ² S	1/2	000		000		000		000	
2p ² P ^o	1/2	82.258.907	0,0354	82.257.638	0,035	82.258.754	0,036	82.258.907	0,035
2s ² S	1/2	82.258.942	0,3651	82.257.573	0,0365	82.258.790	0,366	82.258.942	0,365
2p ² P ^o	1 1/2	82.259.272		82.257.903		82.259.120		82.259.272	
3p ² P ^o	1/2	97.492.198	0,010	97.490.757	0,011	97.492.200	0,011	97.492.379	0,010
3s ² S	1/2	97.492.208	0,1082	97.490.762	0,107	97.492.211	0,107	97.492.389	0,108
3d ² D 3p ² p ^o	1 1/2	97.492.306	0,0361	97.490.164	0,037	97.492.307	0,036	97.492.487	0,036
3d ² D	2 1/2	97.492.342		97.490.901		97.492.343		97.492.523	

Como puede observarse las fórmulas acomodan con la experiencia y una mayor precisión dependerían de: 1^o) La apreciación de R; 2^o) La apreciación de a²; 3^o) La apreciación de la corrección de Lande.

$$H = \left[-\frac{\gamma^2}{2n^2} - \frac{\gamma^4}{2n^4} \left(\frac{n}{|k|} - 1 \right) \right] m_0 c^2 \quad (\text{VII-6})$$

en el que se toma el valor absoluto de k y n , el número cuántico total, que es sumamente parecida a la fórmula de DIRAC, ya que en ésta, el último término, en lugar de valer 1 vale $\frac{3}{4}$.

La amplitud en energía de los niveles de estructura fina es idéntico al de DIRAC.

En el cuadro I se acompañan algunos cálculos efectuados con ambas fórmulas en longitudes de onda hasta $n = 3$, según la expresión ($\lambda = \lambda_n - \lambda_{\text{fund}}$) aplicando la corrección de LANDE $\frac{\alpha^2}{n^3} 0,0485$ según el siguiente detalle:

Columna I: Con la fórmula de DIRAC:

Constante de RYDBERG: $R = 109.677,581$.

Cuadrado de la constante de SOMMERFELD: $\alpha^2 = 5,3256 \times 10^{-5}$

Columna II: Con la fórmula (VII-6)

Constante de RYDBERG: $R = 109.677,581$

Cuadrado de la constante de SOMMERFELD: $\alpha^2 = 5,3256 \times 10^{-5}$

Columna III: Con la fórmula (VII-6)

Constante de RYDBERG: $R = 109.679,204$

Cuadrado de la constante de SOMMERFELD: $\alpha^2 = 5,3256 \times 10^{-5}$

Columna IV: Con la fórmula (VII-6).

Constante de RYDBERG: $R = 709.679,407$

Cuadrado de la constante de SOMMERFELD: $\alpha^2 = \frac{1}{137^2}$

CAPITULO VIII

CONSIDERACIONES FINALES

Los valores numéricos sugieren que una u otra manera de razonar dependen de la mayor precisión en cuanto a:

- 1) La constante de RYDBERG.
- 2) La constante de SOMMERFELD.
- 3) La corrección de LANDE.
- 4) El espectroscopio.

No obstante, la autoridad de las páginas precedentes, se fundamenta a través de cuestiones físicas de carácter indiscutible de las que se puede destacar, entre otras, las siguientes:

- a) No es necesario suponer adicionalmente la constancia del momento de la cantidad de movimiento en los sistemas centrales desde que tal concepto está también incluido en la estructura de su razonamiento teórico.
- b) En el caso numérico estudiado, pueden ser empleados no sólo los valores absolutos de k sino que están incluidos con su signo.
- c) No es necesario, en el caso numérico estudiado, recurrir a una explicación de ambos autovalores de B mediante el recurso de los agujeros de energía. En efecto: cualquiera sea el autovalor de B el correspondiente de la energía será $m_0c^2 + H$ de modo que no aparece la necesidad de interpretar energías negativas.
- d) El problema de Schwartzchild, a mi juicio, no considerado en los procedimientos en uso, es parte fundamental en la discusión del presente trabajo.
- e) El concepto más moderno de acción prescinde de considerar el elemento espacial $\frac{ds}{dt}$ como función del campo y ello no es compatible con la Teoría de la Relatividad. Supuesto por ejemplo el caso en que H sea función del campo, los métodos en uso adoptan una acción:

$$\mathcal{A} = \int (-m_0c ds + H dt)$$

usando como

$$ds = c \sqrt{1 - v^2/c^2} dt$$

Es mucho más lógico emplear:

$$\mathcal{A} = \int (-\omega m_0c^2 \sqrt{1 - v^2/c^2} + H) dt$$

en el que $H = cte$ por que siendo, en este caso, $\frac{ds}{dt}$ el mismo que se determina de acuerdo a la teoría de Einstein al imponer las condiciones extremantes de Lagrange a la integral, es equivalente con las geodésicas de Einstein.

f) En cuanto a la asimilación de lo expresado en estas páginas con la mecánica ondulatoria y la mecánica cuántica es fácilmente accesible y puede demostrarse sin dificultades el teorema de Ehrenfest. Para el caso estacionario, o sea cuando el potencial no varía con el tiempo que se identifica con nuestro tema, se obtienen las ecuaciones características idénticas a las de la mecánica ondulatoria siempre que en lugar de la masa

$$m_0 \quad \text{se use} \quad \frac{B}{c^2} = m \left(1 + \frac{2H}{m_0 c^2} \right)$$

que, en la mayor parte de los casos es igual m_0 por aproximación, dado el escaso valor que representa $2H$ con relación a $m_0 c^2$.

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES*

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL HEMISFERIO OCCIDENTAL GALACTICO EN LA ZONA DE CARINA

Por SILVIA GARZOLI¹

RESUMEN

Con el Radiotelescopio del I. A. R. se llevó a cabo un relevamiento de la zona. $270^\circ \leq l \leq 310^\circ$, $-3^\circ \leq b \leq 2^\circ$.

El análisis de los datos, se llevó a cabo mediante la determinación de concentraciones para las cuales se estudia la posibilidad de interconexión, formando las distintas estructuras que dan la apariencia espiral. Para cada concentración se determinó su posición, su densidad lineal y la dispersión en velocidades. Se encontraron concentraciones con velocidades prohibidas por el modelo de masas y se estiman los errores que se pueden cometer mediante la utilización de este modelo en la determinación de distancias.

Se estudia la distribución del hidrógeno local, y la de los brazos de Carina y Sagitario en especial, para determinar su posición y su posible conexión con los brazos del hemisferio oriental galáctico. Se encuentra que el sol está ubicado en el extremo interior de la estructura local, y que Carina no pasa por el sol, sino que tiende a unirse con Sagitario.

Se efectuó un análisis de la variación de la densidad lineal a lo largo de las estructuras y en función de la distancia al centro galáctico. Se encuentra que el sol está ubicado en una posición privilegiada y se discuten las posibles fuentes de error que nos pueden llevar a este resultado.

Se estudia la inclinación del plano galáctico y se encuentran concentraciones de muy alta velocidad y de hasta 950 p. c. por debajo del plano.

Se realizaron comparaciones con estudios ópticos hechos en la zona y se encontró que el llamado «cono de ausencia» es real, aunque desfasado en longitudes con respecto al dado por los objetos ópticos demarcadores de estructura.

* La Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires comunica por esta vía que los *Anales* propios se publicarán en adelante por este medio, iniciándose una nueva serie. (*An. Com. Invest. Cient. Prov. Bs. As.*, (N.º Ser.), T. I, págs. 1-33),

¹ Instituto Argentino de Radioastronomía. Miembro de la Carrera del Investigador Científico del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

ABSTRACT

We present a survey of the distribution of neutral atomic hydrogen in the sky region of $270^\circ \leq l \leq 310^\circ$, $-3^\circ \leq b \leq 2^\circ$, as deduced from observations of the hyperfine transition at 1420 MHz obtained with the 30 meter radiotelescope of the Radio Astronomy Station of the Instituto Argentino de Radioastronomía and the Carnegie Institution of Washington.

Particular attention is given to the local hydrogen and that of the Carina and Sagittarius arms. It is found that the Sun is probably located in the inner edge of the local structure, and that Carina does not go through the Sun but rather tends towards Sagittarius.

The bending of the galactic plane was also investigated; distant concentrations located up to 950 parsecs below the plane are found.

Our results are compared with those of optical astronomy and we find a region of low gas density shifted in longitude in respect to the optical « hole ».

I. INTRODUCCION

El estudio de la distribución del hidrógeno neutro es importante en sí mismo ya que el hidrógeno es el principal constituyente del gas interestelar, pero presenta el interés adicional de poder ser utilizado como indicador para el estudio de las características estructurales básicas tales como la constitución, forma y distribución de los brazos de espiral y el disco galáctico. El hidrógeno neutro, puede ser estudiado mediante la observación de la línea en emisión proveniente de las transiciones entre niveles hiperfinos del estado 1^2S del hidrógeno atómico. Este estado se divide en dos subniveles muy próximos a través de la interacción entre los momentos magnéticos del protón y del electrón. En el estado de energía más alto los dos momentos magnéticos son paralelos, y la emisión de un cuanto de radiación de 21 cm está asociada con el cambio de orientación de spins de paralelos a antiparalelos.

La primera dificultad que surge al tratar de delinear la estructura espiral mediante el estudio de la distribución del Hidrógeno neutro, proviene del hecho de que las distancias no pueden medirse en forma directa; se debe utilizar un argumento indirecto y el método que generalmente se utiliza es medir el corrimiento Doppler proveniente de la rotación galáctica diferencial. Debe elegirse por lo tanto un modelo de velocidades. Si las únicas fuerzas presentes son las gravitacionales, debemos esperar que el gas en la galaxia se mueva en órbitas aproximadamente circulares, ya que

la distribución de masa muestra en forma aproximada simetría axial alrededor del centro galáctico; las velocidades de dispersión observadas, son de hecho muy pequeñas comparadas con la velocidad rotacional. Se pueden producir desviaciones del movimiento circular debido a las desviaciones en la simetría circular en la distribución de masas o por los efectos de fuerzas magnéticas, pero está actualmente claro que los movimientos del gas son predominantemente circulares en la mayor parte de la galaxia. Sobre la base de esta suposición se puede elaborar un modelo de velocidades y determinar así las distancias. El más reciente es el Modelo N° 3 de Schmidt, que es el que se utilizó en el presente trabajo.

El segundo problema que se presenta es el de la temperatura en función de la cual podemos tener luego una idea de la distribución de densidades. Las observaciones en la línea de hidrógeno nos pueden proveer información a cerca de la temperatura en dos formas distintas:

1) La temperatura de brillo y la profundidad óptica están ambas relacionadas a la temperatura de spin T_s . En el disco galáctico se supone que las colisiones mantienen a la T_s cercana a la temperatura cinética T_k , pero hay circunstancias bajo las cuales T_s y T_k son diferentes.

2) La temperatura cinética puede ser derivada directamente en todos aquellos casos en que es posible distinguir entre el ensanchamiento de la línea debido a movimientos térmicos de aquellos provenientes de otras causas.

En los trabajos realizados hasta el presente, se supone que la temperatura de spin es uniforme en toda la galaxia. El grupo de Leiden adoptó para T_s el valor 125°K , y suponen que es uniforme (Westerhout, 1957); en principio toman este valor sobre la única base de que éste es el valor más alto por ellos encontrado. La figura de Leiden fue adoptada por muchos autores, y todos los resultados que hay hasta el presente a cerca de la distribución de hidrógeno neutro en la galaxia, fueron obtenidos bajo la suposición de temperatura uniforme.

Sin embargo es muy poco probable que T_s sea la misma en todos lados. Puede haber por ejemplo, una variación en gran escala de T_s con la distancia al centro galáctico, o puede haber una diferencia sistemática entre brazos de espiral y regiones entre brazos, ó, simplemente una gran diferencia entre nubes distintas.

Numerosos autores han trabajado tratando de resolver el problema, pero hasta el presente no tenemos ningún resultado definitivo. La conclusión general es que deben existir probables variaciones en temperatura aún entre las distintas nubes, pero un modelo preciso no fue hasta el momento elaborado. La medida de 125°K , o cualquier otro valor dado sobre la base de los mismos fundamentos, debe considerarse actualmente como una medida aceptable del promedio de las temperaturas de las nubes individuales y la opacidad integrada de cualquier concentración de gas debe ser en general mayor que la derivada a partir de un modelo de temperatura uniforme.

En el presente trabajo se supuso que la temperatura es la misma en cada una de las concentraciones individuales y se tomó como valor para T_s , 135°K por tratarse del valor más alto encontrado en nuestra escala.

La posibilidad de observar la línea en 21 cm del hidrógeno neutro con el objeto de estudiar la estructura galáctica fue explorada por primera vez por el grupo de Leiden, quienes realizaron un extenso relevamiento del cielo visible desde Holanda y dieron una primera figura de la estructura espiral galáctica (van de Hulst, Muller y Oort, 1954; Westerhout, 1957; Schmidt, 1957). Los resultados de la primera parte del atlas de Leiden fueron analizados en forma independiente por Lohman (1954) y Parenago (1955). Las observaciones correspondientes en el hemisferio sur fueron publicadas por Kerr, Hindman y Gum (1959); la localización y el espesor del hidrógeno en el plano galáctico y la distorsión de sus partes exteriores fueron discutidas por Gum, Kerr y Westerhout (1960). El primer trabajo que reunía las observaciones realizadas en ambos hemisferios fue realizado por Kerr (1962). Esta figura fue perfeccionada luego por Kerr y Westerhout (1965).

Actualmente se están realizando numerosos trabajos en estructura galáctica con equipos de mucha mejor resolución. La figura más reciente que da la estructura espiral es la realizada con las observaciones de Parkes por Kerr e Hindman para el hemisferio occidental galáctico y por A. P. Henderson en base a las observaciones de Green-Bank para el hemisferio oriental (Lynds, 1967).

Otro problema de importancia concerniente a la estructura galáctica es el relacionado con la deformación del plano. Los efectos gravitacionales capaces de producirlo, fueron considerados por nu-

merosos autores. Los primeros en detectarlo fueron Kerr (1957) y Burke (1957).

Avner (1964) y Elvert & Hablick (1965) demostraron que distorsiones sistemáticas del orden de las encontradas pueden ser producidas bajo ciertas condiciones de resonancia. Lynden-Bell (1965) discutió otra posibilidad, postulando una desviación de un grado entre el eje de simetría de la Galaxia y su momento angular. Kahn & Woltjer (1959) consideran que los efectos de distorsion pueden ser explicados en términos hidrodinámicos. Volveremos a tratar este tema en más detalle en el capítulo III.

Numerosos trabajos fueron realizados en base a observaciones ópticas que tienden a determinar la estructura espiral. Los principales indicadores ópticos de estructura son las estrellas jóvenes, cúmulos y asociaciones, cefeidas y regiones HII. Se puede agregar a ello, la posición de las nebulosas oscuras, especialmente aplicables a la posición de los interiores de los brazos de espiral.

La figura de la estructura local actualmente más generalizada es la dada por Becker (1964). Esta fue reproducida con algunas pequeñas modificaciones por Schmidt-Kaler (1966).

Hay actualmente, una creciente pero conflictuante evidencia de las diferencias existentes entre las velocidades de las estrellas y el gas asociado con un brazo de espiral determinado. Abt y Bautz (1963) encontraron que las velocidades radiales de las estrellas presumiblemente asociadas con el brazo de Parseo, son entre 7 y 8 km/seg. mayores que las correspondientes velocidades en 21 cm de HI.

Una conclusión totalmente distinta es a la que llegó Fletcher (1963) quien encontró una buena coincidencia entre los resultados ópticos obtenidos a partir de estrellas OB y los resultados provenientes de los perfiles de 21 cm.

Existen numerosos trabajos al respecto, muchos de ellos provenientes de la U.R.S.S. (Pronik, 1965; Kostyakova, 1965; etc.).

Uno de los trabajos más importantes publicados a cerca de estructura es la serie publicada por Lyngå (1965). Estudió con mucho detalle el sector de la Vía Láctea, $311^\circ \leq l \leq 330^\circ$ y unió a sus observaciones las de Becker y otros. En un trabajo más reciente (Lyngå, 1966), estudia la estructura espiral para el cuarto cuadrante galáctico. De acuerdo con Becker (1964) concluye que el brazo

de Sagitario se continúa a través de Norma hacia Circinus y Centauro y hacia Crux y Carina.

Esta situación está ilustrada en su diagrama final (figura 10 de este trabajo) en el cual muestra la localización de los demarcadores de estructura en el cuarto cuadrante. Es necesario recordar que en su diagrama Lynga graficó con igual énfasis las características espirales débiles en la sección $300^\circ \leq l \leq 325^\circ$ y las fuertes en Carina, $275^\circ \leq l \leq 300^\circ$ y en Norma y Escorpio, $325^\circ \leq l \leq 350^\circ$. Lynga menciona una divergencia entre las observaciones ópticas y de radio; las diferencias en longitud entre el brazo de Carina óptico y de radio llegan hasta 10° . Este problema será discutido en detalle en el Capítulo IV-2c.

El trabajo más completo realizado en la región de Carina es el de Sher (1965). Hizo un estudio de los cúmulos, estrellas OB, ce-feidas y regiones $H\alpha$ de la zona y encontró que es una región muy rica en objetos de población I; todos los cúmulos con edades estimadas menores que 10^8 años parecen encontrarse a distancias de a lo sumo 1.500 pc. Encontró que el denominado "cono de ausencia" cuyo límite inferior está en $l = 275^\circ$ y por debajo del cual empieza la concentración de estrellas, es real y no un efecto causado por oscurecimiento local.

En el presente trabajo, se llevó a cabo, con el Radiotelescopio de 30 m del Instituto Argentino de Radioastronomía, un relevamiento del cielo comprendido entre $270^\circ \leq l \leq 310^\circ$, $-3^\circ \leq b \leq 2^\circ$, con el objeto de estudiar la estructura galáctica en dicha región, y en la zona de Carina. Se trata de determinar el carácter de la estructura local, la posición de los brazos, y la posible relación entre las características de hidrógeno encontradas y el material óptico disponible en esa zona. La elección de la zona se debió en parte al interés que presentaba para el estudio de la inclinación del plano galáctico y la posible conexión entre los brazos de Carina y Sagitario.

II. OBSERVACIONES REALIZADAS

II. 1. Técnicas observacionales

El problema básico en la observación de la línea de emisión, es determinar la intensidad de la radiación como una función de la frecuencia (i. e., velocidad radial) y dos coordenadas de posición en el cielo.

Un radiotelescopio consta esencialmente de dos elementos fundamentales: una antena, que se caracteriza por recibir la radiación electromagnética y transformarla en corriente eléctrica, y un receptor que recibe esta corriente, la amplifica y la torna factible de ser medida.

La intensidad recibida es siempre baja y es necesario en consecuencia utilizar receptores de muy alta sensibilidad y muy estables. En muchos observatorios han sido utilizados receptores superheterodinos, con mezcladores de cristal. Receptores de bajo ruido que utilizan masers o amplificadores paramétricos están siendo aplicados para las observaciones en la línea de hidrógeno en numerosos lugares.

El método observacional más directo es el de medir de manera absoluta la intensidad recibida en cada frecuencia de interés. Esta medida sin embargo, incluye el continuo de fondo junto con la línea de emisión. El sistema usual para eliminar el continuo es conmutar rápidamente entre dos bandas de frecuencia angostas de aproximadamente el mismo ancho de banda, separadas en $1.5 = 2.0$ Mc/seg. En algunos receptores la comparación se lleva a cabo entre la potencia recibida del cielo con la potencia de una resistencia constante.

Con el sistema de conmutación se pierde sensibilidad, por que la radiación de la línea está siendo recibida de sólo la mitad del tiempo de observación. Esto se puede evitar con un sistema de doble conmutación.

Para obtener el perfil de la línea en un punto del cielo, la frecuencia fundamental del receptor debe ser barrida lentamente a través del espectro. Alternativamente, puede registrarse el perfil completo en un período de integración simple, fabricando un banco de filtros que producen un gran número de salidas a frecuencias distribuidas a lo largo de la región espectral.

El problema central que se presenta aquí, es el tiempo que se necesita para cubrir un área del cielo observándola mediante la línea. Esto es una consecuencia del ancho de banda angosto que se requiere para obtener un perfil. Este tiempo puede reducirse en forma apreciable, fabricando receptores multicanales, pero aún así sigue siendo grande.

Un método alternativo de recepción ha sido recientemente introducido, en el cual se estudia la función de autocorrelación de la radiación en lugar de su espectro en frecuencia. Estas dos funciones son transformadas de Fourier, una de la otra y deben por lo tanto contener ambas la misma información. Este tipo de receptores tienen mayor sensibilidad y estabilidad que los convencionales.

Las antenas utilizadas en Radioastronomía, son antenas de recepción. Poseen una superficie recolectora que refleja el flujo de radiación recibido y lo concentra en un punto, llamado foco de la antena. En el foco hay un alimentador, que constituye la parte esencial de la antena.

El alimentador debe ser construido con dimensiones adecuadas a la longitud de onda que se quiere detectar. La potencia de la antena es proporcional al flujo que capta, o sea es proporcional al área recolectora.

Las antenas destinadas a estos fines, deben ser antenas direccionales, vale decir, que reciban la radiación contenida en un cono de determinado ángulo sólido. La resolución angular es directamente proporcional al diámetro de la antena e inversamente proporcional a la longitud de onda.

Las antenas usualmente utilizadas son discos parabólicos cuyos diámetros varían entre 21 y 300 pies, lo que corresponde a un ancho del haz entre 114 y 10 minutos de arco entre puntos de intensidad media.

Pueden ser antenas de tránsito u orientables. Las primeras se mueven en una dirección solamente, por lo cual para observar una fuente es necesario fijarla en la declinación deseada y luego dejar pasar el cielo. Un ejemplo de este tipo de antenas es el disco de 300 pies instalado en Green-Bank, West Virginia, perteneciente al Observatorio Nacional Radioastronómico.

Las antenas orientables, son capaces de moverse en las dos coordenadas y pueden seguir una fuente durante varias horas. Se dividen a su vez según que lo que se mueva sea el plato y el dipolo como un todo, como el caso de la antena de Parkes o Pereyra Iraola, o

que el plato esté fijo y lo que se mueva sea el dipolo (antena del Observatorio Ionosférico de Arecibo, perteneciente a la Universidad de Cornelle).

II. 2. Características del equipo

Las observaciones fueron realizadas con el Radiotelescopio de 30 metros del Instituto Argentino de Radioastronomía.

El receptor es multicanal (56 canales) y opera con el sistema Dicke entre la potencia del cielo y la de una resistencia de carga constante que se encuentra a la temperatura del Nitrógeno líquido. El superheterodino, con etapa de radiofrecuencia constituida por un amplificador paramétrico y de doble conversión. La primera conversión es de alta frecuencia (1.429 MHz) a 30 MHz, y la segunda de 30 MHz a 2 MHz.

Esta señal se muestrea mediante un banco de filtros. La salida de audiofrecuencia obtenida de los filtros se rectifica obteniendo así una señal de corriente alterna que se amplifica y se la detecta sincrónicamente. La energía de corriente continua de cada canal proveniente de la detección sincrónica se almacena en una red R-C después de lo cual existe una llave rotatoria que efectúa cada 90 segundos una lectura de esas energías almacenadas.

Cada una de estas lecturas es amplificada por un electrómetro y a partir de ahí se bifurca por dos caminos, cada uno de los cuales constituye una de las dos posibles salidas del receptor: una gráfica, mediante un registrador y otra digital, por medio de tarjetas perforadas. Usualmente se utilizan ambas salidas, la gráfica como control y la digital para la posterior reducción de las observaciones. Ambas registran deflexiones proporcionales a la cantidad de energía almacenada en cada canal.

La separación entre canales es de 18.953 KHz y el ancho de cada canal es de 10 KHz lo cual, según el método empleado de observación (dos observaciones del mismo punto separadas entre sí por 2.5 canales en frecuencia y superpuestas) nos da una resolución en velocidades de 2 km/seg.

La fluctuación estadística del equipo, ΔT , para un tiempo de integración de 90 segundos es menor que 0.9°K .

La antena es una parábola orientable de 30 metros de diámetro, con montura ecuatorial. Posee una resolución angular de $28'$ de

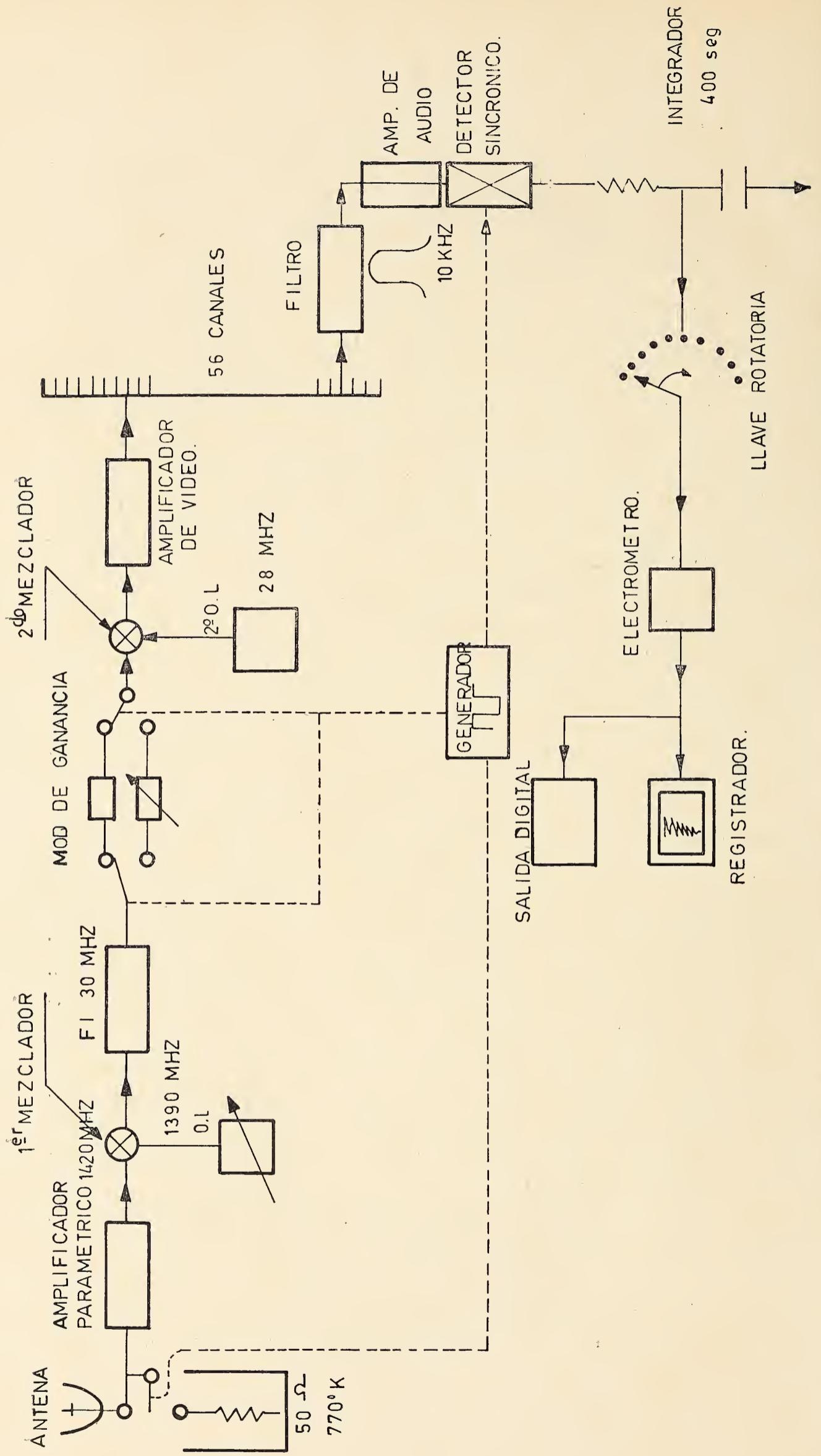


Lámina 1. — Diagrama en bloque del receptor del Radiotelescopio del Instituto Argentino de Radioastronomía

arco. Es capaz de seguir una fuente durante cuatro horas, dos a cada lado del zenit, para declinaciones entre 9° y 90° Sur.

La lámina I es un diagrama en bloque del equipo.

Es el segundo Radiotelescopio instalado en el hemisferio Sur. El otro es el Radiotelescopio de 64 metros del Laboratorio de Radiofísica de C.S.I.R.O., instalado en Parkes, Australia.

Los datos comparativos entre ambos equipos se darán más adelante cuando se haga la comparación entre nuestras observaciones y las de otros observatorios (Capítulo II-4).

II. 3. Reducción de las observaciones y escala de temperaturas

Se observaron un total de 286 puntos del cielo, cada uno de los cuales fue observado un mínimo de dos veces. La reducción de las observaciones se realizó mediante los programas realizados a tal efecto en el Instituto Argentino de Radioastronomía y utilizando la computadora I.B.M. 1620 de la Universidad Nacional de La Plata. El período de observación abarca desde agosto de 1967 a febrero de 1968.

Los perfiles tal cual salen del receptor son corregidos por ganancia individual de cada canal, ganancia total del equipo y línea de base. Las velocidades se reducen todas al sistema local de reposo.

El proceso de observación y reducción de datos se lleva a cabo de la siguiente manera:

Cada punto del cielo es observado dos veces consecutivas, en frecuencias separadas en 2.5 de canal. Ambas observaciones son superpuestas con lo que se obtiene un perfil consistente de 112 puntos separados entre sí por dos kilómetros/seg. en velocidad. Cada conjunto de observaciones, tomadas en períodos de no más de 3 horas de observación va acompañado por una calibración. Dicha calibración consiste de la observación de: *a)* el Polo Sur en dos frecuencias; *b)* el Polo Sur más una fuente de intensidad constante; *c)* un punto de calibración.

El Polo Sur es observado para corregir la ganancia individual de cada canal (sale de la diferencia Polo + fuente constante y Polo) y para la obtención de la línea de base. Esta última se traza de la siguiente manera:

- 1) El perfil presenta colas sin hidrógeno a ambos lados. En este caso se hace pasar una línea por ambos extremos del

perfil, que luego es sustraída del mismo, centrándolo así en el cero de velocidades. El número de canales sin hidrógeno utilizados para trazar la recta, es variable y depende de las características de cada perfil.

- 2) El perfil presenta cola sin hidrógeno en uno solo de los extremos. En ese caso, la línea se obtiene mediante el método de los cuadrados mínimos con los canales disponibles y luego se sigue el mismo procedimiento que en el caso anterior.
- 3) El perfil no tiene cola sin hidrógeno en ninguno de los dos lados. Se toma entonces como referencia el Polo Sur, punto que fue seleccionado a tales efectos, por presentar un nivel de hidrógeno muy angosto y ser visible a lo largo de todo el día. Se traza entonces la línea de base del Polo por el método explicado en 1) y se le resta dicha recta al perfil.

Los llamados puntos de calibración, son puntos uniformemente distribuidos a lo largo del día, y de los cuales se conoce bien su temperatura pico en nuestra escala y en la escala de Parkes. Se observan para tener de esta forma una relación entre divisiones de escala y grados Kelvin.

En la última reunión de la Unión Astronómica Internacional, se trató de uniformar las escalas de temperatura de brillo de las observaciones realizadas con los distintos radiotelescopios; para ello se distribuyeron perfiles de cuatro puntos del cielo seleccionados en forma tal que por lo menos uno de ellos pudiera ser observado en cada uno de los observatorios existentes. La relación que existe entre la escala nuestra y la escala internacional es:

$$T_{b_{\text{int.}}} = 0.8 \times T_b$$

Las temperaturas que aparecen en los diagramas de contorno de las figuras 1, 2 y 3, están dadas en grados Pereyra. Deben multiplicarse por lo tanto por 0.8 para llevarlos a la escala internacional. Los cálculos realizados a lo largo del trabajo para la determinación de NH se llevaron a cabo con temperaturas ya corregidas.

II. 4. Comparación con otras observaciones

En las figuras 1-a y 1-b, c están representadas nuestras observaciones conjuntamente con las obtenidas con el telescopio de 25 m de Dwingeloo por P. O. Lindblad (1966) en la parte III del Atlas de Dwingeloo (fig. 1-a). Esta comparación fue realizada por E. R. Vieira (1968) quien encuentra que la coincidencia es excelente. Los perfiles observados por Vieira están representados por puntos distanciados en 2 km/seg. Los perfiles de Lindblad están representados por una línea y originalmente fueron publicados por puntos separados en 1 km/seg.

En las figuras 1-b,c se comparan los perfiles utilizados en este trabajo con los obtenidos por Hindman (1968) con el telescopio de 64 m de Parkes. Aquí la coincidencia no es tan buena debido a la diferencia en resolución, en frecuencia y angular entre ambos telescopios. Los Perfiles de Parkes tienen mucho menos detalles que los de Pereyra.

El siguiente cuadro es un cuadro comparativo en el que se dan las características de los tres equipos utilizados.

Observatorio	Ancho del haz (grados)	Ancho de banda (Kc/seg.)
Dwingeloo	0.53	10
Parkes	0.23	38
Pereyra	0.46	10

III. PRESENTACION DE LOS DATOS

Una vez reducidos los perfiles por las características propias del equipo, y reducidas las velocidades al centro local de reposo, el análisis de los datos se lleva a cabo mediante tres tipos de diagramas:

Diagramas 1: Están dados en las figuras 2. Dan para una longitud dada, la variación de la temperatura de antena, en función de la velocidad y de la latitud. El intervalo de temperaturas es de 10° K y el espaciado en velocidad es de 2 Km/seg. La variación en latitud es de 1° con excepción de las longitudes $l = 270, 275, 280, \dots, 310$, que fueron estudiadas en más detalle y donde b varía cada 0°5.

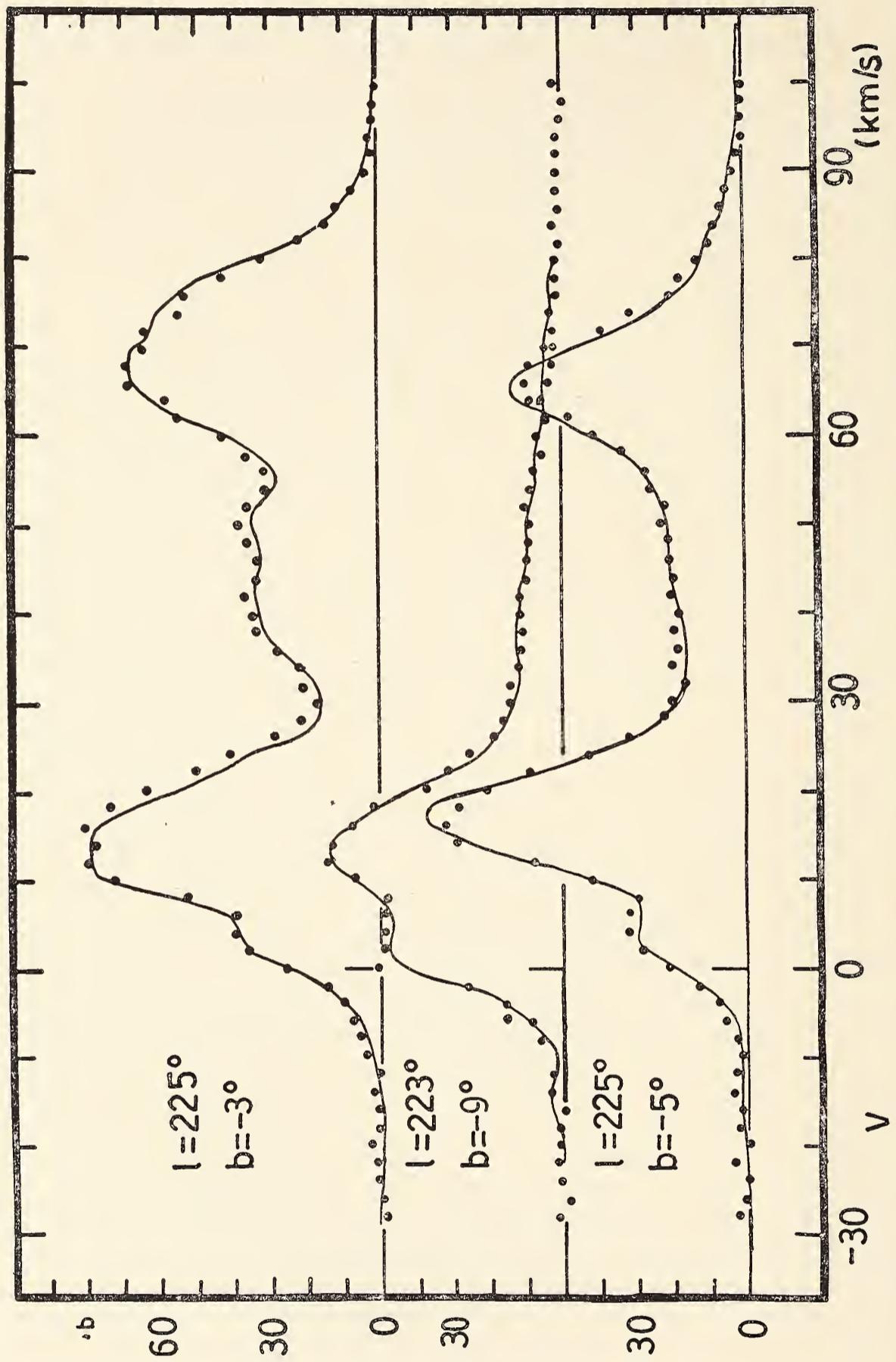


Fig. 1 a. — Comparación entre las observaciones tomadas por Vieira con el Radiotelescopio del Instituto Argentino de Radioastronomía y las obtenidas por Lindblad en Dwingeloo. La coincidencia es excelente

$l = 294^\circ$
 $b = 0^\circ.0$

TK

140
120
100
80
60
40
20

-50 -40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150

V km/s

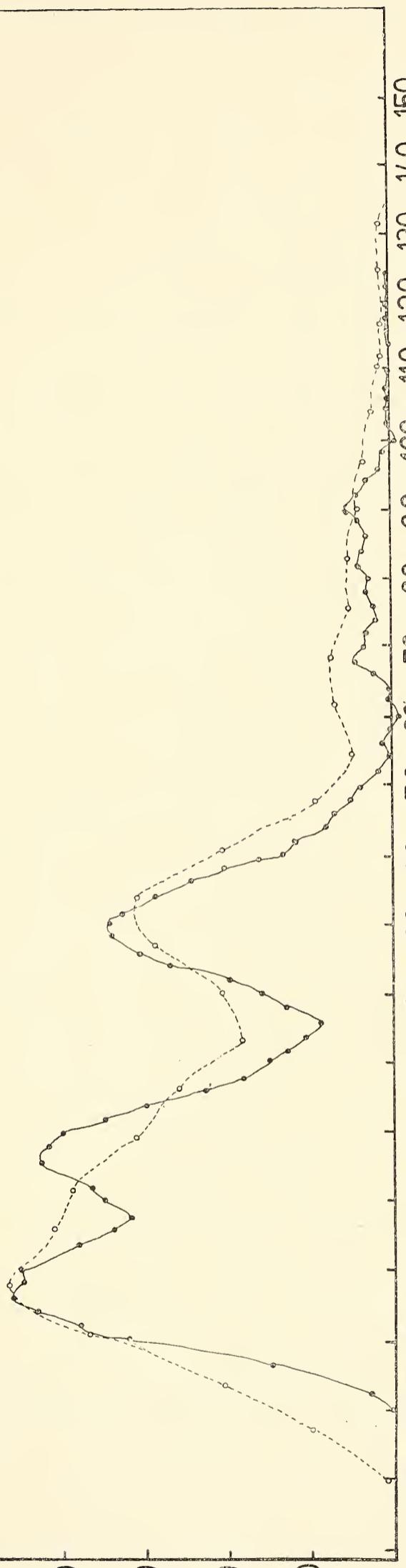


Fig. 1 b. — Comparación entre las observaciones utilizadas en el presente trabajo y las obtenidas por Hindman con el Radiotelescopio de Parkes. La diferencia entre ambas es debida a la diferencia de resolución entre ambos equipos

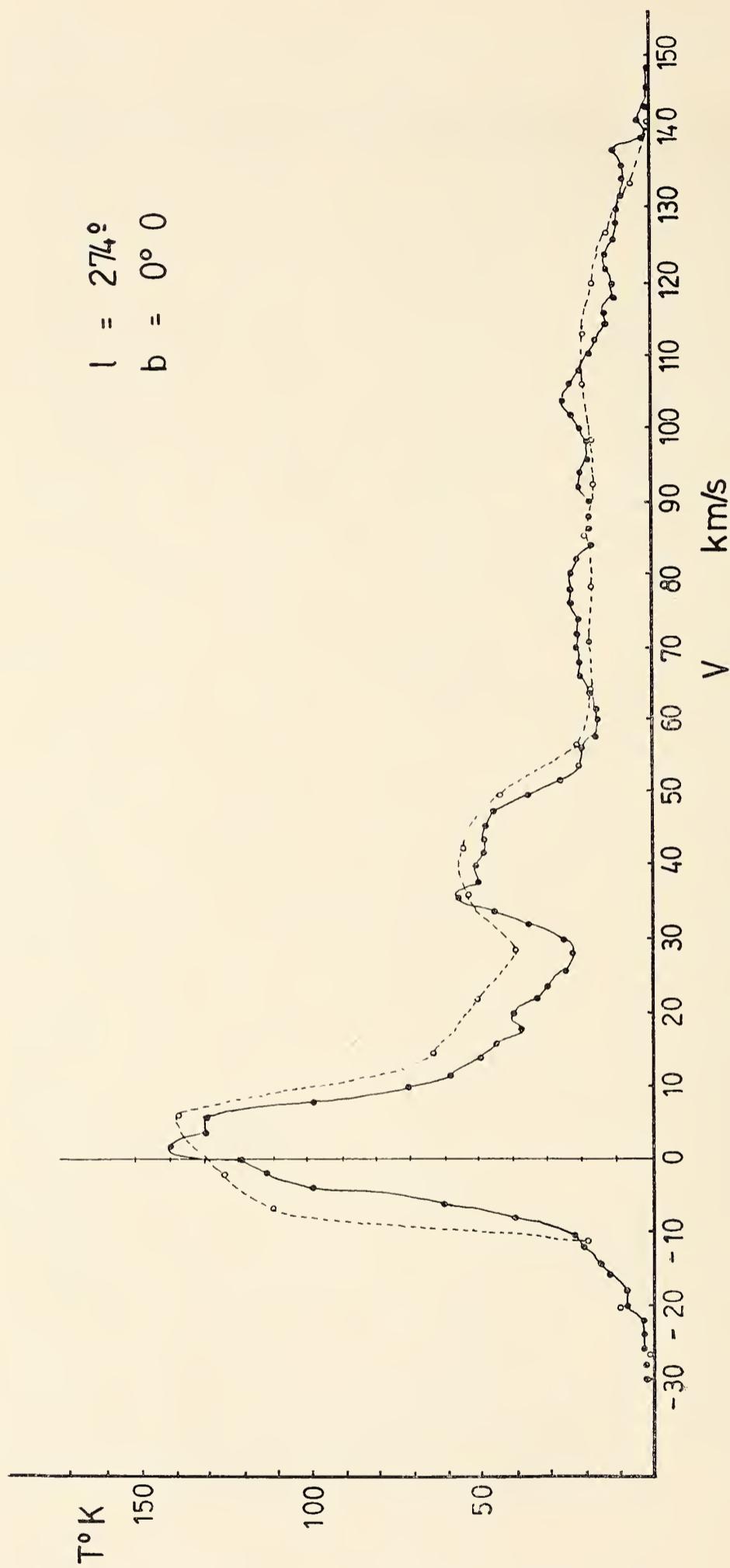


Figura 1, c

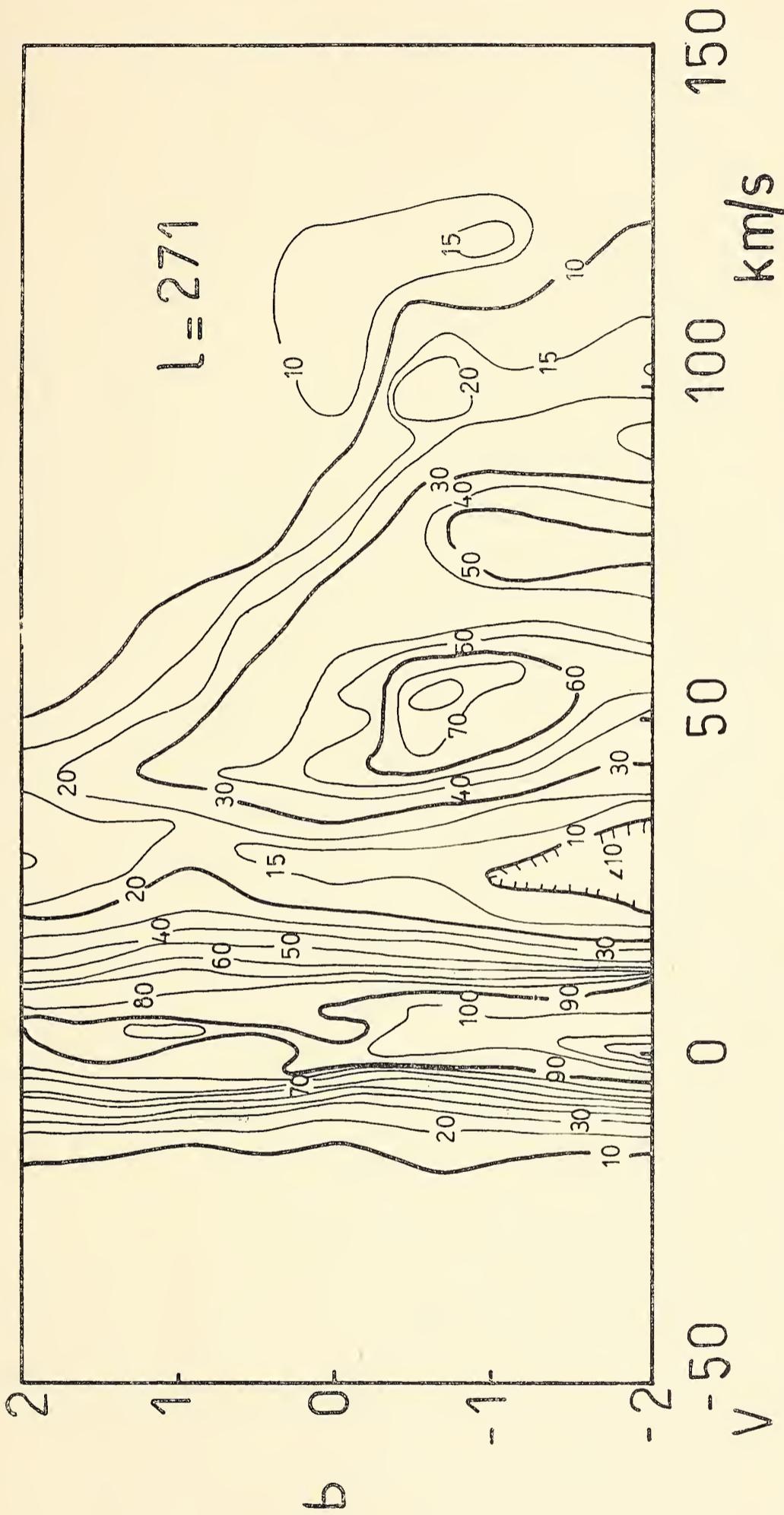


Fig. 2 a. — Diagramas de contorno para líneas de igual intensidad a longitud constante para $270^\circ \leq l \leq 310^\circ$. Los valores de las temperaturas deben ser multiplicados por 0.8 para llevarlos a la escala internacional.

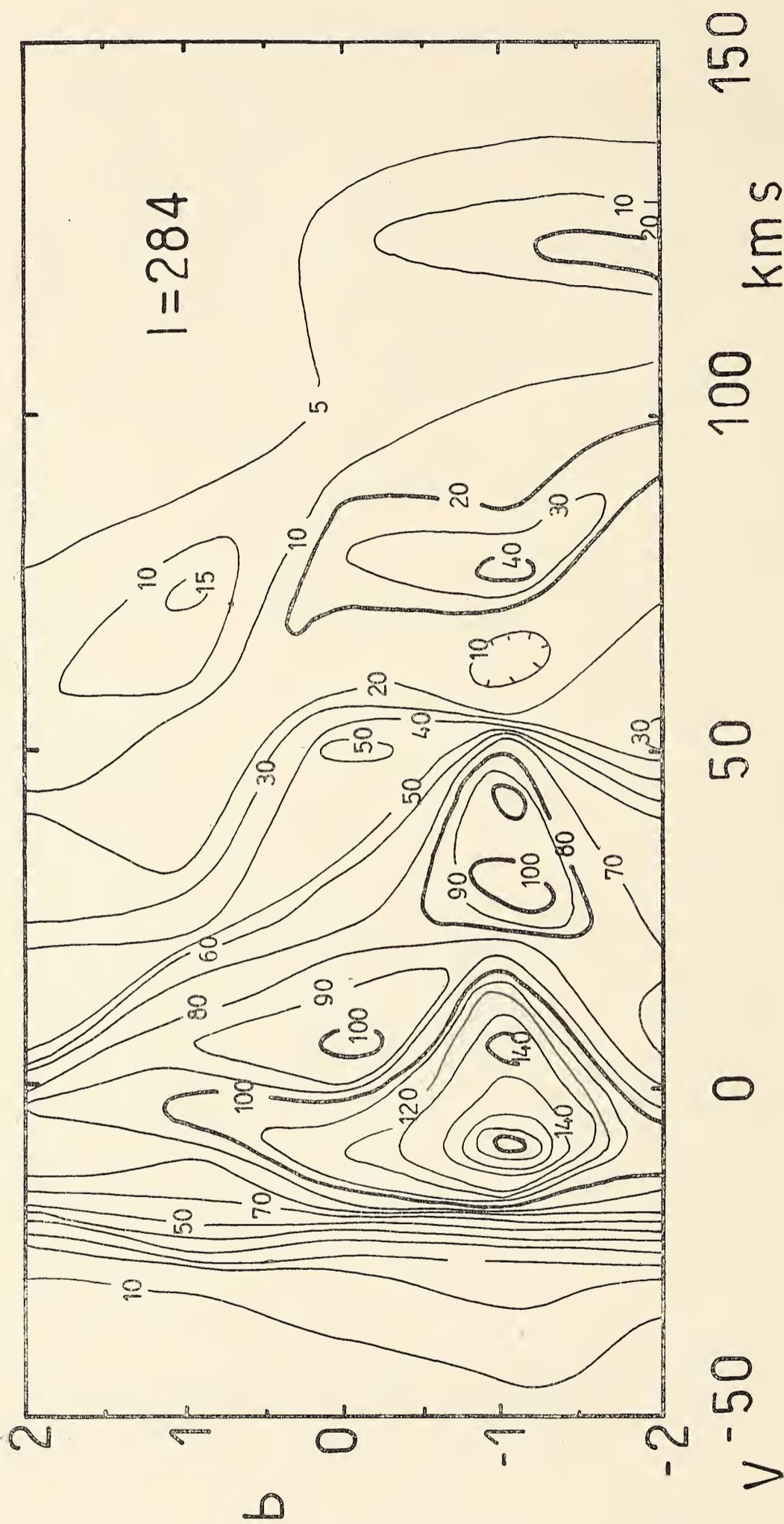


Figura 2, b

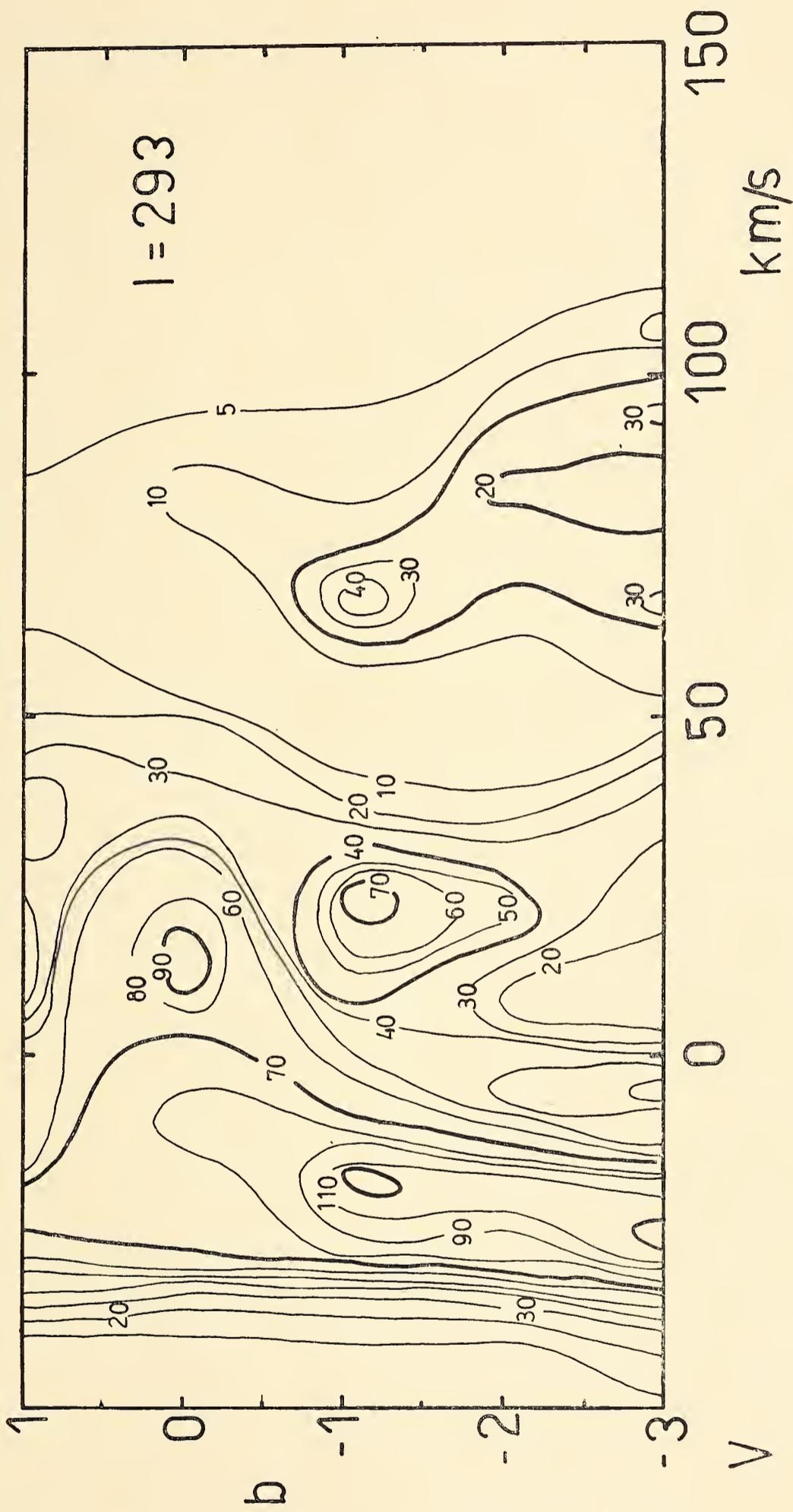


Figura 2, c

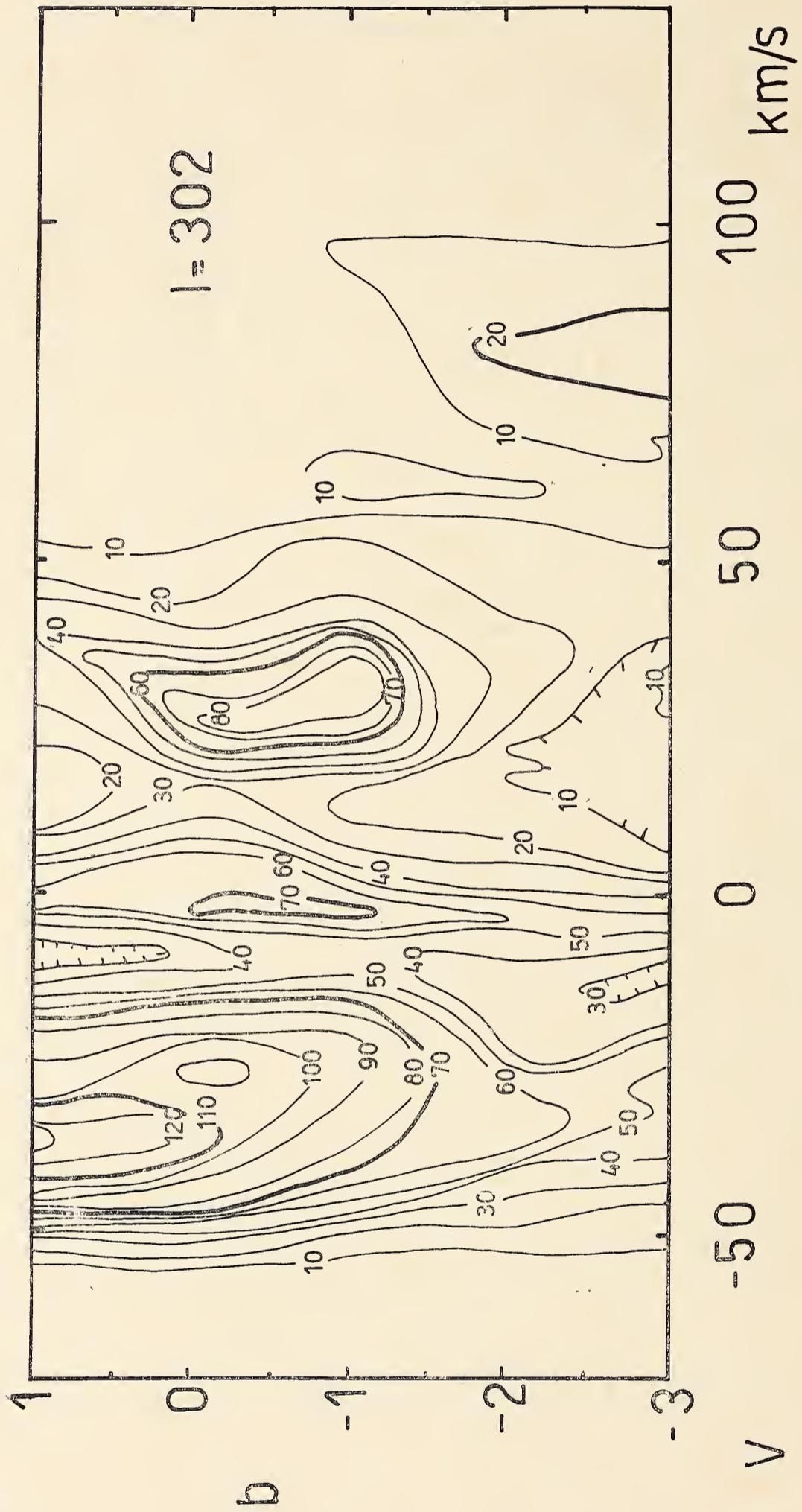


Figura 2, d

Diagramas 2: Dan la variación de la temperatura de antena en función de la longitud y de la velocidad para una cierta latitud galáctica. La variación en longitud es de 1° , en la velocidad es de 2 km/seg. y los intervalos de temperatura se dan cada 10 grados. Están representados en las figuras 3.

Diagramas 3: Para una cierta velocidad, se grafica la variación de temperatura de antena en función de la longitud y de la latitud (fig. 4). Fueron trazados a partir de los diagramas 1 y 2 de la siguiente manera: Analizando los diagramas 1, es posible acotar en latitud una cierta concentración que se encuentre a una dada velocidad y una dada longitud. Una vez localizada ésta en una cierta longitud, se la ubica en un diagrama 2 y se la acota en longitud. Esto es verificado, volviendo nuevamente a los diagramas 1, para estar seguros de que no estamos tomando como parte de estas concentraciones contribuciones provenientes de estructuras cercanas que pueden sumarse. La velocidad de esta concentración, que de esta forma es llevada a un diagrama 3 (1, b), puede variar tanto con la longitud como con la latitud, por lo cual es necesario tener mucho cuidado en la identificación para no cometer errores.

Es por esto que se utilizó este procedimiento y no el de trazar diagramas (1, b) a una cierta velocidad, porque creemos que de esta forma se puede dar una figura más real de las concentraciones existentes.

Se toma como velocidad de la concentración la que corresponde a la temperatura máxima encontrada en ella, y se da también el rango de variación de las velocidades a lo largo de ella. El intervalo de temperaturas en los contornos es de 10° .

Para el trazado de estos diagramas de contorno, se utilizaron por lo menos dos observaciones, tomadas en días distintos, de cada punto. Cuando la coincidencia entre los perfiles no era menor del 2 %, el punto volvía a observarse hasta obtener la exactitud deseada.

Los diagramas de contorno se trazaron comparando constantemente con los perfiles observados, para no perder detalle. Debe recordarse que los valores para las temperaturas dados en estos diagramas deben ser multiplicados por 0.8 para ser llevados a la escala internacional.

El hecho de que en la zona $270^\circ \leq l \leq 290^\circ$, los diagramas 1 estén dados para $-2^\circ \leq b \leq 2^\circ$, y luego en los diagramas 2 esté

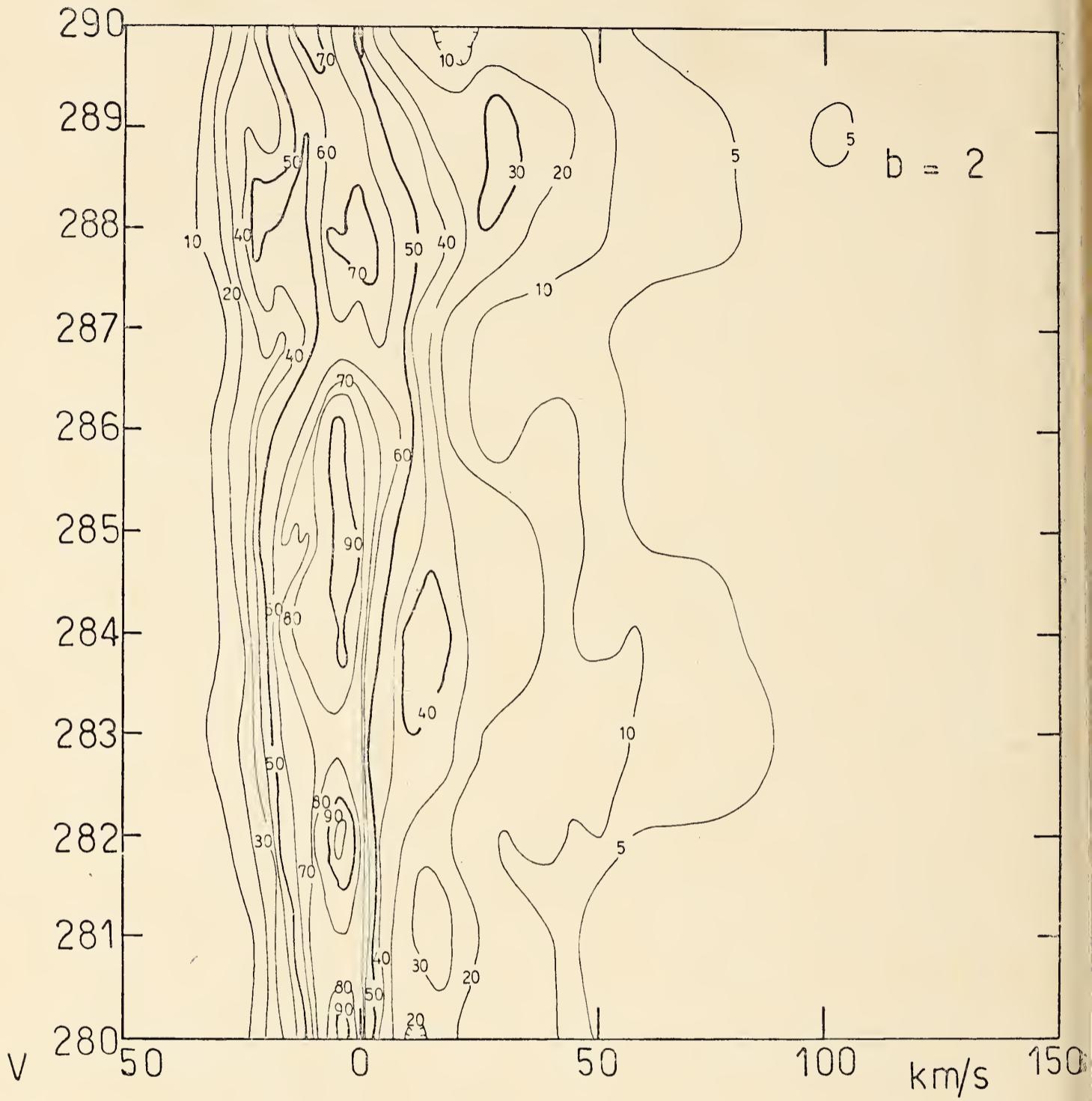


Fig. 3 a. — Diagramas de contorno para líneas de igual intensidad a latitud constante para $3^\circ \leq b \leq 2^\circ$. Los valores de las temperaturas deben ser multiplicados por 0.8 para llevarlos a la escala internacional.

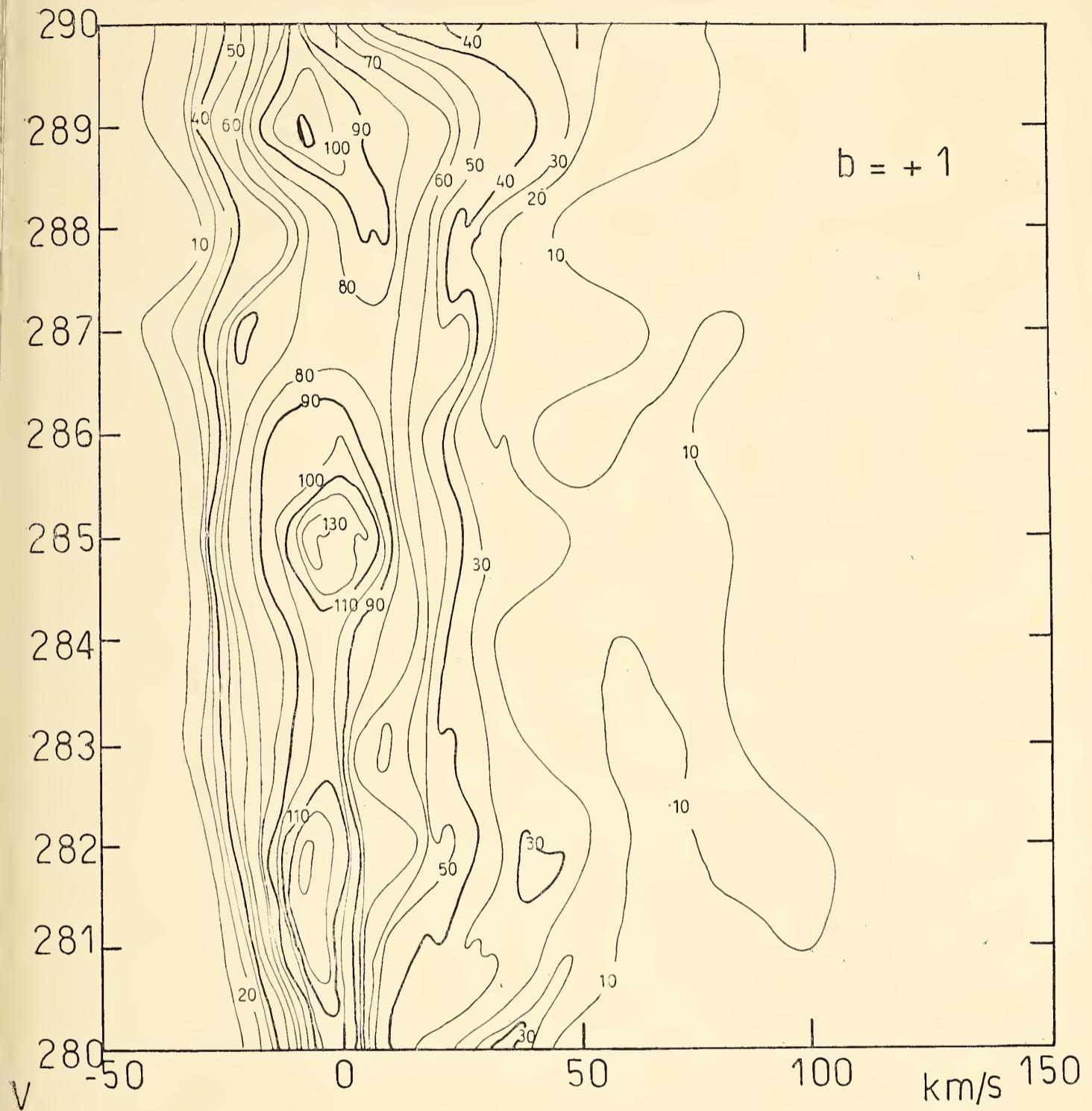


Figura 3, b

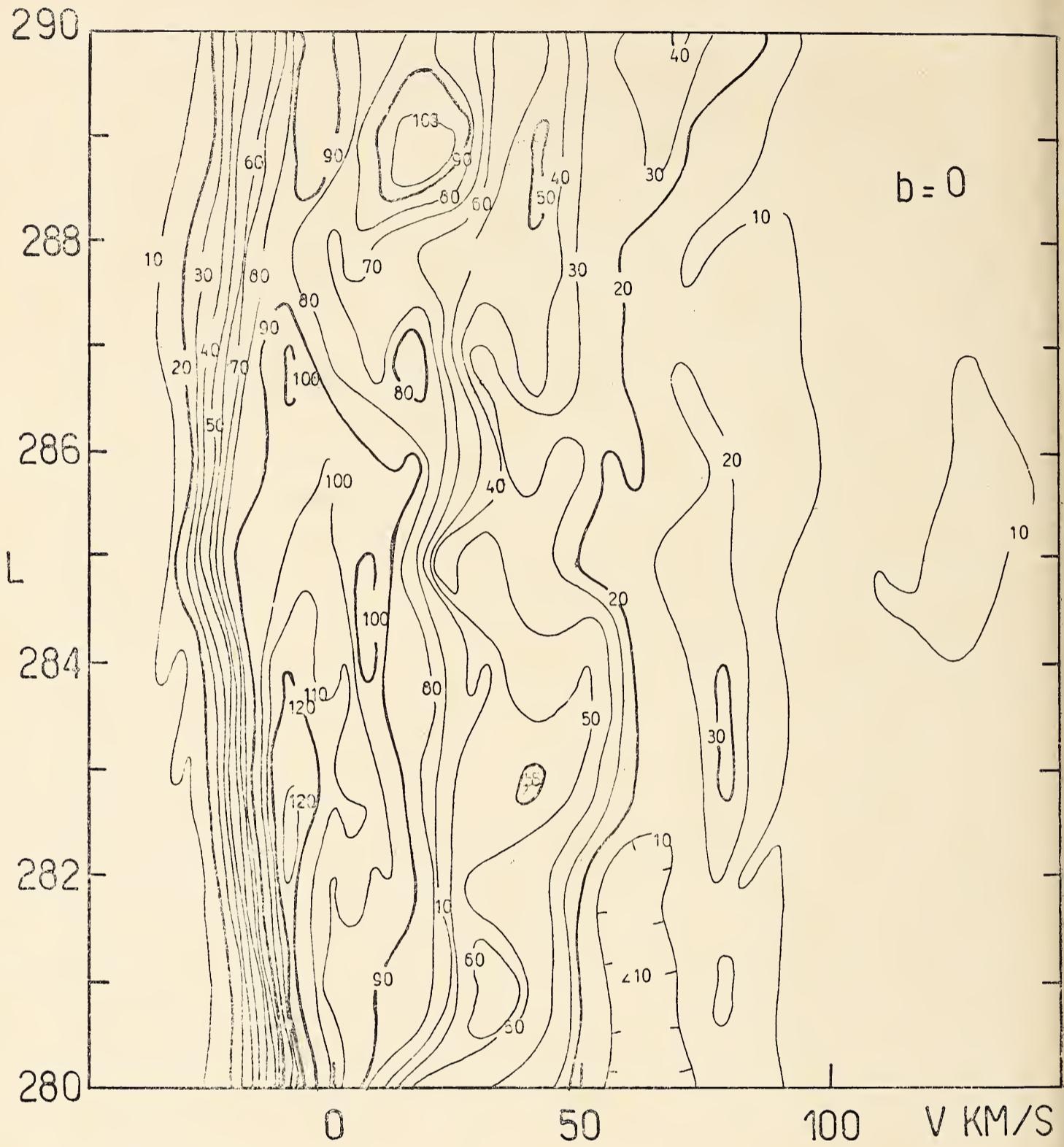


Figura 3, c

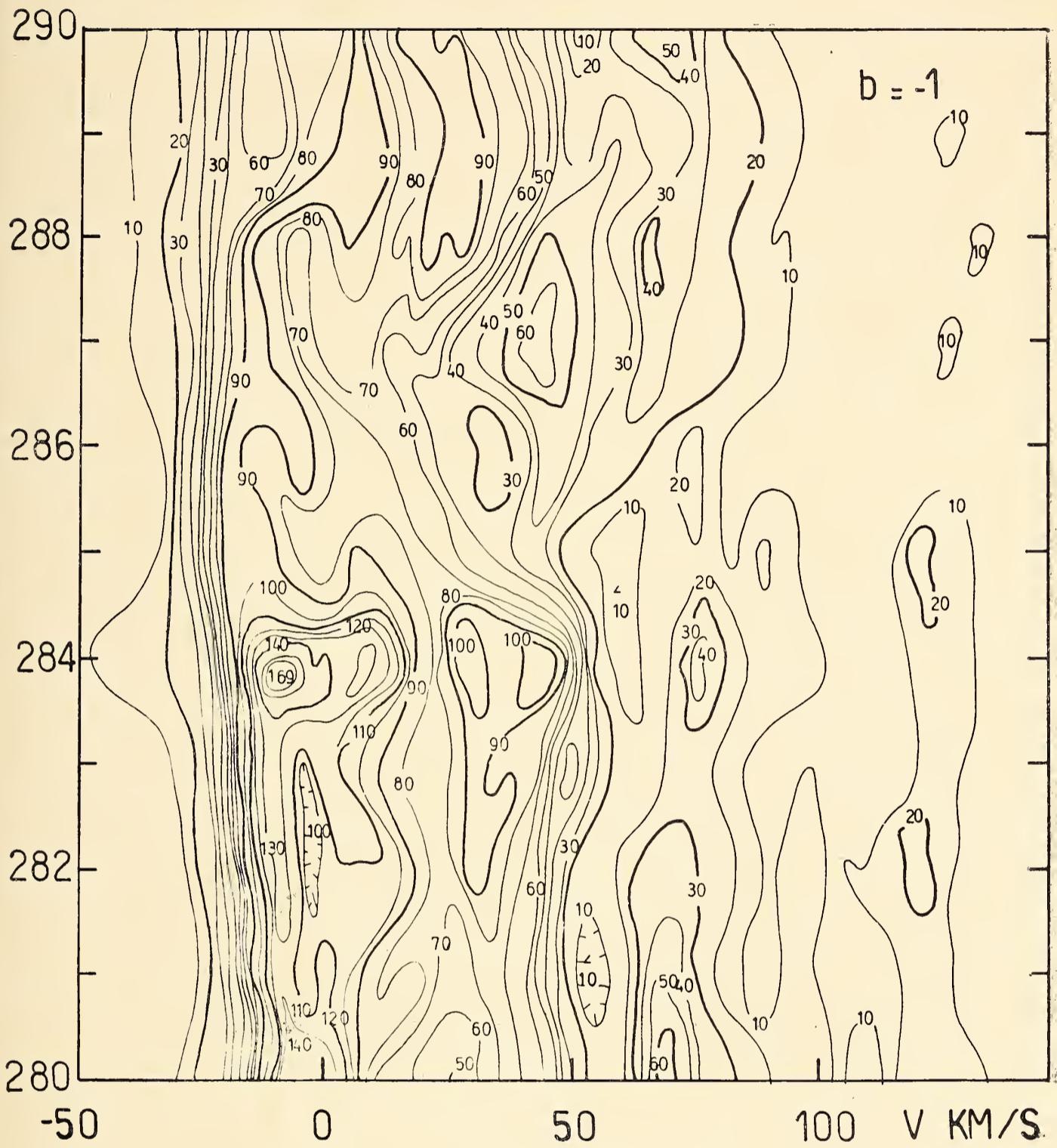


Figura 3, d

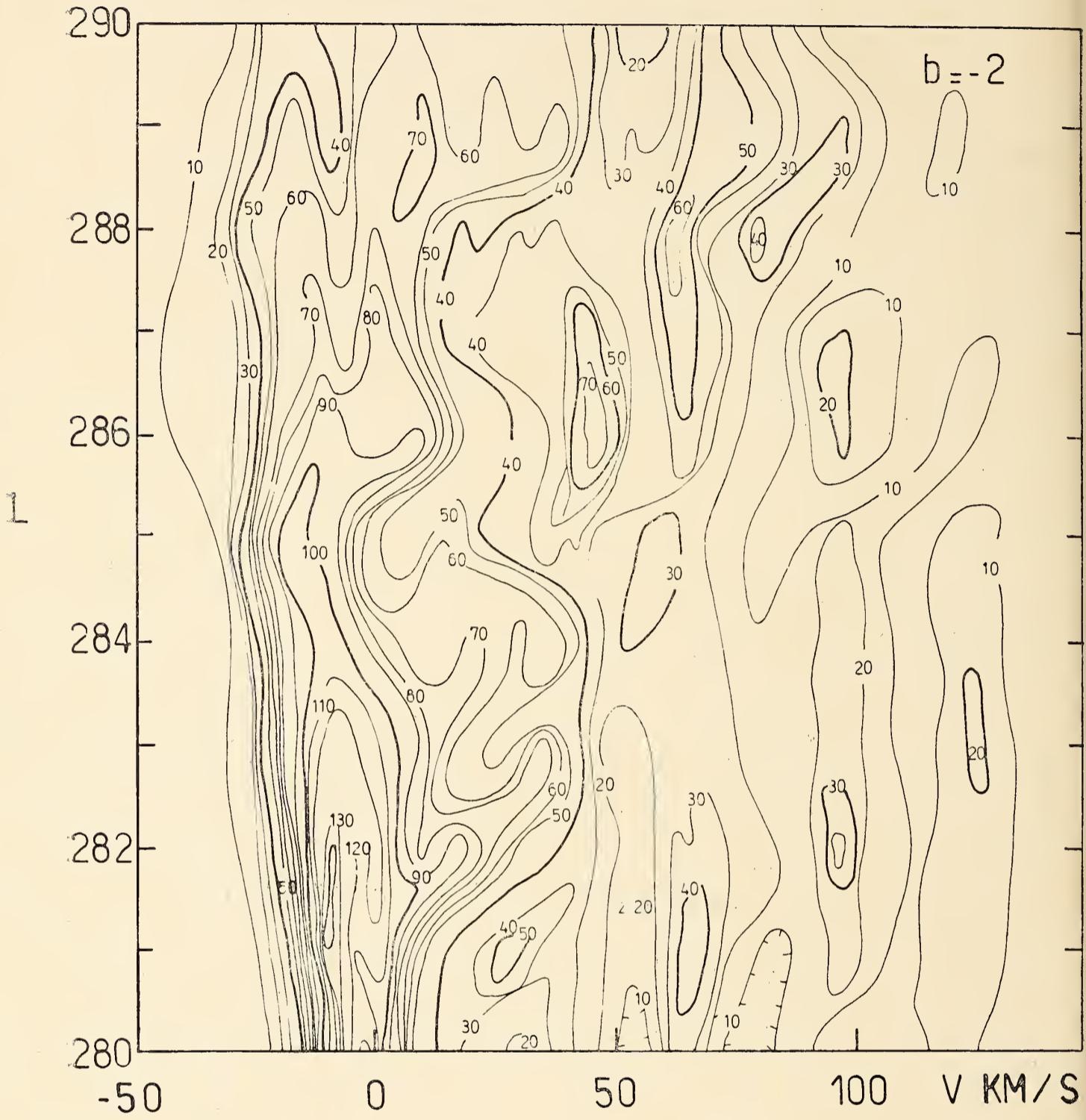


Figura 3, e

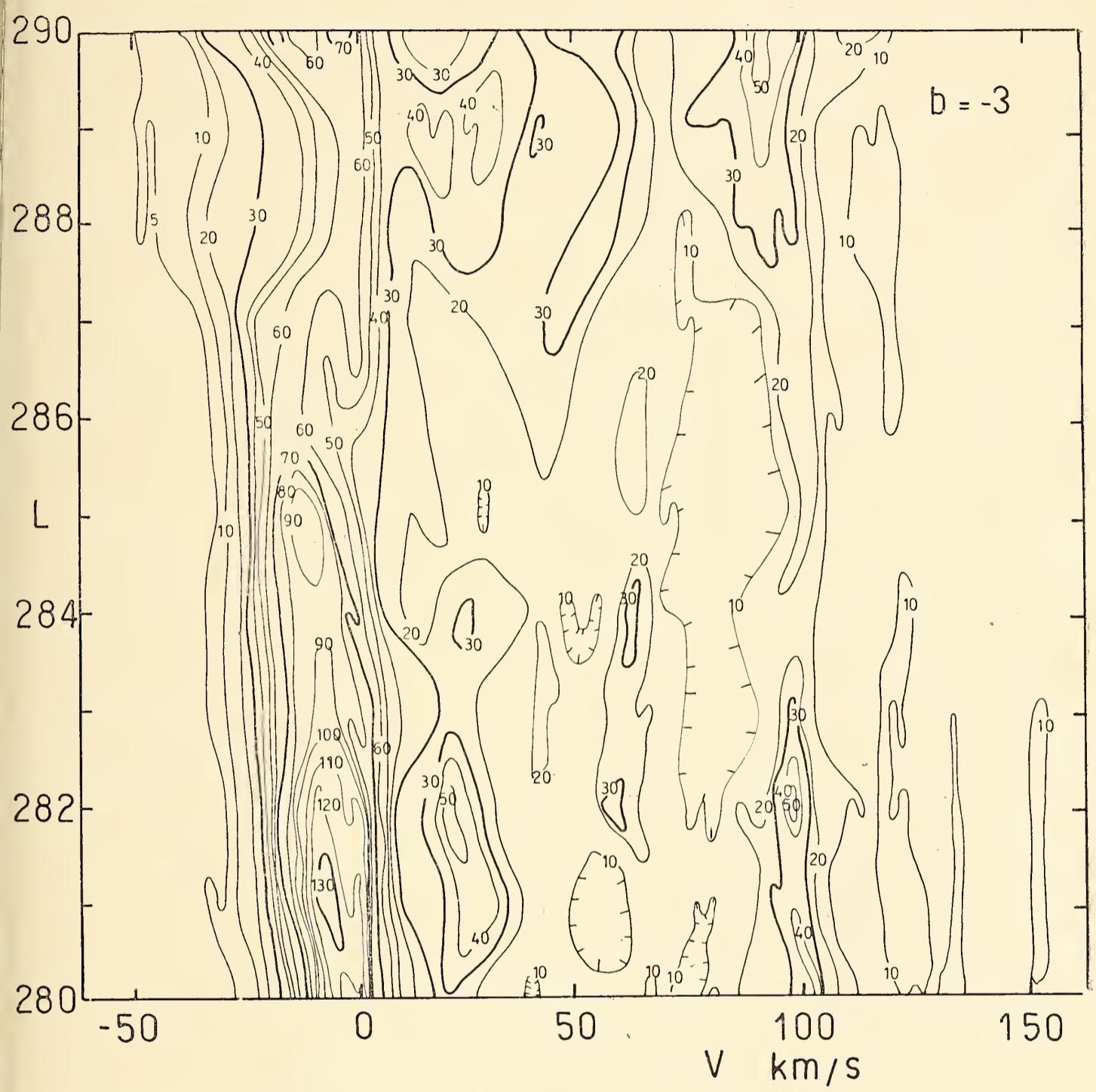


Figura 3, f

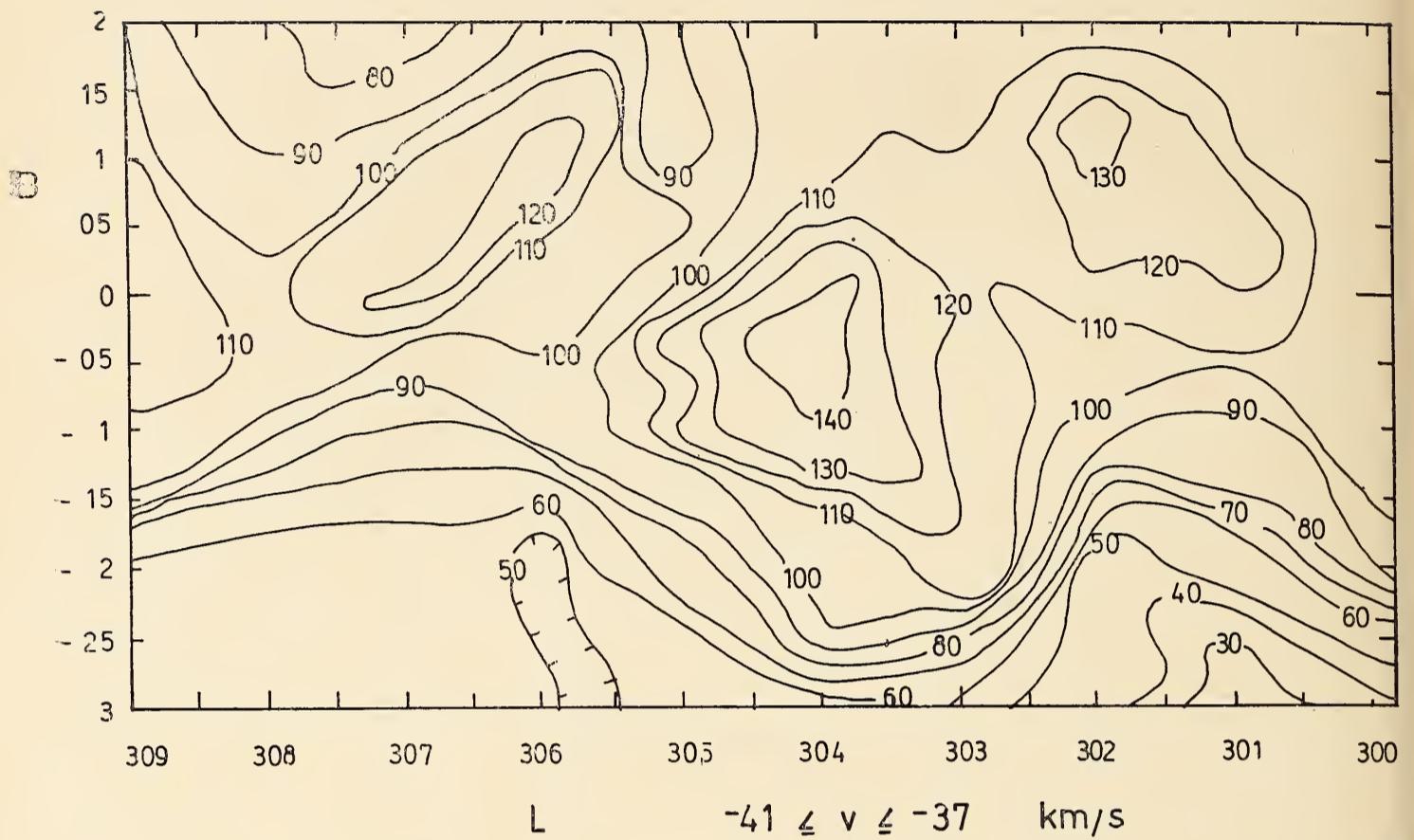


Fig. 4 a. — Diagramas de contorno para líneas de igual intensidad a la velocidad de las concentraciones. Los valores de las temperaturas deben ser multiplicados por 0.8 para llevarlos a la escala internacional.

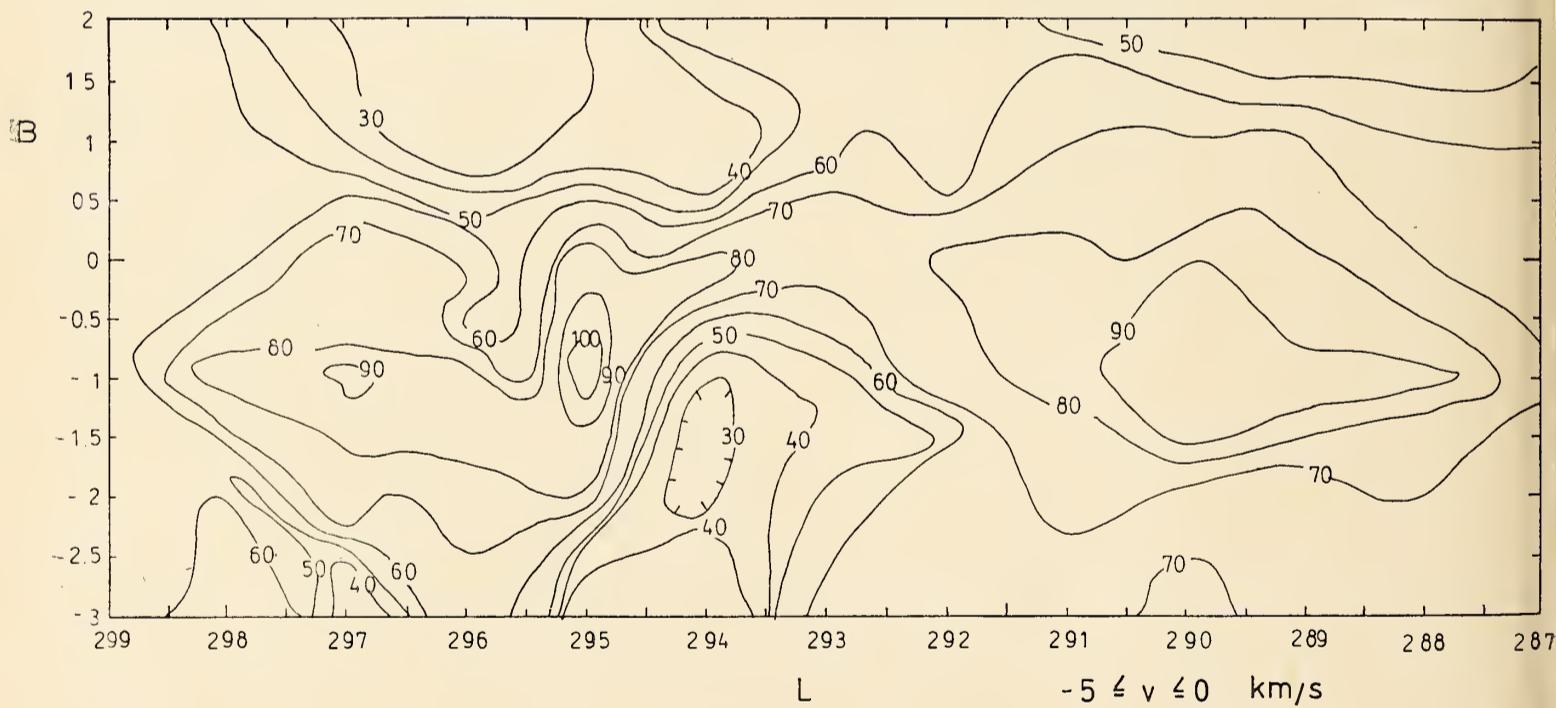


Fig. 4, b

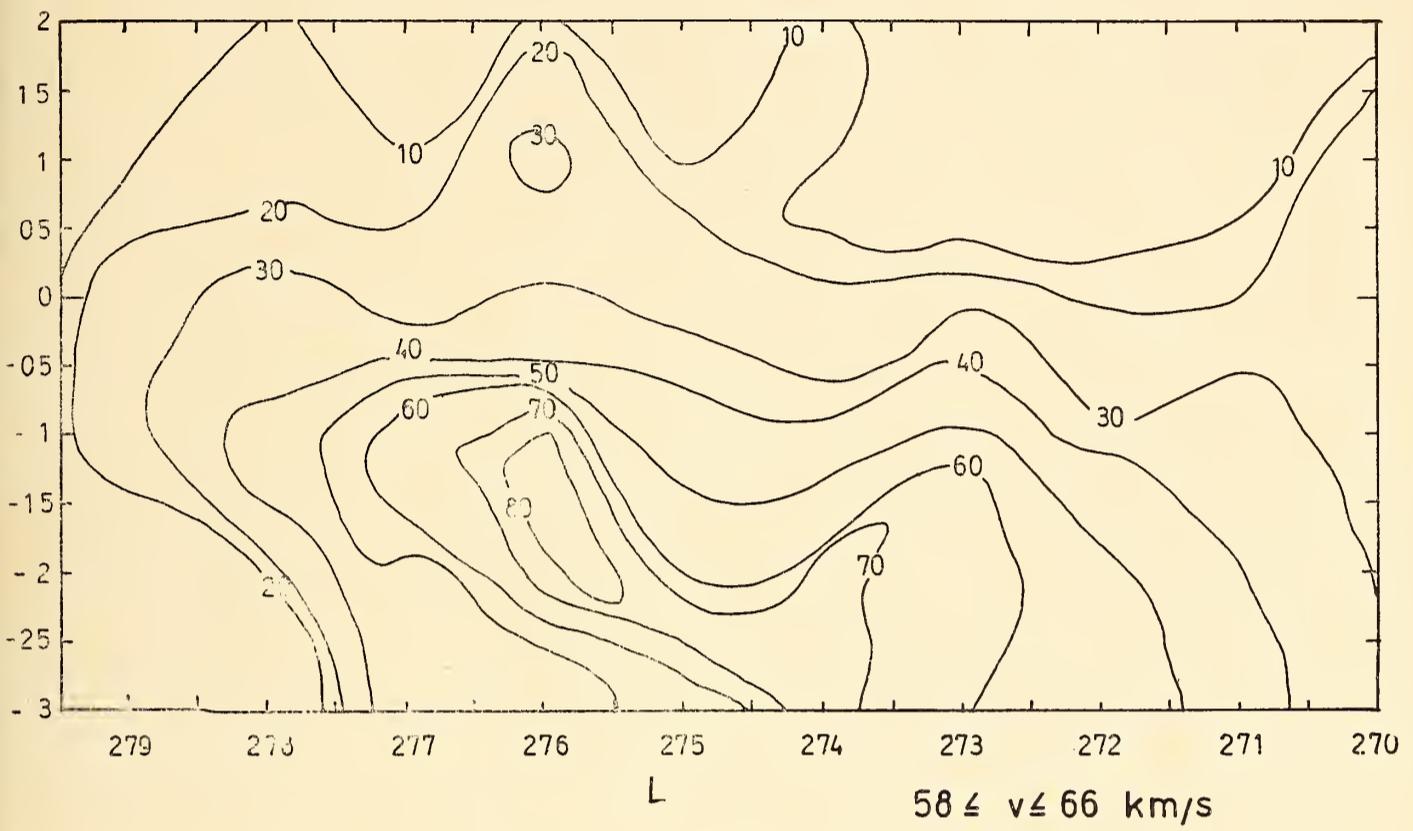


Fig. 4, c

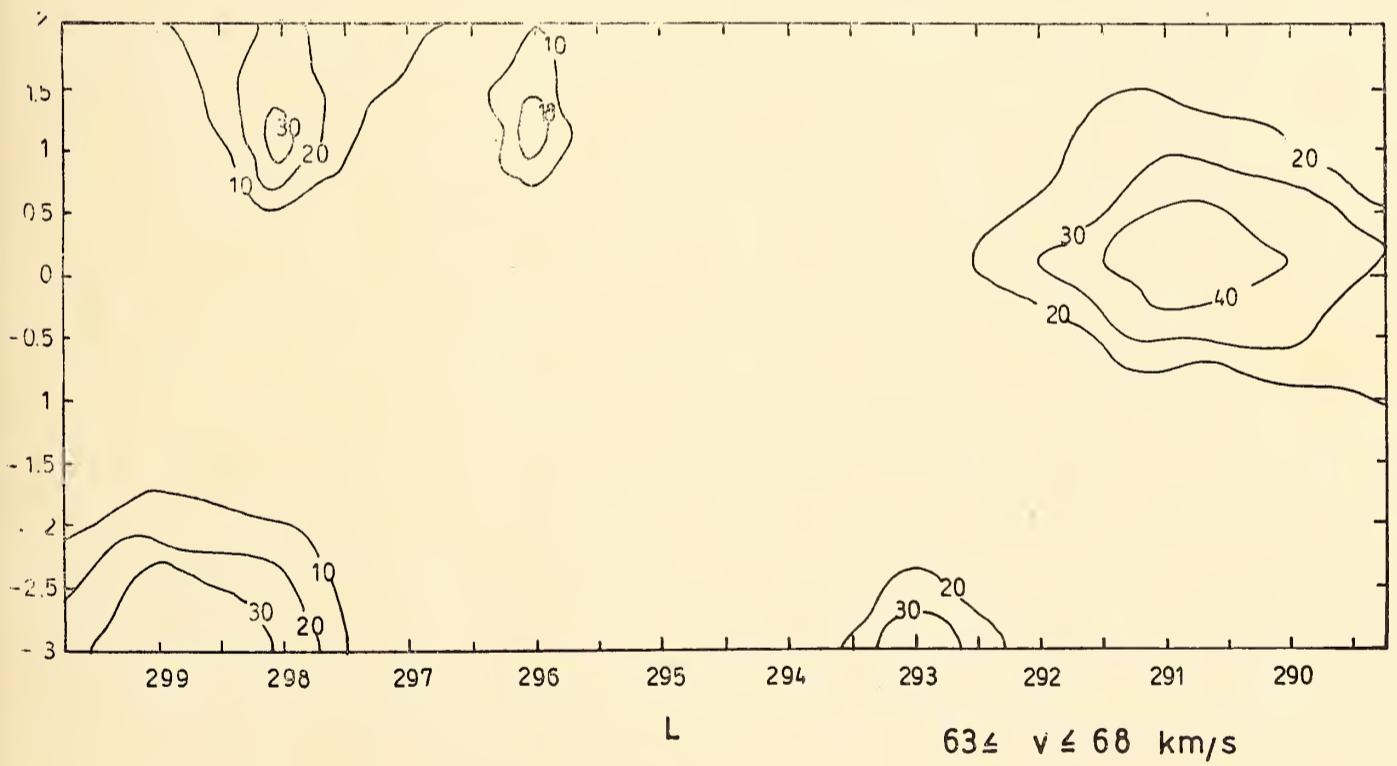


Fig. 4, d

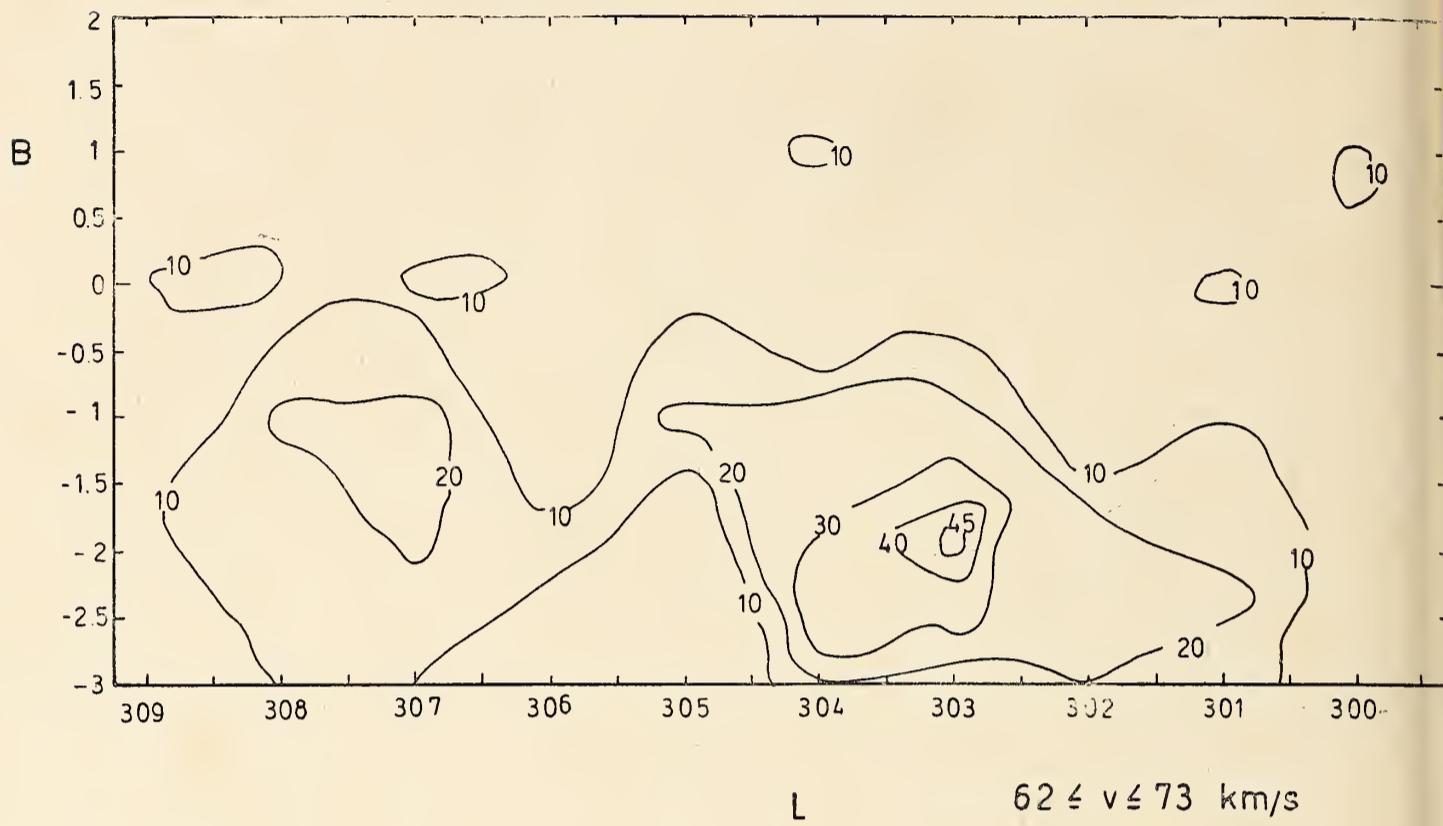


Fig. 4, e

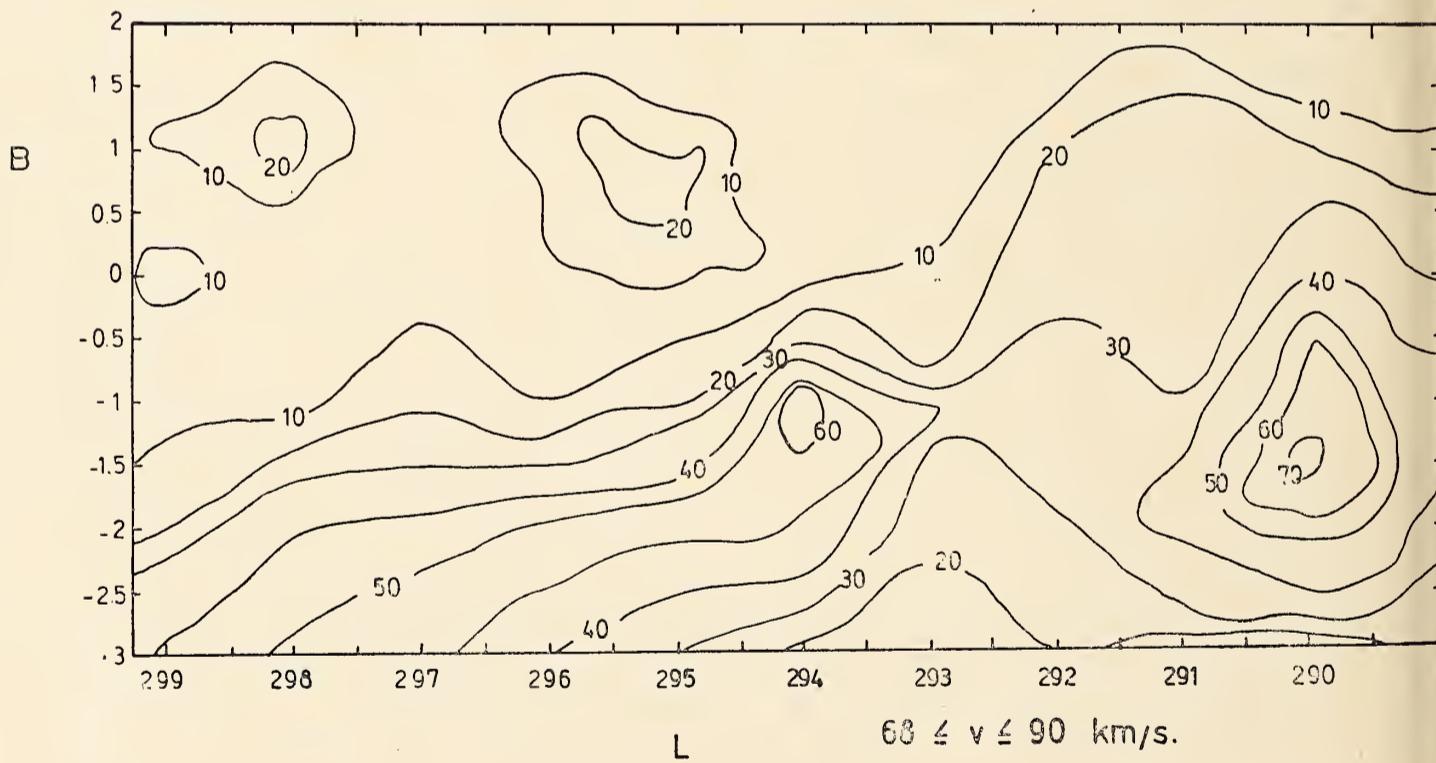


Fig. 4, f

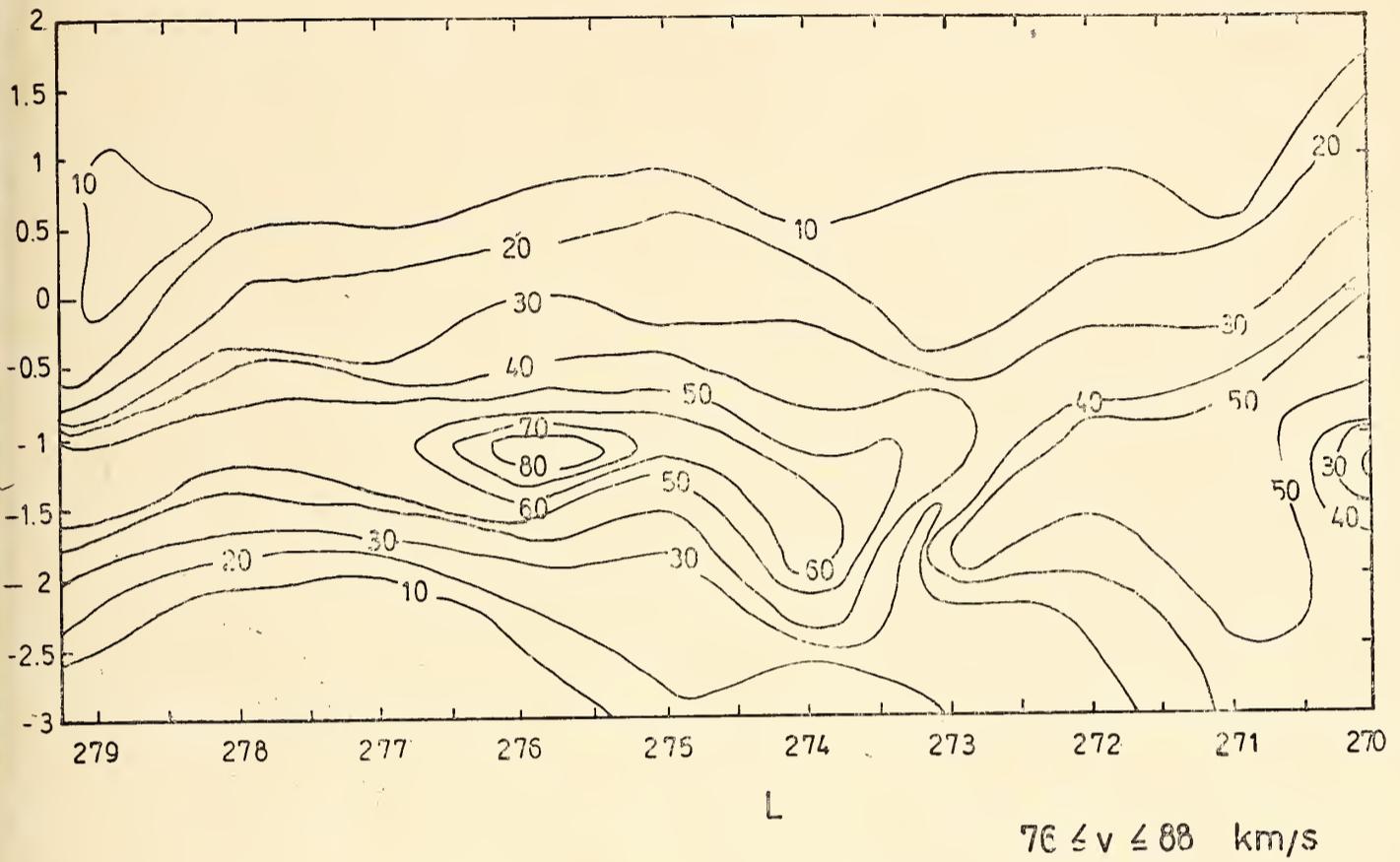


Fig. 4, g

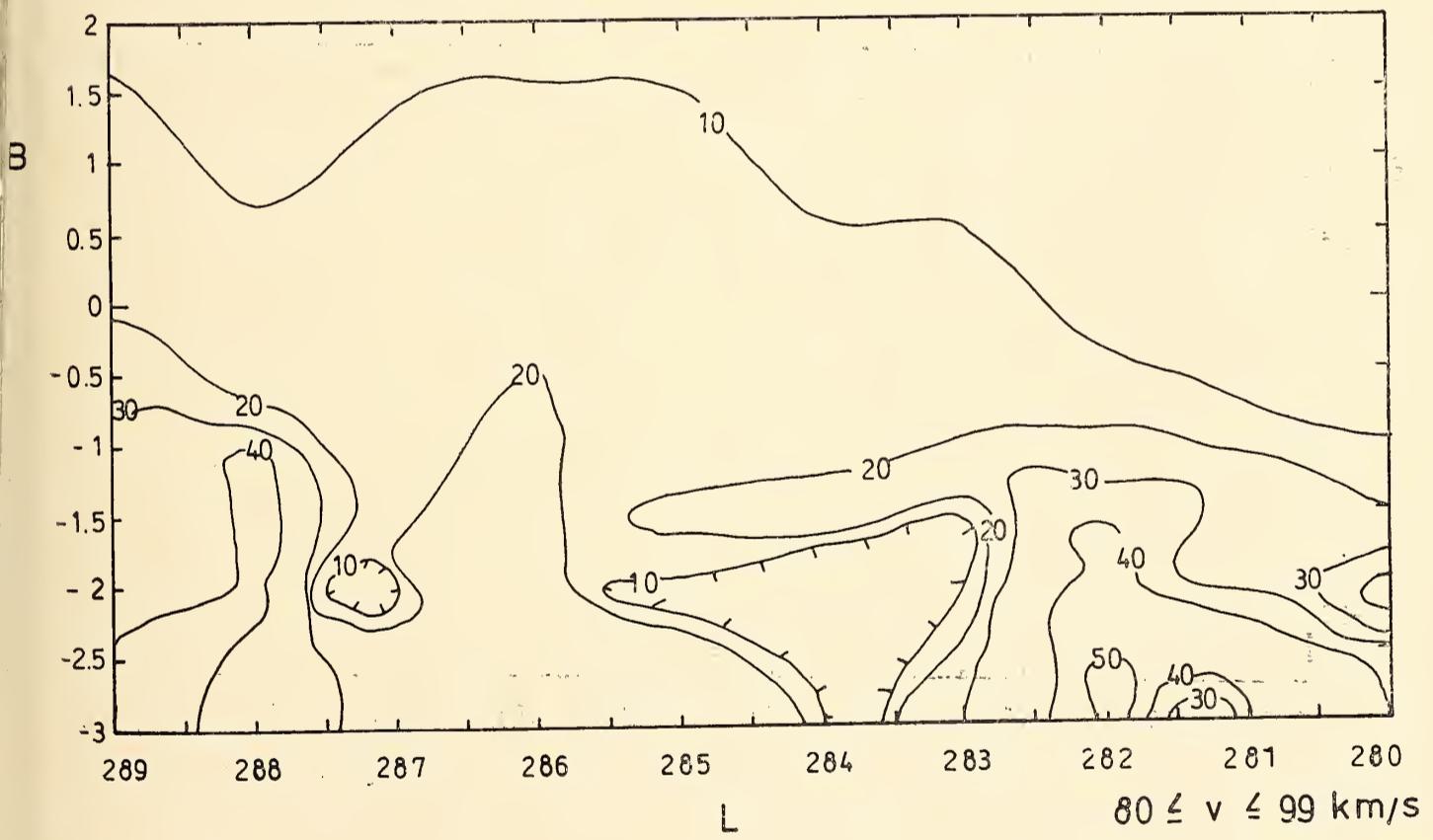
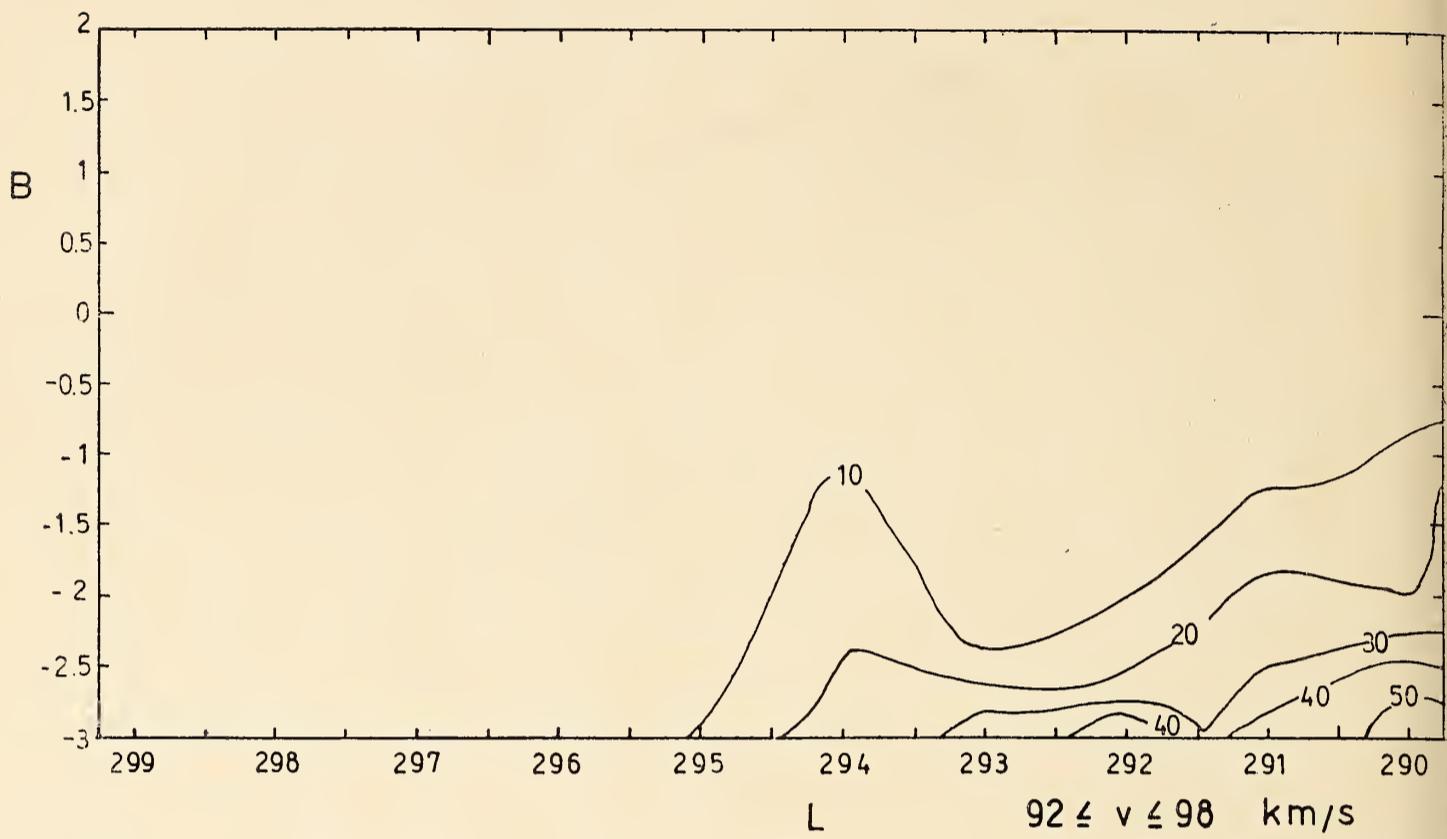
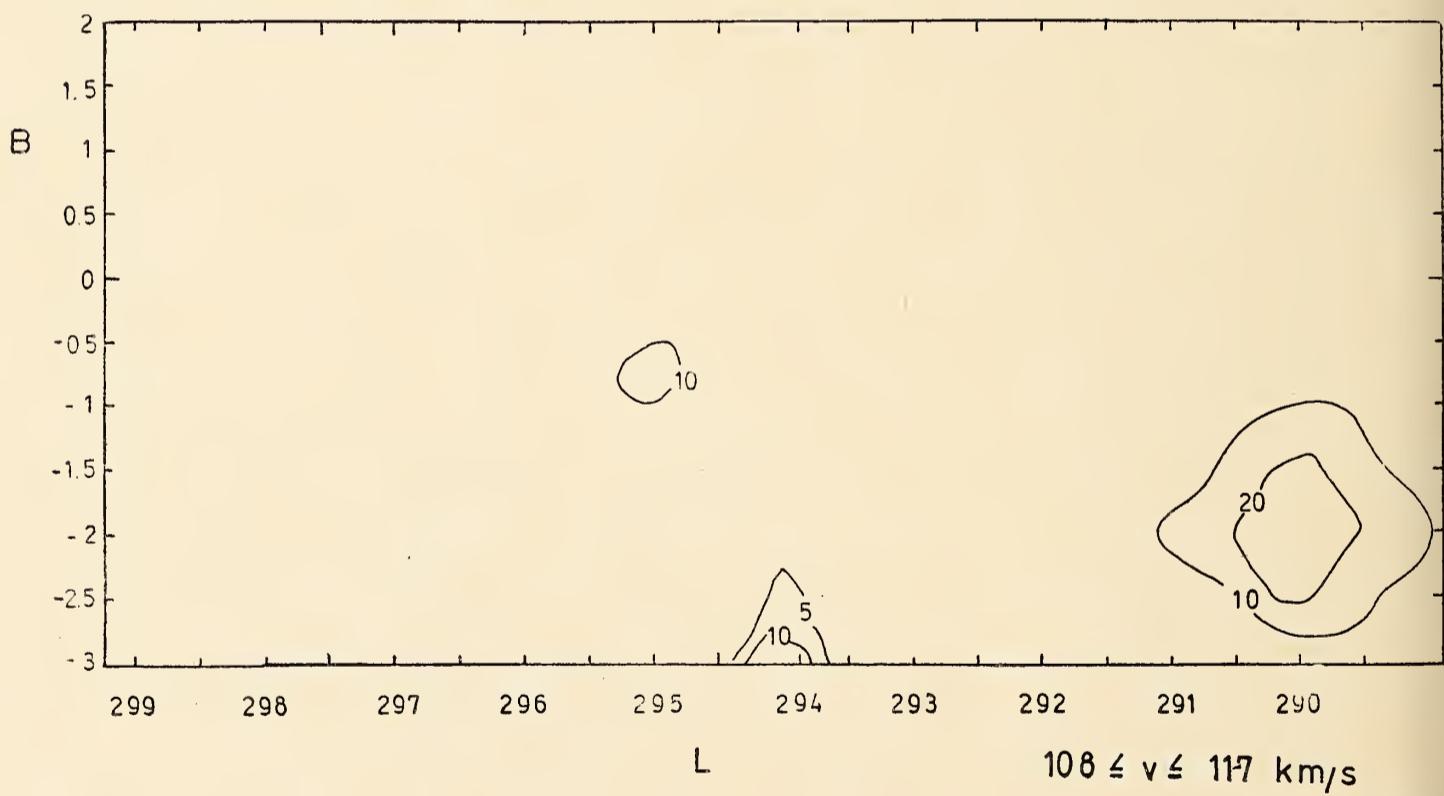


Fig. 4, h

Fig. 4. *i*Fig. 4. *j*

incluida la zona $b = 3^\circ$, se debe a que la zona fue ampliada posteriormente al notarse que una cantidad importante de las concentraciones encontradas en esta región, se prolongaban por debajo de $b = -2^\circ$.

Lo mismo ocurre con la zona $290^\circ \leq l \leq 319^\circ$, para la cual se observó posteriormente la región $b = 2^\circ$ con el objeto de unificar la zona estudiada.

(Continuará)

506.82
5678

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR: Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

SEPTIEMBRE-OCTUBRE 1969 — ENTREGAS III-IV — TOMO CLXXXVIII

188

SUMARIO

Pág.

SERIE I. CIENCIAS Nº 22

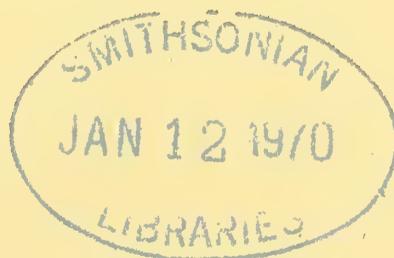
M. A. COPELLO Y E. A. DOREMAN, Contribución al estudio de los derivados iodados de la propanona y butanona. Dilucidación del mecanismo de reacción y estudio de las fórmulas estructurales	81
HILDA PEZZANO Y LIDIA COSCIA, Estudio por espectrometría EPR (Resonancia del Spin electrónico) de la unión del ión cúprico con el ácido ribonucleico	99
F. R. MARSICANO, Sobre las superficies de velocidad nula correspondientes al problema de tres cuerpos.....	117

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

SILVIA GARZOLI, Estudio de la estructura del hemisferio occidental galáctico en la zona de Carina.....	127
--	-----

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969



SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tamborelli †
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zeballos

JUNTA DIRECTIVA

(1969-1970)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares:</i>	Ing. Alberto Bilotti
	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Clmte. Rodolfo N. M. Panzarini
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Agr. Enrique M. Sívori
	Dr. Andrés O. M. Stoppani
	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Ing. Andrés E. Garlan
	Ing. Pablo R. Gorostiaga
	Cap. de Corb. Néstor C. L. Granelli
	Dr. Carlos A. Márquez
	Dr. Jorge R. A. Vanossi
<i>Vocales Suplentes</i>	

SECCIONES DEL INTERIOR

Comisión Directiva

San Juan

Presidente

Doctor Indalecio Carmona Ríos

Vicepresidente

Ingeniero Fernando Volponi

Secretario

Doctor Pablo A. Del Carril

Tesorero

Cont. Púb. Duilio S. Graffigna

Vocales

Ingeniero Ramón Ruiz Bates

Ingeniero Federico Rocha

Doctor Antonio Aguilar

Santa Fe

Presidente

Dr. Argentino A. Bonetto

Vicepresidente

Dr. Ezio Emiliani

Secretario

Prof. Clarice T. Pignalberi

Tesorero

Ing. Quím. Enrique A. Virasoro

Vocales

Ing. Quím. Guillermo Berraz

Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente

Ing. Roberto Diego Cotta

Vicepresidente

Ing. Camilo B. Rodríguez

Secretario

Dr. Luis M. Boggia

Prosecretario

Ing. Horacio C. Albina

Tesorero

Dr. Teodoro G. Krenkel

Protesorero

Ing. Pedro Diego Jensen

Vocales

Dr. Max Birabén, Dr. Homero

Bibiloni, Dr. Jorge J. Ronco,

Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Ives

L. Danna, Ing. Aaron Beilinson e Ing. José G. Romano

Yalour.

CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LOS DERIVADOS IODADOS
DE LA PROPANONA Y BUTANONA. DILUCIDACION DEL MECANISMO
DE REACCION Y ESTUDIO DE LAS FORMULAS ESTRUCTURALES

M. A. COPELLO Y E. A. DORFMAN

RESUMEN

Se compararon la 2-propanona con la 2-butanona en dos series de experiencias, para su utilización en el método permanganivolumétrico de valoración de ioduros solubles, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ambas cetonas.

Los productos finales de la reacción entre las cetonas y los ioduros en dicha valoración se identificaron como 1-iodo 2-propanona y 1-iodo 2-butanona. El permanganato de potasio oxida el ioduro a yodo que reacciona con la cetona para dar el derivado α -halogenado correspondiente.

Se determinaron los espectros al infrarrojo y ultravioleta y las absortividades molares de las cetonas halogenadas.

Se estudió la fotodescomposición de las soluciones de la 1-iodo 2-propanona en hexano.

ABSTRACT

We have compared 2-propanone with 2-butanone in two series of experiences regarding his usefulness in the permanganivolumetric method of analysis of soluble iodides, without finding significant statistical difference between the ketones.

The end products of the reaction between the ketones and iodides in that determination were identified as 1-iodo 2-propanone and 1-iodo 2-butanone.

Potassium permanganate oxides the iodide to iodine which reacts with the ketone to give the correspondent α -halogenated derivative.

The infrared and ultraviolet spectra and the molar absorptivities of halogenated ketones were determined.

The photodecomposition of the hexane solutions of 1-iodo 2-propanone was studied.

El objeto de este trabajo ha sido por una parte estudiar cetonas de comportamiento similar a la 2-propanona (Nomenclatura de la Unión Internacional de Química) para su utilización en la valoración permanganivolumétrica de los ioduros solubles y por otra parte

la interpretación del mecanismo de la reacción que se produce en dicha valoración así como la identificación de los productos formados.

Entre las cetonas que se pensó usar por ser solubles en agua fue necesario descartar la 3-hidroxi-2-butanona y la 4-hidroxi-4-metil-pentanona por ser reductoras del permanganato de potasio en medio ácido, Lejeune (1), se comparó la 2-propanona con la 2-butanona. El método de análisis que se utilizó es la modificación de Celsi-Copello (2) del método de Berg (3), que se describe a continuación:

Pesar exactamente ($\pm 0,0002$ g) alrededor de 200 mg de yoduro de potasio, previamente desecado a 130-150° C y dejado enfriar en desecador sulfúrico; colocarlos en un matraz cónico de 300 ml de capacidad y disolverlos en 50 ml de agua destilada. Agregar 20 ml de cetona purísima (libre de sustancias reductoras frente al permanganato de potasio) y 20 ml de ácido sulfúrico 3,6 M. Desde una bureta se va añadiendo la solución valorada de permanganato de potasio, a razón de una gota cada tres segundos agitando continuamente.

Se prosigue el agregado de permanganato hasta obtener una coloración rosada persistente durante 30 a 50 segundos.

Este método ha sido adoptado como oficial en la Farmacopea Argentina ediciones IV y V (4, 5).

Las cetonas utilizadas (2-propanona y 2-butanona) fueron purificadas por destilación comprobándose la ausencia de sustancias reductoras mediante el ensayo siguiente: una gota (0,05 ml) de permanganato de potasio 0,1 N en un volumen de 100 ml de una solución que contiene 20 ml de la cetona, equivalente a una concentración de 5×10^{-5} N en permanganato de potasio debe dar un color rosado persistente por lo menos 60 segundos. Se preparó una solución aproximadamente 0,1 F de yoduro de potasio que fue purificado previamente por cristalización (2). El yoduro de potasio empleado en las experiencias fue analizado por argentivolumetría potenciométrica utilizando como electrodo indicador uno de plata y como referencia uno de plata/cloruro de plata con un puente salino de solución saturada de nitrato de potasio, obteniéndose los siguientes datos en lo que se refiere a su contenido en yoduro de potasio:

99,89 %

99,92 %

99,96 %

Siendo el promedio 99,92 % con una desviación standard media de $\pm 0,02$. Se realizó el ensayo de pureza según las normas ACS (6).

La solución de yoduro de potasio 0,1 F fue analizada en dos series de experiencias paralelas, en una serie se usó 2-propanona y en la otra 2-butanona. Los resultados obtenidos figuran en la tabla I.

TABLA I

2-propanona	2-butanona
1,686 %	1,688 %
1,687 »	1,688 »
1,687 »	1,688 »
1,687 »	1,689 »
1,688 »	1,690 »
1,688 »	
promedio	promedio
1,687 %	1,688 %

Aplicando el criterio del "t" de Student se llega a la conclusión de que la diferencia entre ambas medias aritméticas no es significativa, por lo tanto se puede usar la 2-butanona en lugar de la 2-propanona en el método de determinación cuantitativa.

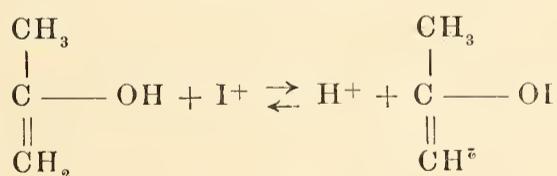
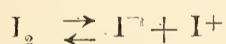
Según Berg (3) la 2-propanona en presencia de IH reacciona con el IO_3H según la siguiente ecuación:



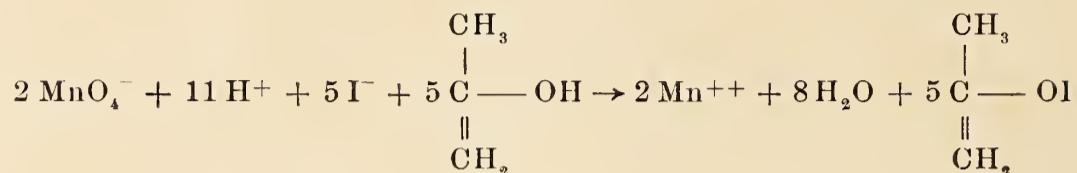
Siendo esta reacción cuantitativa.

Este autor no aclara la estructura del compuesto $\text{C}_3\text{H}_5\text{IO}$.

Celsi y Copello (2) admiten que la reacción que se produce es la siguiente:



La reacción de óxido-reducción total sería la siguiente:

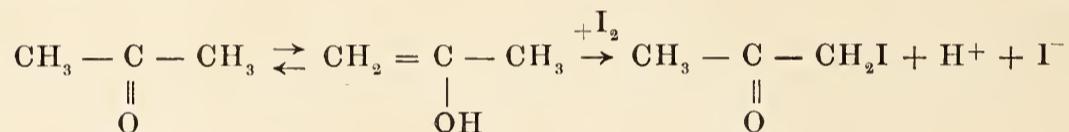


Nuestro problema era dilucidar la estructura de la iodopropanona producto de la reacción.

El derivado halogenado 1-iodo 2-propanona $\text{ICH}_2\text{-CO-CH}_3$ es un compuesto ya conocido, fue sintetizado por primera vez por Scholl y Matthaopoulos (7), según Grignard (8) los derivados halogenados de la 2-butanona han sido poco estudiados especialmente los iodados y fluorados.

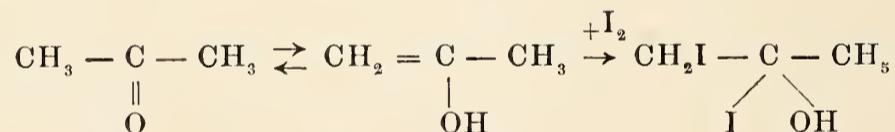
El espectro ultravioleta de la 1-iodo 2-propanona en hexano figura en la bibliografía Herold (9).

Lapworth (10) interpreta la reacción entre el yodo y las cetonas en dos pasos.

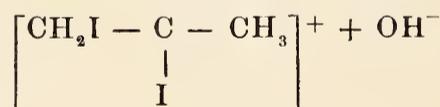


La primera reacción de enolización controla la velocidad de la reacción siendo la reacción general independiente de la concentración del halógeno.

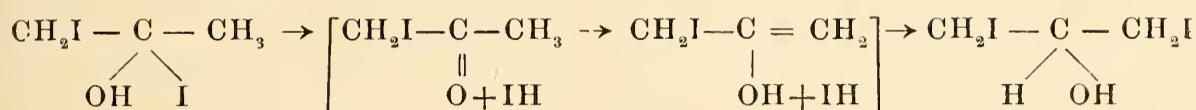
La enolización es catalizada por los ácidos. Dawson y Key (11) estudiaron la velocidad de reacción entre el yodo y la 2-propanona y establecieron que el efecto catalítico depende de la fuerza del ácido o sea de la reacción real del medio. Birr (12) por estudios de conductividad de soluciones de yodo en propanona y butanona propone el siguiente mecanismo de reacción:



Esta iodhidrina podría disociarse así:



La reacción continuaría



Dando como producto final un alcohol isopropílico diiodado.

Trabajos más modernos de Benesi e Hildebrand (13) siguen el

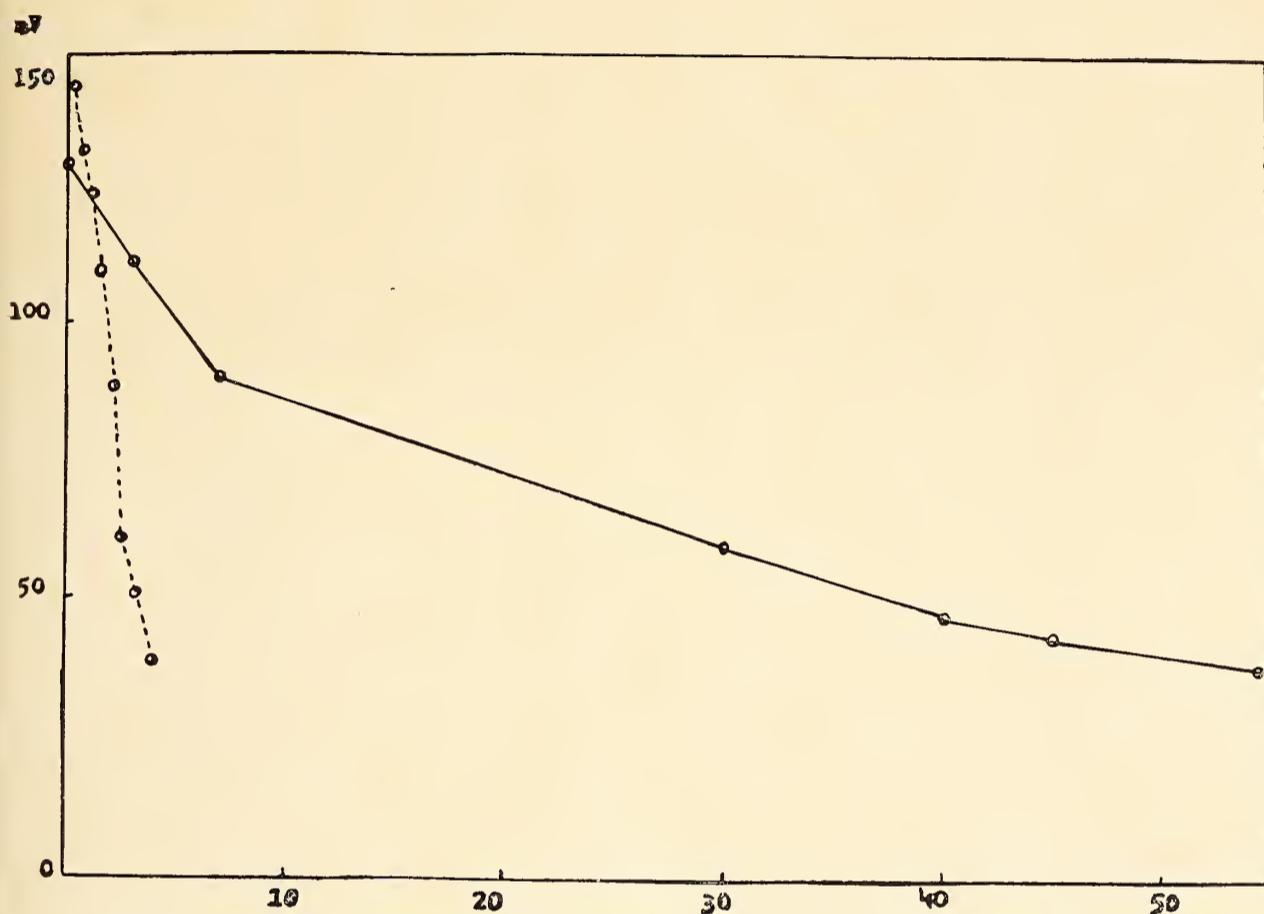


Gráfico 1. — - - - - 20 ml. ac. sulfúrico 3,6 F ——— 2 ml. ac. sulfúrico 3,6 F

esquema de Lapworth (10). Nosotros hemos comprobado el efecto de la concentración del ácido y de la cetona en la velocidad de reacción durante la valoración permanganométrica de ioduros.

Existe una concentración mínima de cetona necesaria para que se produzca la reacción, para 1 milimol de ioduro de potasio, la cantidad de cetona mínima es de 50 milimoles (aproximadamente 4 ml).

El ácido, además de proveer los protones para la acción oxidante del permanganato de potasio actuaría también como catalizador. En el gráfico 1 se observa la variación de potencial en función del tiempo en dos valoraciones realizadas, una con 20 ml de ácido sulfúrico 3,6 F y otra con 2 ml de ácido de la misma concentración.

Hemos realizado una serie de experiencias para identificar por su espectro en el ultravioleta, infrarrojo y la absorptividad molar los derivados de la 2-propanona y 2-butanona formados durante la valoración permanganométrica de los ioduros.

Primero. Espectrofotometría al ultravioleta.

Se realizó la valoración de 10 ml de solución de ioduro de potasio 0,1 F con 4 ml de 2-propanona o 2-butanona, una vez concluida la valoración se extrajo el producto de la reacción, en una ampolla de decantación, con hexano, utilizando dos fracciones de 10 ml cada una.

Las soluciones fueron luego diluídas al tercio para el registro del barrido espectral.

Además se hicieron los respectivos blancos extrayendo con hexano soluciones que contenían en un volumen aproximado de 100 ml, 4 ml de 2-propanona o 2-butanona, 20 ml de ácido sulfúrico 3,6 F y 20 ml de solución 0,1 F de sulfato de manganeso (II).

El hexano utilizado tenía una transmitancia entre 98-100 % desde 240 hasta 340 $m\mu$ medida en un espectrofotómetro Beckman modelo DU.

Los gráficos 2 y 3 de los espectros ultravioleta fueron registrados en un aparato Perkin Elmer modelo 202.

Existe una similitud con los espectros de Herold (9) de la 2-propanona y 1-iodo 2-propanona. Para la 2-butanona y la 1-iodo 2-butanona no encontramos referencias bibliográficas.

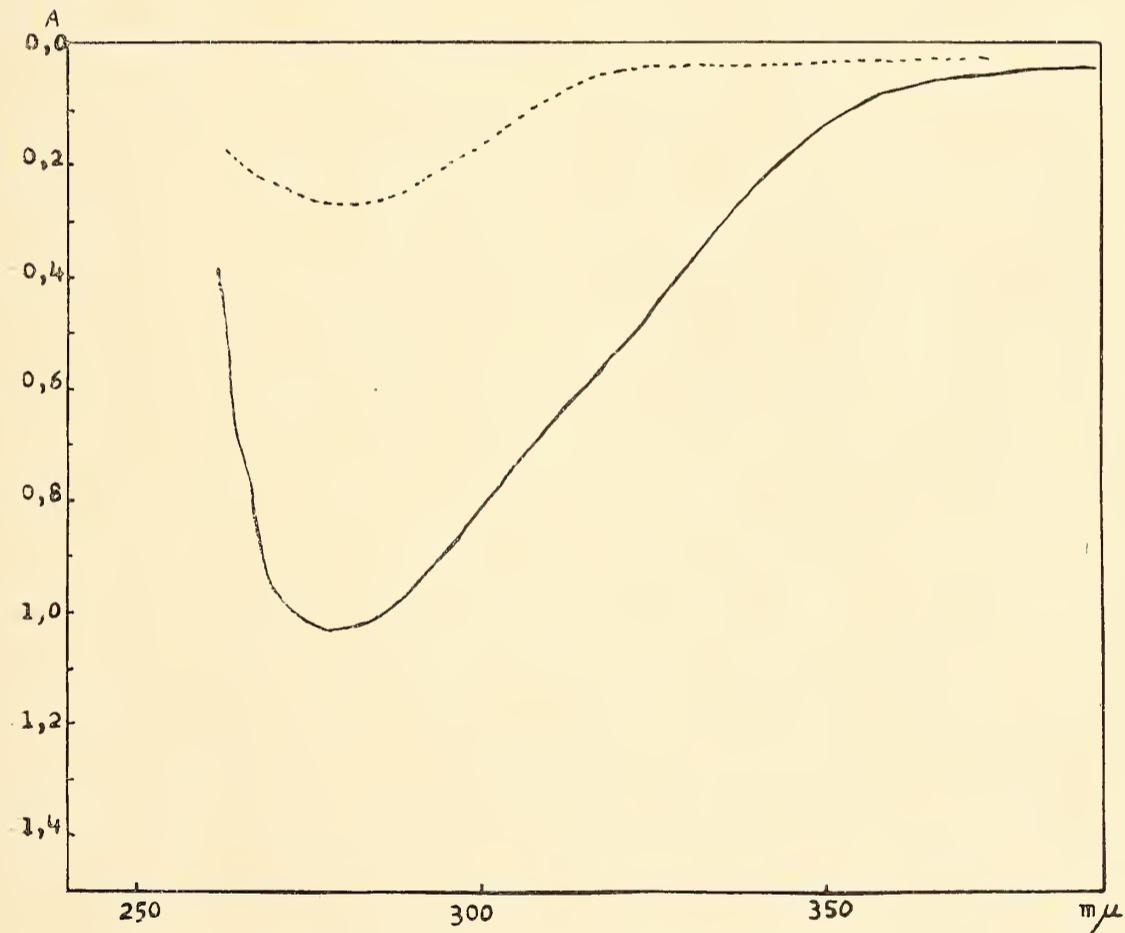
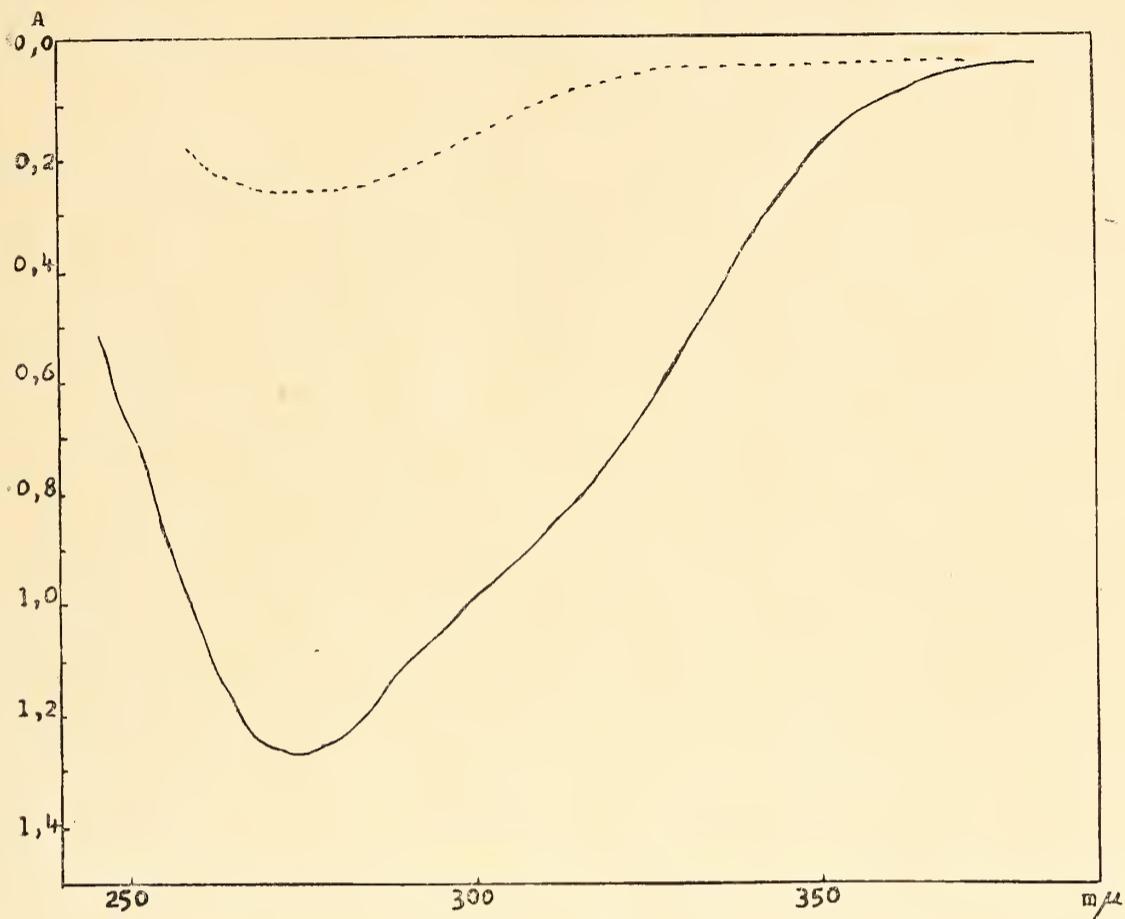
Para completar la experiencia anterior se estudiaron en el ultravioleta los productos de reacción del iodo con soluciones ácidas de 2-propanona y 2-butanona.

Se preparó una solución saturada de iodo en hexano que se dejó en la obscuridad dos días en reposo y luego se filtró.

En un recipiente con agitación magnética se midieron 4 ml de 2-propanona o 2-butanona, 20 ml de solución de ácido sulfúrico 3,6 F y se diluyó con agua destilada hasta un volumen aproximado de 100 ml, se agregó a continuación 20 ml de la solución de iodo en hexano y se agitó hasta decoloración del hexano.

Al mismo tiempo se efectuaron los blancos correspondientes agitando las soluciones acuosas con 20 ml de hexano.

El hexano se separó de la fase acuosa y se hicieron los registros del barrido espectral correspondiente que resultaron similares a los obtenidos anteriormente en las valoraciones. Gráficos 4 y 5.



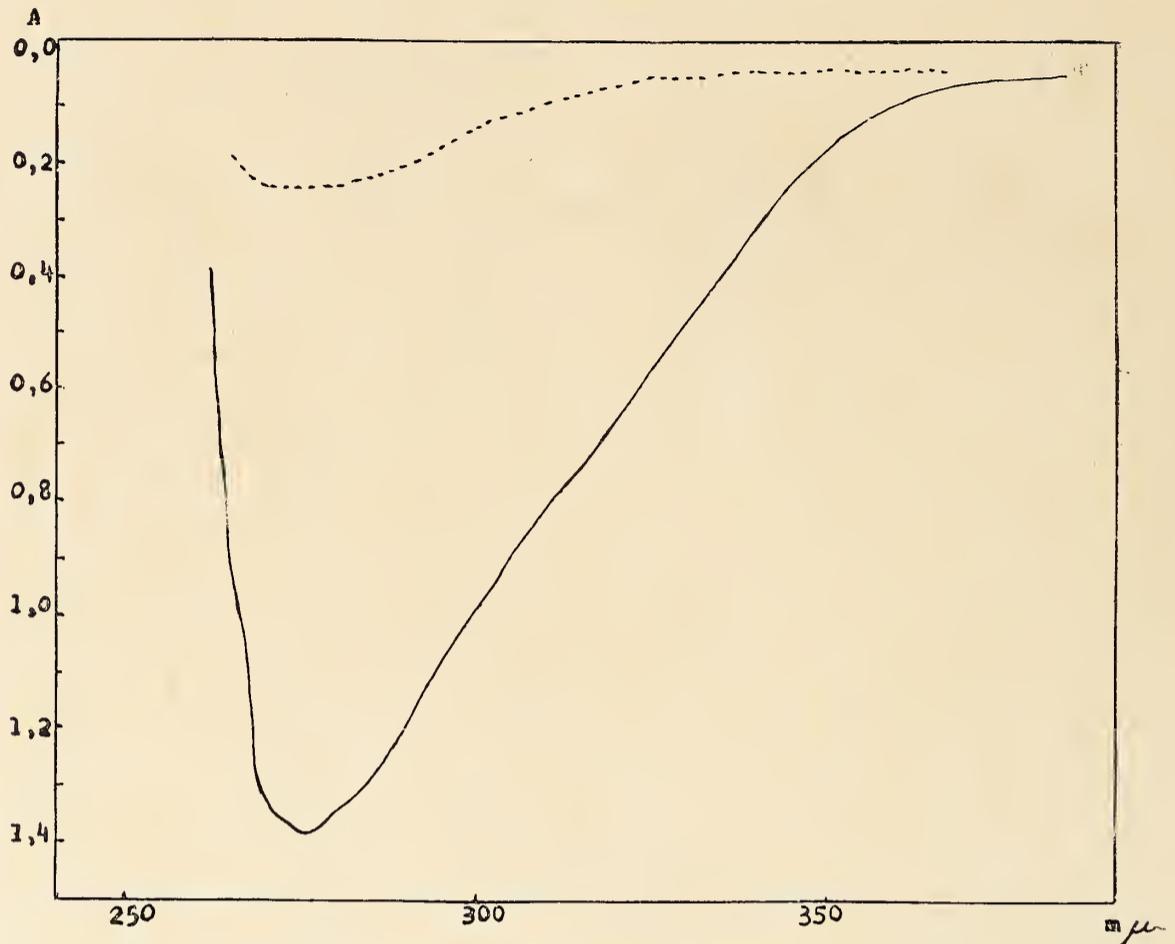


Gráfico 4. — - - - Blanco — Iodopropanona

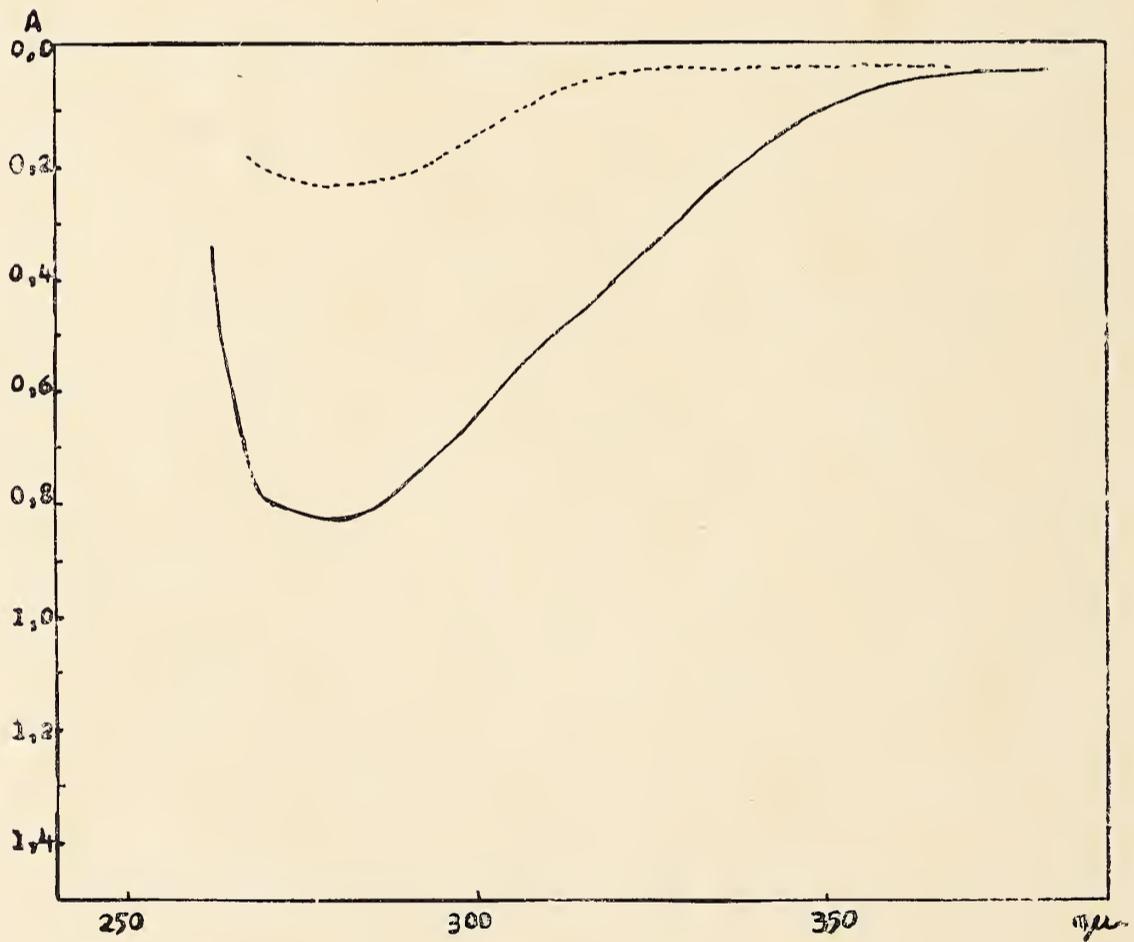


Gráfico 5. -- - - Blanco — Iodobutanona

Las soluciones acuosas obtenidas en esta experiencia se trataron con solución de nitrato de plata 0,1 N obteniéndose en el caso de las soluciones que reaccionaron con yodo en hexano un abundante precipitado amarillo insoluble en amoníaco, de yoduro de plata, en el caso de los blancos no se obtuvo ningún precipitado por el agregado de la solución de nitrato de plata 0,1 N.

Segundo. Espectrofotometría al infrarrojo.

Se continuó con la identificación de las sustancias formadas en la valoración por medio del espectro infrarrojo.

Se prepararon soluciones de 2-butanona, 1-yodo 2-butanona, 2-propanona y 1-yodo-2-propanona en hexano de acuerdo a la misma técnica que se usó para preparar las soluciones para los espectros en el ultravioleta.

Las soluciones de 1-yodo 2-propanona y 1-yodo 2-butanona se evaporaron al vacío, con trompa de agua, a temperatura ambiente, hasta obtener una concentración aproximadamente 100 veces mayor que la original.

Los registros espectrales se realizaron en un aparato Perkin Elmer modelo 337, usándose hexano para compensar. Gráficos 6, 7, 8 y 9.

Se observa en la 1-yodo 2-propanona un estiramiento en un número de onda de 670 cm^{-1} (15 micrones) y en la 1-yodo 2-butanona un estiramiento en un número de onda de 615 cm^{-1} (16,5 micrones) que corresponderían ambos a la unión I-C.

Tercero. Se determinaron además las absortividades molares de los productos de la reacción extraídos con hexano. Para ello se determinó la longitud de onda que corresponde al máximo de absorbancia. Este máximo es de $275\text{ m}\mu$ para la 1-yodo 2-propanona y $279\text{ m}\mu$ para la 1-yodo 2-butanona. Para determinar la absortividad molar se valoró sobre alícuotas de la solución en hexano la concentración de 1-yodo 2-butanona y 1-yodo 2-propanona por calentamiento con solución alcohólica de hidróxido de potasio 0,4 F. La solución en hexano se calentó a reflujo una hora con 20,0 ml de solución alcohólica de hidróxido de potasio aproximadamente 0,4 F, se enfrió la solución y se extrajo con 3 porciones de 20 ml cada una de agua destilada. En los líquidos acuosos reunidos se valoró el anión yoduro por argentivolumetría potenciométrica previa acidificación con solución de ácido sulfúrico 1 F.

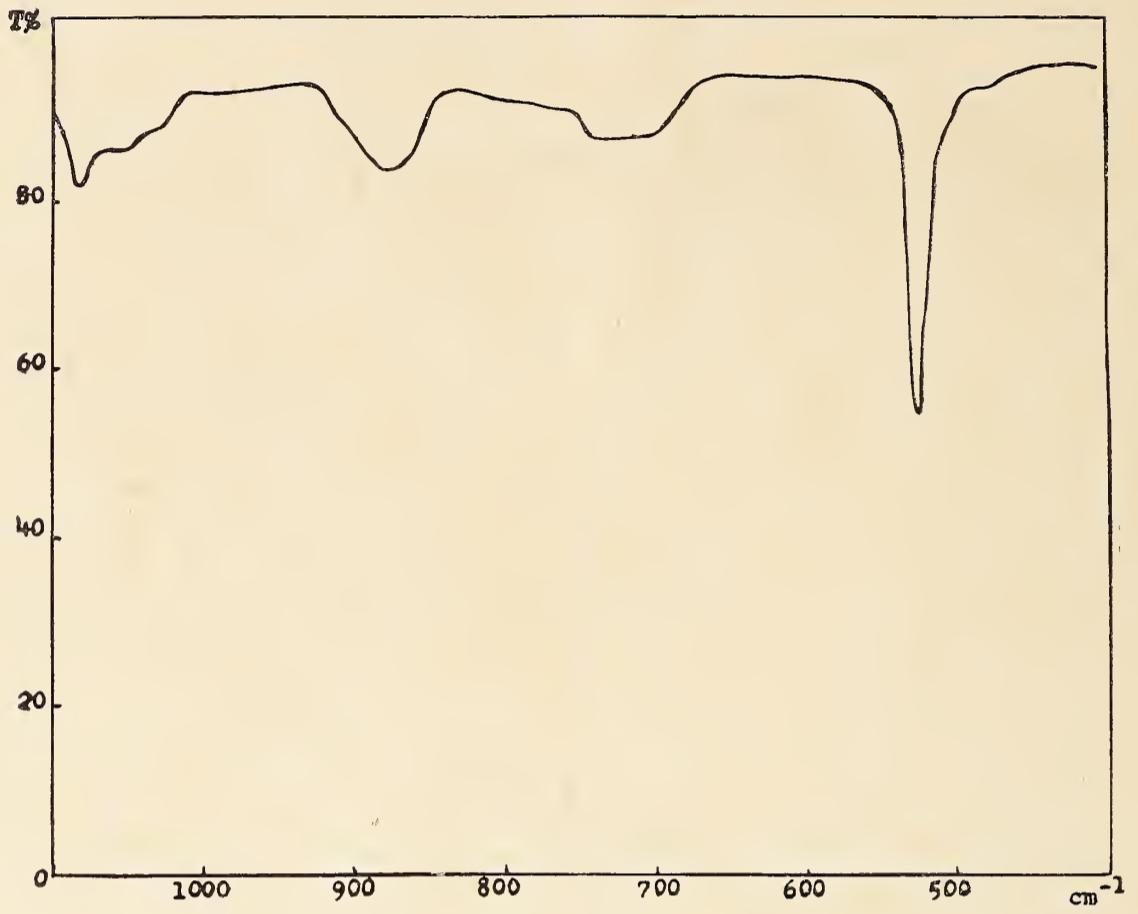


Gráfico 6. — Propanona

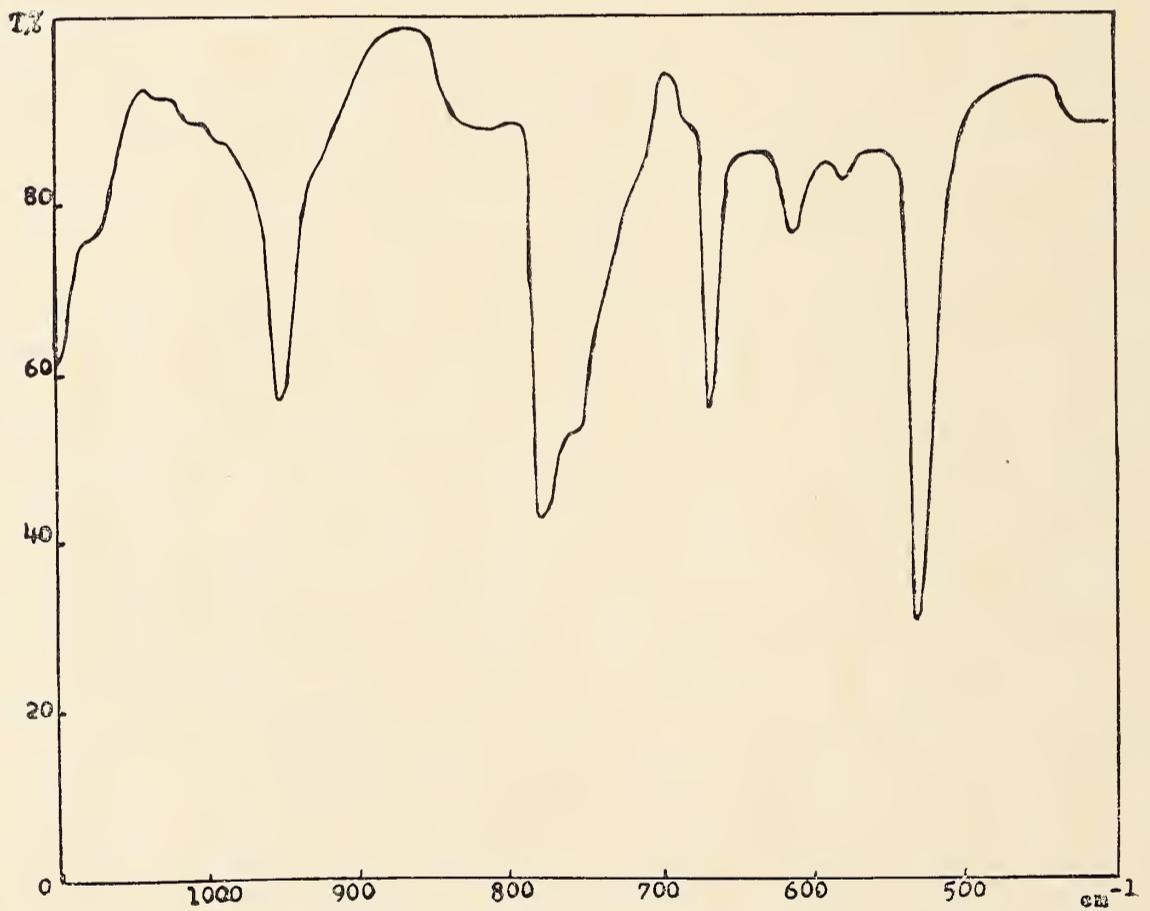


Gráfico 7. — Iodopropanona

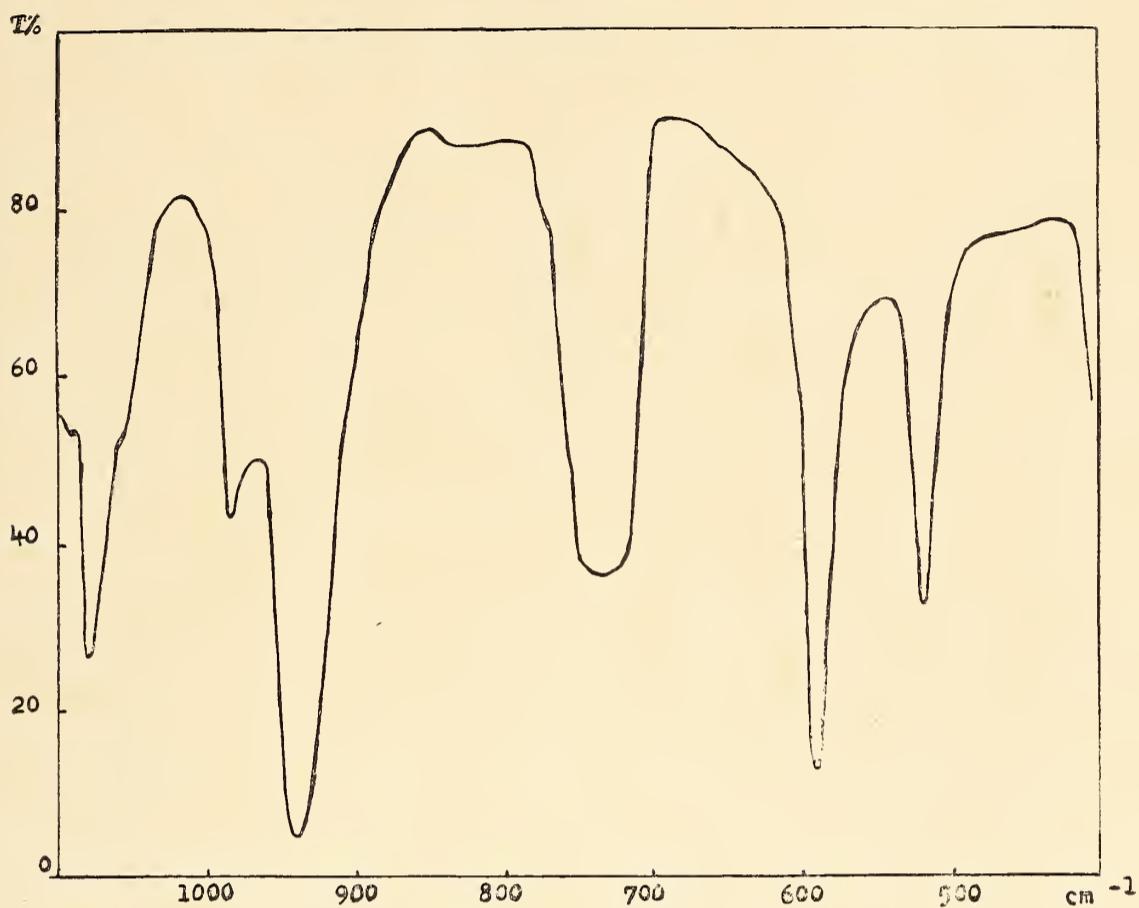


Gráfico 8. — Butanona

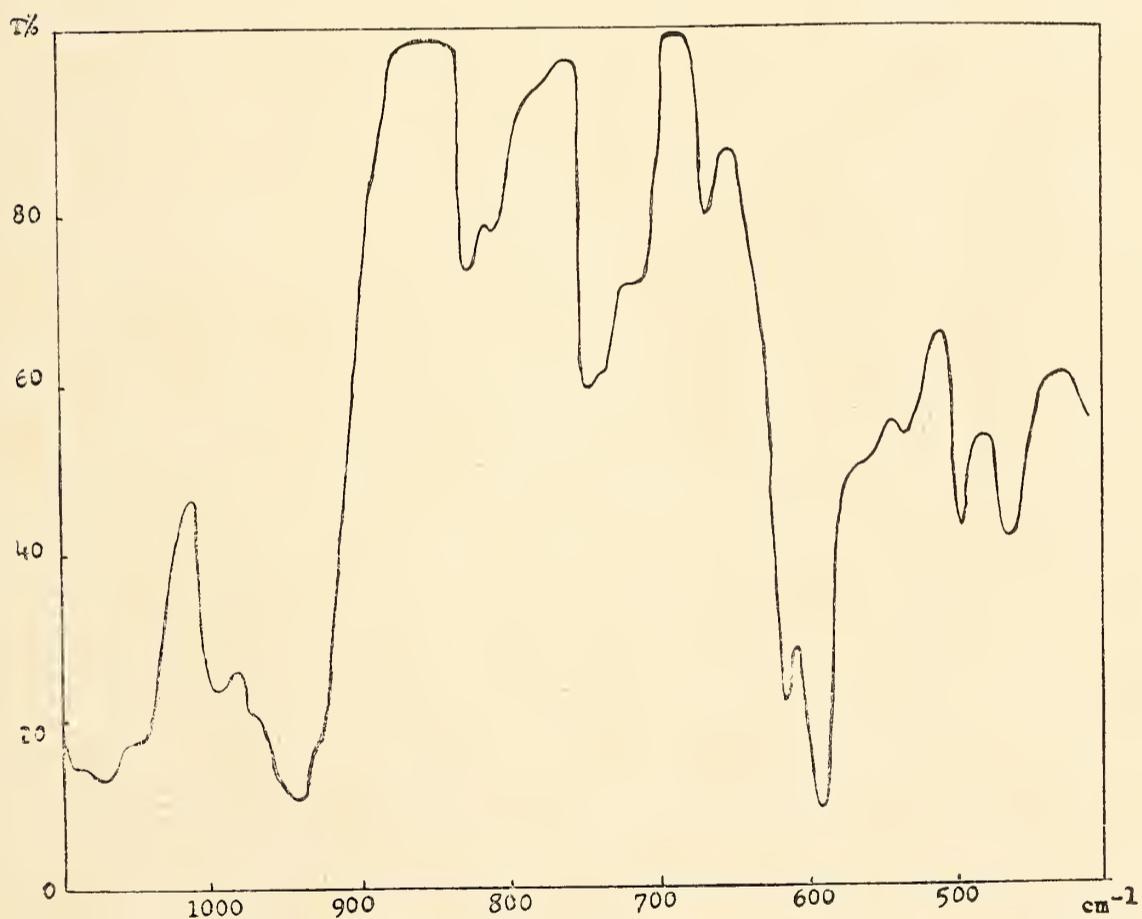
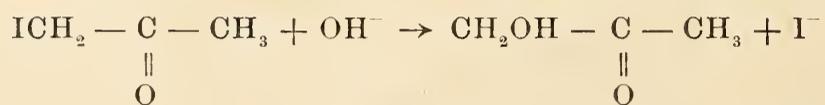


Gráfico 9. — Iodobutanona

El anión ioduro se formaría por la siguiente reacción:



Se tomó en cuenta la absorbancia a esas longitudes de onda de la 2-butanona y 2-propanona respectivamente. La absortividad molar se calculó con la siguiente fórmula:

$$\epsilon_{\text{iodoprop.}} = \frac{\text{Absorbancia total} - \text{Absorbancia 2-propanona}}{\text{Concentración molar I-iodo 2-propanona}}$$

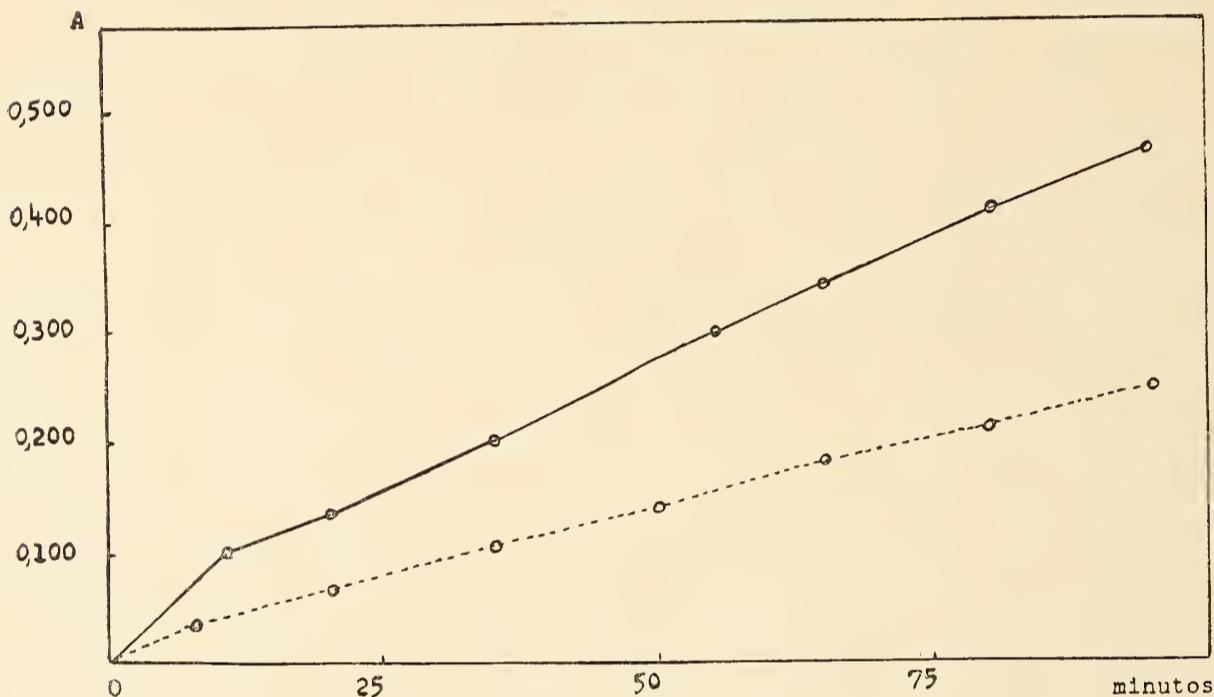


Gráfico 10. — - - - - 254 m μ ————— 366 m μ

Se obtuvieron los siguientes valores: Para la 1-iodido 2-propanona 373 y para la 1-iodo 2-butanona 419. Wong y Noyes (14) dan para la 1-iodo 2-propanona una absortividad molar de 395. Las absortividades molares de la 2-propanona y 2-butanona son 13 y 16 respectivamente. Según Weissberger (15) un sustituyente polar en α aumenta la absortividad molar, lo cual confirmaría la sustitución de la posición α .

Las determinaciones fueron efectuadas en un espectrofotómetro Beckman modelo DU. Para la 1-iodo 2-butanona no encontramos datos en la bibliografía.

Para comprobar si la reacción entre el yodo y las cetonas trans-

curría según los esquemas de Lapworth o de Birr, ideamos la experiencia siguiente: a una solución ácida de 2-butanona en agua se agregó un volumen exactamente medido de la solución de iodo en hexano, previamente valorada. Una vez que el hexano se ha decolorado por agitación, se separan cuantitativamente las dos fases. En la fase acuosa se valoró el anión ioduro con solución de nitrato de plata 0,1 F por argentivolumetría potenciométrica. La fase no acuosa se calentó a reflujo con solución alcohólica de hidróxido de potasio 0,4 F con la técnica descrita anteriormente para valorar la iodocetona formada.

La solución de iodo en hexano se valoró con solución de tiosulfato de sodio 0,1 N usándose como indicador del punto final la desaparición del color violeta de la fase de hexano.

La solución de 2-butanona contenía 20 ml de ácido sulfúrico 3,6 F y 8 ml de 2-butanona en un volumen aproximado de 100 ml, a esta solución se agregó 20,00 ml de la solución de iodo en hexano. Se efectuaron los blancos correspondientes.

Los resultados obtenidos figuran en la tabla II_a. La mitad del iodo agregado aparece en la capa acuosa como ioduro, los datos más bajos de la fase no acuosa se deben a la relativa solubilidad de la iodobutanona en agua que hace que no se recupere cuantitativamente en la fase no acuosa. Estos resultados confirmarían el esquema de reacción de Lapworth. En otra serie de experiencias se calentó a reflujo la fase acuosa para recuperar la iodobutanona que podría haber quedado disuelta en dicha fase. Los resultados figuran en la tabla II_b.

Las soluciones de 1-iodo 2-butanona y 1-iodo 2-propanona en hexano se conservan inalterables en la oscuridad durante meses pero son muy sensibles a la luz, que las descompone dejando iodo en libertad que da un color violeta a la solución en hexano al mismo tiempo que disminuye la concentración de la 1-iodo 2-propanona y 1-iodo 2-butanona. Para estudiar este fenómeno de fotodescomposición se irradiaron soluciones de 1-iodo 2-propanona en recipiente de cuarzo con luz de las siguientes longitudes de onda: 254 m μ y 366 m μ , con una lámpara Desaga modelo Minuvis. En el gráfico 10 se observa el aumento de absorbancia, a 520 m μ , en función del tiempo de irradiación, por la formación de iodo. La energía equivalente a la radiación más activa, o sea la de 366 m μ , es de $3,27 \times 10^5$ joules por mol o $7,83 \times 10^4$ calorías por mol.

TABLA II a

Concentración ioduro en la fase acuosa miliequivalentes	Concentración ioduro en la fase no acuosa miliequivalentes
0,689	0,639
0,689	0,632
0,680	0,628

miliequivalentes agregados : 1,368

miliequivalentes recuperados : 1,316

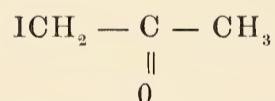
TABLA II b

Concentración ioduro en la fase acuosa miliequivalentes	Concentración ioduro en la fase no acuosa miliequivalentes
0,917	0,549
0,931	0,520
0,950	0,515

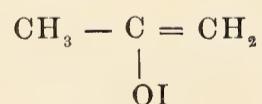
miliequivalentes agregados : 1,466

miliequivalentes recuperados : 1,460

Los datos obtenidos en nuestras experiencias nos llevan a identificar el producto de la reacción en la valoración permanganométrica de los ioduros como 1-iodo 2-propanona que respondería a la fórmula:



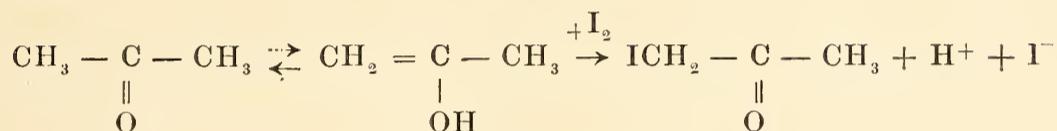
y no como figura en el trabajo de Celsi-Copello (2):



La misma conclusión es válida para para la 2-butanona.

Se propone el siguiente mecanismo de la reacción de acuerdo a las experiencias realizadas: un primer paso de oxidación del anión

I⁻ por el permanganato de potasio en medio ácido, a I₂ y luego la reacción del iodo formado con la cetona.



Este I⁻ formado vuelve a ser oxidado a iodo por el permanganato de potasio.

Es conocido el hecho de que el iodo en solvente no polares como: n-hexano, tolueno, tetracloruro de carbono, cloroformo, da soluciones de color violeta con un máximo de absorbancia entre 520-540 m μ , Getman (16), dado que en dichos solventes el iodo se encontraría como iodo molecular, siendo el espectro de estas soluciones similar al del vapor de iodo. En cambio en solventes polares tales como agua, alcohol etílico, acetona, acetofenona, piridina, da soluciones de color pardo con un máximo de absorbancia entre 460-480-m μ .

En el gráfico II se observa el registro del barrido espectral de soluciones de iodo en 2-propanona y en n-hexano. Según Getman (16) en las soluciones violetas la absorptividad molar es más o menos constante mientras que en las soluciones pardas la absorptividad molar varía con el tiempo, lo que le llevó a suponer que existiría una reacción química entre el iodo y estos solventes.

Nosotros no hemos hallado una variación en la absorbancia de soluciones de iodo en 2-propanona y 2-butanona por irradiación con luz de longitudes de onda de 254 m μ y 366 m μ durante el lapso de una hora.

Otros autores más recientes estudiaron también las soluciones de iodo en distintos solventes: Kleinberg y Davidson (14), Brasted (18).

Existen diferencias entre las propiedades físicas y químicas de las soluciones violetas y las soluciones pardas. Las soluciones pardas contienen el iodo unido químicamente al solvente que contiene en su molécula átomos de nitrógeno, azufre u oxígeno capaces de actuar como dadores de pares electrónicos (grupos nucleofílicos) en la formación de una unión de coordinación covalente. Se

supone que la molécula de iodo se polariza por una ruptura heterolítica de la siguiente manera:

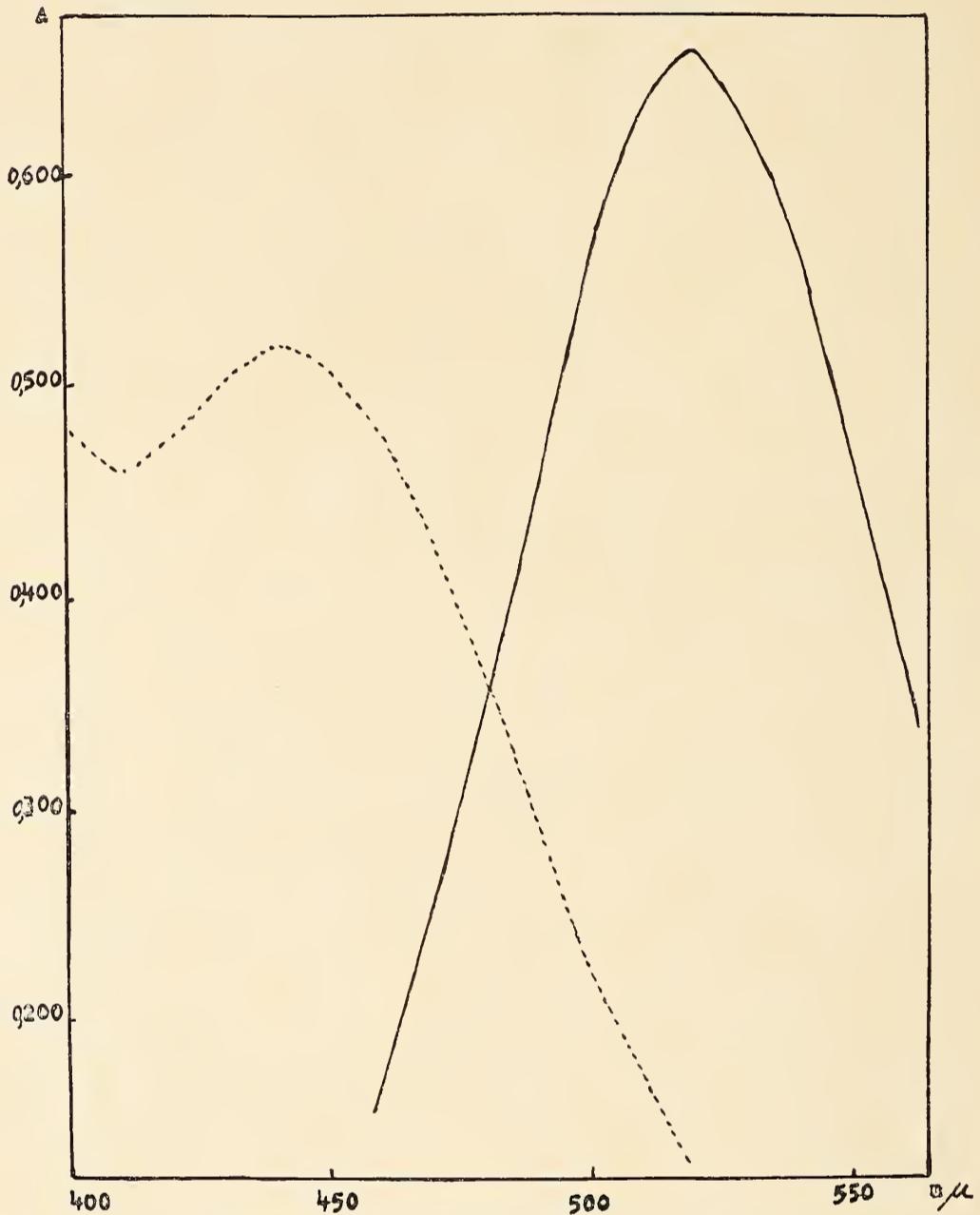
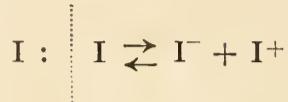
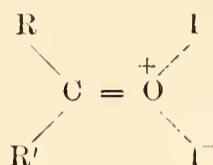


Gráfico 11. — - - - - Acetona — Hexano

y que el grupo nucleofílico, estabiliza la estructura iónica (ión iodonio) por coordinación con las moléculas del solvente.

Por estas circunstancias el iodo en las soluciones pardas reacciona más fácilmente que en las violetas. Mulliken (19-20) considera la formación de tres tipos de complejos en las soluciones de iodo 1- con compuestos similares al benceno, 2- con éteres, alcoholes y agua, 3. con cetonas.

Estos complejos del tipo 1:1 resultarían de una reacción ácido-base, en la cual el iodo actúa como ácido o aceptor de pares electrónicos. El complejo entre las cetonas y el iodo tendría la estructura esquemática siguiente:



Esta estructura es planar por un efecto de hiperconjugación entre alguno de los orbitales π del iodo que no actúan en el enlace y los orbitales π ocupados por los electrones del enlace de la doble ligadura del grupo carbonilo.

La formación de estos complejos puede ser precursora de una reacción química que en muchos casos transcurriría tan rápidamente a temperatura ambiente que el complejo no puede ser aislado. Por ejemplo los complejos entre los halógenos y el benceno serían intermediarios en la halogenación del benceno.

En forma similar podemos sugerir que en el caso de la propanona y butanona el complejo formado es un intermediario en la formación de la cetona halogenada correspondiente.

CONCLUSION

Se estudiaron comparativamente la 2-propanona y la 2-butanona en la valoración permanganivolumétrica de los ioduros solubles, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas en la utilización indistinta de ambas cetonas.

La identificación de los productos de la reacción correspondientes se realizó por métodos espectrofotométricos estudiando los espectros al ultravioleta y al infrarrojo, así como las respectivas absorptividades molares. Las sustancias formadas en la reacción resultaron ser la 1-iodo 2-propanona, con un máximo de absorbancia en 275 $m\mu$ y una absorptividad molar de 373 y la 1-iodo 2-butanona con un máximo de absorbancia en 279 $m\mu$ y una absorptividad molar de 419.

Los valores espectrofotométricos aportados para la 1-iodo 2-butanona son inéditos.

Asimismo se estudió la fotodescomposición de las soluciones de las cetonas halogenadas, describiéndose un método de valoración de dichas soluciones. La fotodescomposición tiene lugar a una longitud de onda de 366 m μ .

Agradecimiento. — Agradecemos al Dr. G. Videla de la Comisión Nacional de Energía Atómica el registro e interpretación de los espectros I. R. y al Dr. M. Los de la Orientación Fitoquímica de la Facultad de Farmacia y Bioquímica el registro de los espectros U. V.

BIBLIOGRAFIA

1. M. G. Lejeune. *Comptes rendus* 182, 694, (1926).
2. S. A. Celsi y M. A. Copello. *Anales Dirección General de Oficinas Químicas Nacionales.* 2, 81, (1949).
3. R. Berg. *Z. Anal. Chem.* 69, 369, (1926).
4. *Farmacopea Argentina.* IV edición (1956) pág. 372.
5. *Farmacopea Argentina.* V edición (1966), pág. 468.
6. *Reagent Chemicals A. C. S. specifications* (1955), pág. 304.
7. R. Scholl y G. Matthaiopoulos. *Ber.* 29, 1558, (1896).
8. V. Grignard. *Traité de chimie organique.* Tomo VII, pág. 917-919, París. (1950).
9. W. Herold. *Z. physik. Chemie [B]* 18, 272, (1932).
10. A. Lapworth. *J. Chem. Soc.* 85, 30, (1904).
11. H. M. Dawson y A. Key. *J. Chem. Soc.* 543, (1928).
12. E. J. Birr. *Z. physik. Chemie [A]* 165, 313, (1933).
13. H. A. Benesi y J. H. Hildebrand. *J. Am. Chem. Soc.* 72, 2273, (1950).
14. S. W. Wong y R. M. Noyes. *J. Am. Chem. Soc.* 86, 3787, (1964).
15. A. Weissberger. *Technique of organic chemistry* Volume XI, pág. 76, New York (1963).
16. F. H. Getman. *J. Am. Chem. Soc.* 50, 2883 (1928).
17. J. Kleinberg y A. W. Davidson. *Chem. Revs.* 42, 601, (1948).
18. R. C. Brasted. *Comprehensive Inorganic chemistry.* Volumen III, pág. 82, N. Jersey (1961).
19. R. S. Mulliken. *J. Am. Chem. Soc.* 72, 600 (1950).
20. — *Ibid* 74, 818, (1952).

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Departamento de Química Analítica

Marzo de 1969.

ESTUDIO POR ESPECTROMETRIA EPR
(RESONANCIA DEL SPIN ELECTRONICO)

DE LA UNION DEL ION CUPRICO CON EL ACIDO RIBONUCLEICO

Por HILDA PEZZANO Y LIDIA COSCIA *

División Biología Molecular, Instituto Nacional de Microbiología, y Facultad
de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires

RESUMEN

El tratamiento de RNA parcialmente hidrolizado, por H_2O_2 de alta concentración, provoca la descomposición catalítica peroxidativa de algunos complejos de metales que se encuentran, ya previamente formados, en ciertos sitios de la macromolécula. La degradación parcial de los complejos preexistentes hace que se reconstruya un nuevo tipo de complejo, algunas de cuyas características son deducibles de la forma y estructura de sus espectros EPR.

SUMMARY

The treatment of partially hydrolized RNA, by high concentration H_2O_2 , promotes the catalytical peroxidative decomposition of some metallic complexes which can be found, already formed, on some sites of the macromolecule. The partial degradation of the already existing complexes is favouring the reconstruction of a new type of complex, some of whose characteristics can be deduced from the shape and structure of its EPR spectrum.

INTRODUCCION

Es sabido que las macromoléculas de RNA suelen retener microcantidades de algunos metales, entre ellos el cobre al estado de ión paramagnético (1, 2, 3, 4, 5), La capacidad de retención depende

* Comisionada por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales al Instituto Nacional de Microbiología para entrenamiento en técnicas experimentales.

Aclaración de abreviaturas : EPR, Resonancia Paramagnética Electrónica o del Spin Electrónico ; RNA, ácido ribonucleico ; DNA, ácido desoxiribonucleico.

de la posibilidad de que grupos ligantes de la molécula de RNA se muestren accesibles a la penetración de esos metales. Por lo tanto, puede ocurrir que determinados procesos que degraden parcialmente a la macromolécula pueden facilitar la coordinación del metal con los grupos ligantes más favorables. En este trabajo se ha tratado de demostrar esta última posibilidad, sin tener que recurrir a poner en contacto las macromoléculas con cantidades adicionales de metales, sino simplemente operando sobre la base de la cantidad de metal (en este caso el cobre), de origen natural o no, que ya se encuentre retenido por el RNA después del proceso de su aislación. En consecuencia, las modificaciones observadas en el espectro EPR del ácido ribonucleico, cuando éste es sometido a determinadas condiciones, y que se describen en este trabajo, han provenido meramente de un cambio del tipo de unión del ión metálico que, de alguna manera, ya se encontraba ligado a la macromolécula, y dan ideas de la movilidad y facilidad de adaptación del ión metálico a distintos tipos de combinación con diferentes grupos ligantes.

MATERIALES Y METODOS

El material en estudio estuvo constituido por ácido ribonucleico extraído de levadura (marca Pfanstiehl, Illinois, USA.), y por algunos de sus derivados, obtenidos por tratamientos moderados del material original.

La degradación parcial del ácido ribonucleico y sus derivados que, según se describirá, dio lugar a profundas modificaciones en el tipo de combinación del cobre ya originalmente presente en la macromolécula, fue practicada mediante la acción del agua oxigenada a 100 volúmenes.

Las modificaciones producidas en las uniones y tipo de coordinación fueron investigadas mediante la observación de los respectivos espectros de resonancia paramagnética. Estos fueron obtenidos con un espectrómetro EPR Varian, V-4500, de banda X, equipado con unidad de modulación de 100 Kc, y perteneciente al Instituto Nacional de Microbiología (División Biología Molecular, Laboratorio de Espectrometría EPR).

Las muestras de RNA y sus derivados fueron corridas en el espectrómetro EPR, antes y después del tratamiento de degradación parcial, en estado sólido, pulverulento, habiéndose utilizado

celdas cilíndricas de cuarzo de aproximadamente 3 mm de diámetro interior.

En algunos casos se registraron espectros de soluciones congeladas, para lo cual se hizo pasar a través de la cavidad del espectrómetro (donde va colocada la muestra), una corriente de gas nitrógeno, previamente enfriado por pasaje a través de un serpen-tín sumergido en una mezcla frigorífica de etanol y nieve carbónica.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

El ácido ribonucleico, tal como se lo obtiene después de su aislación de células de levadura, suele dar un espectro de absorción EPR de formas irregulares, según lo ya descrito en una comunicación anterior (6). En ese espectro sobresalen ligeramente algunos picos puntiagudos que se han atribuido a un complejo del ión vanadilo. El espectro de este complejo de vanadilo puede aparecer en forma limpia y nítida (o sea libre de otras absorciones que le sean completamente independientes), cuando, según lo demostrado en la referencia (6), se corre en el espectrómetro la fracción de RNA sobrenadante, (liofilizada), resultante de la reprecipitación por alcohol, a temperatura ambiente, de la solución de RNA en buffer fosfato. En contraste, la fracción de RNA que reprecipita por alcohol, así como su producto de hidrólisis, liofilizados, dan ondas de absorción extensas y carentes de estructura.

La acción directa del H_2O_2 en alta concentración (100 volúmenes), sobre el ácido ribonucleico en polvo, o cualquiera de sus fracciones, se traduce físicamente en un desprendimiento acelerado de oxígeno, con aclaramiento simultáneo del color de las preparaciones. Esto último se hace más evidente cuando el color resultante es comparado con el color pardo rojizo que se observa característicamente en RNA reprecipitado, por ejemplo, o en el mismo RNA comercial cuando ha absorbido una pequeña cantidad de agua.

Las muestras que sometimos a observación fueron tratadas con un volumen equivalente de H_2O_2 y dejadas secar a temperatura ambiente en algunos casos, o más frecuentemente, en estufa a $37^\circ C$, antes de correrlas en el espectrómetro. Este último procedimiento suele favorecer la acción del H_2O_2 , acelerando la aparición de los signos físicos arriba descritos, que indican que está teniendo

lugar una reacción; paralelamente, resulta notoria la modificación del espectro EPR.

Cuando las muestras de RNA sometidas a la acción del H_2O_2 habían sufrido previamente otro tratamiento, ellas presentaron un

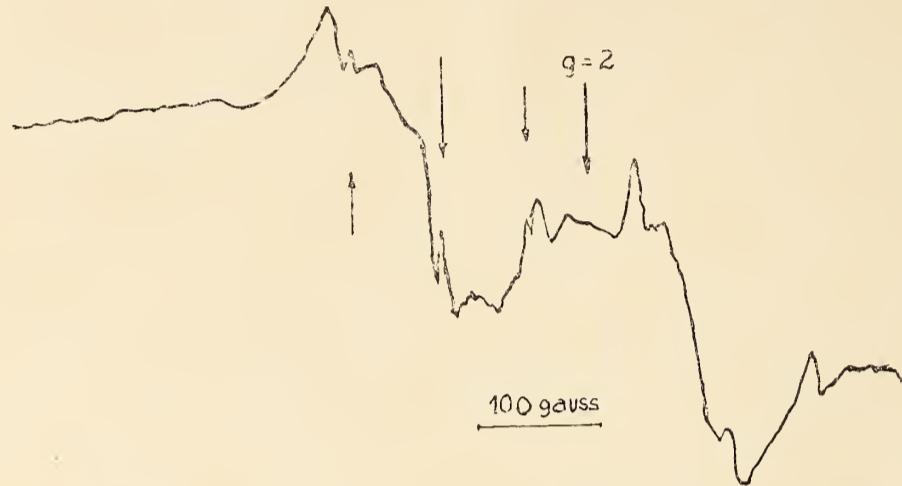


Fig. 1. — Espectro EPR de RNA que no ha sido sometido a ningún tratamiento. Estado de la muestra: pulverulento. Temperatura de corrida: ambiente

espectro EPR en el cual han desaparecido completamente los picos agudos que dan a la absorción total EPR de RNA comercial su aspecto irregular. En cambio, el aspecto general del nuevo

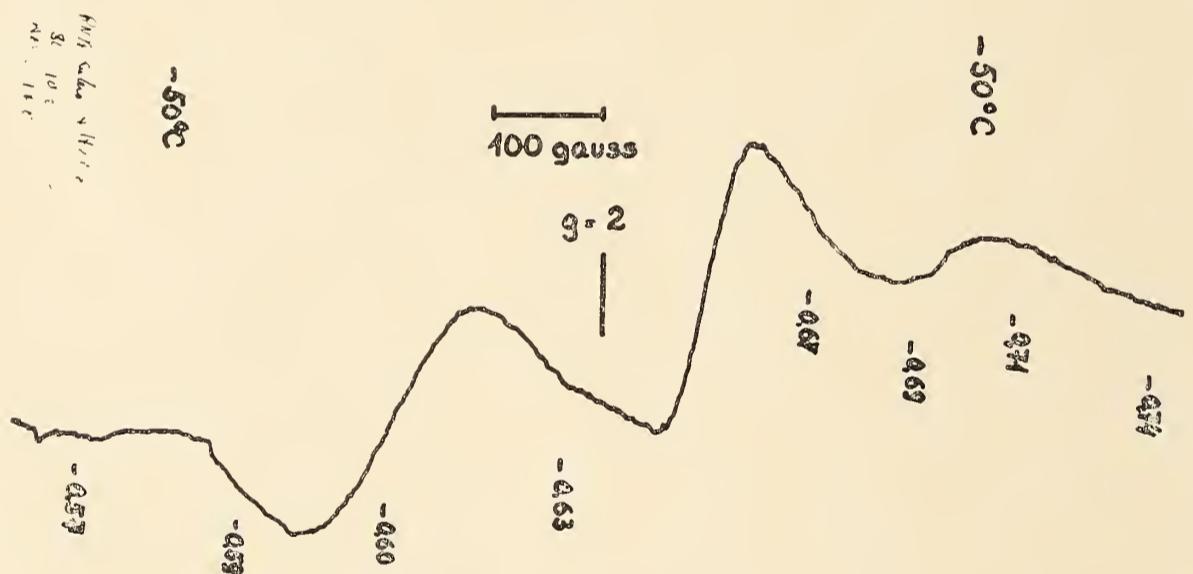


Fig. 2. — Espectro EPR de RNA tratado con H_2O_2 . Estado de la muestra: pulverulento. Temperatura de corrida: $-50^\circ C$

espectro, después del tratamiento con H_2O_2 , consistió en tres únicas ondas regulares, cuyos anchos y separaciones respectivas corresponden a los de los sectores de ancha absorción en el espectro de RNA comercial (sin tratamiento). La apariencia de ese espectro no varió, prácticamente, cuando el registro se hizo manteniendo la muestra a relativamente baja temperatura (fig. 1 y 2).

Totalmente diferentes fueron, en cambio, los espectros EPR de las fracciones de RNA que, previamente al tratamiento con H_2O_2 , habían sufrido algún tratamiento de hidrólisis parcial. Así, la fracción de RNA obtenida del sobrenadante de la reprecipitación por alcohol mostró, en algunos de los espectros registrados a temperatura ambiente, una única señal con indicios de estructura en la zona de máximo valor de la derivada (En los espectros EPR son representadas las derivadas de las absorciones) (fig. 3). Otras porciones de la misma fracción, corridas a $-45^\circ C$, proporcionaron también una señal de absorción semejante a la anterior, pero

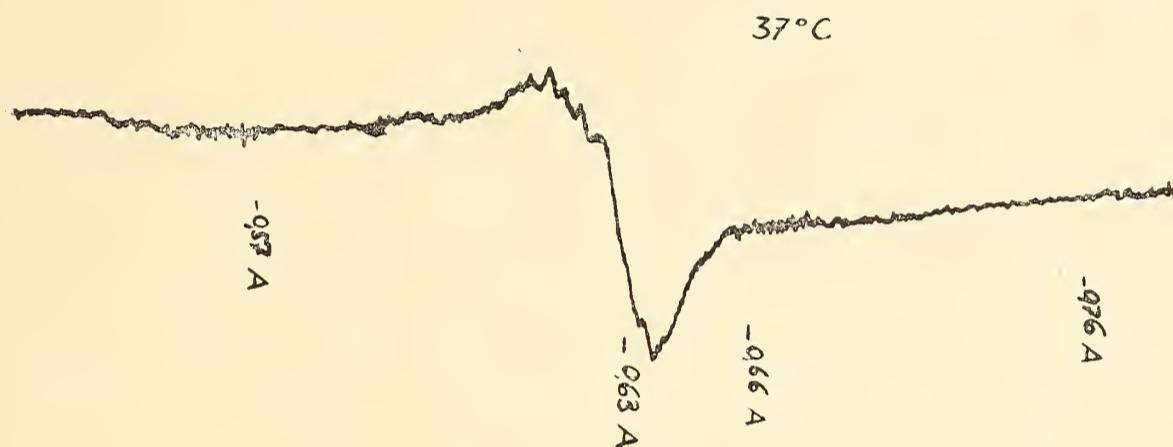


Fig. 3. — Espectro EPR de fracción sobrenadante de la precipitación de RNA por alcohol a temperatura ambiente, después de ser tratada con H_2O_2 y desecada a $37^\circ C$. Estado de la muestra: pulverulento. Temperatura de corrida: ambiente.

en la cual la estructura apareció mejor diferenciada, dando la apariencia de una especie de "cresta", y, además, pudo notarse, como característica altamente diferenciante, la presencia de otra señal de absorción a campo magnético más alto (fig. 4). En algunas otras muestras, que fueron secadas a $37^\circ C$ después de tratadas con H_2O_2 , y luego corridas a $-50^\circ C$, se encontró que la intensidad de la señal a campo alto era aún mayor que la de la señal con "cresta".

Por otra parte, el RNA reprecipitado por alcohol (después de ser tratado con H_2O_2 y dejado secar al aire), mostró un espectro de características semejantes al del sobrenadante tratado de la misma manera, aunque los detalles de estructura aparecieron generalmente más acentuados que en aquel caso. Este espectro muestra un cambio drástico con respecto al espectro original de RNA reprecipitado por alcohol, el cual consistía en una única onda

extensa y redondeada. La estructura, a manera de "cresta", sobre la señal a campo más bajo, apareció siempre más nítida que en el

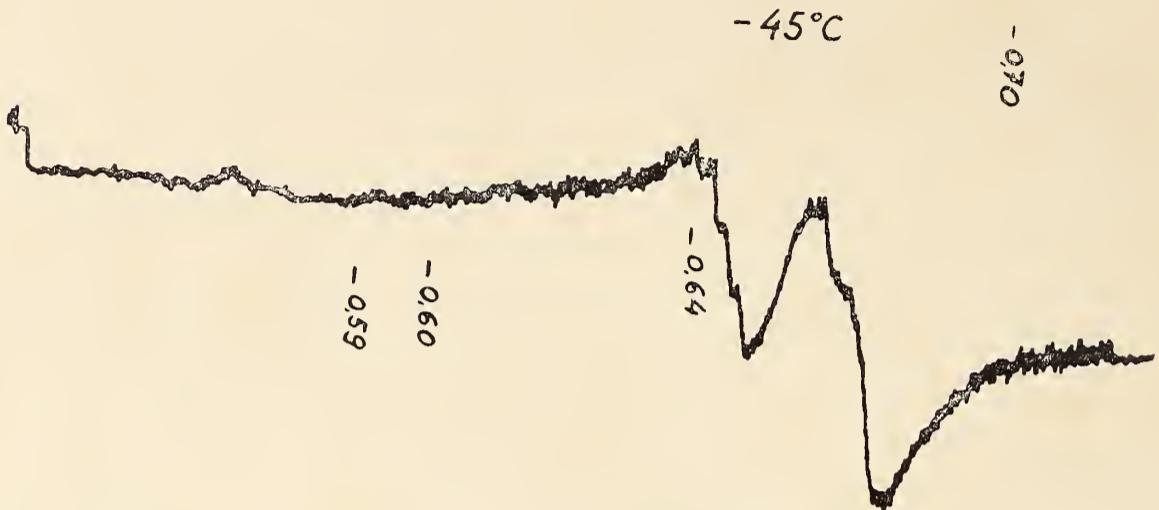


Fig. 4. — Espectro EPR de fracción sobrenadante de RNA, tratada con H_2O_2 y desecada a temperatura ambiente. Estado de la muestra : pulverulento. Temperatura de corrida : $-45^\circ C$.

caso de RNA sobrenadante. La separación de esta señal respecto de la señal a campo más alto fue siempre relativamente grande.

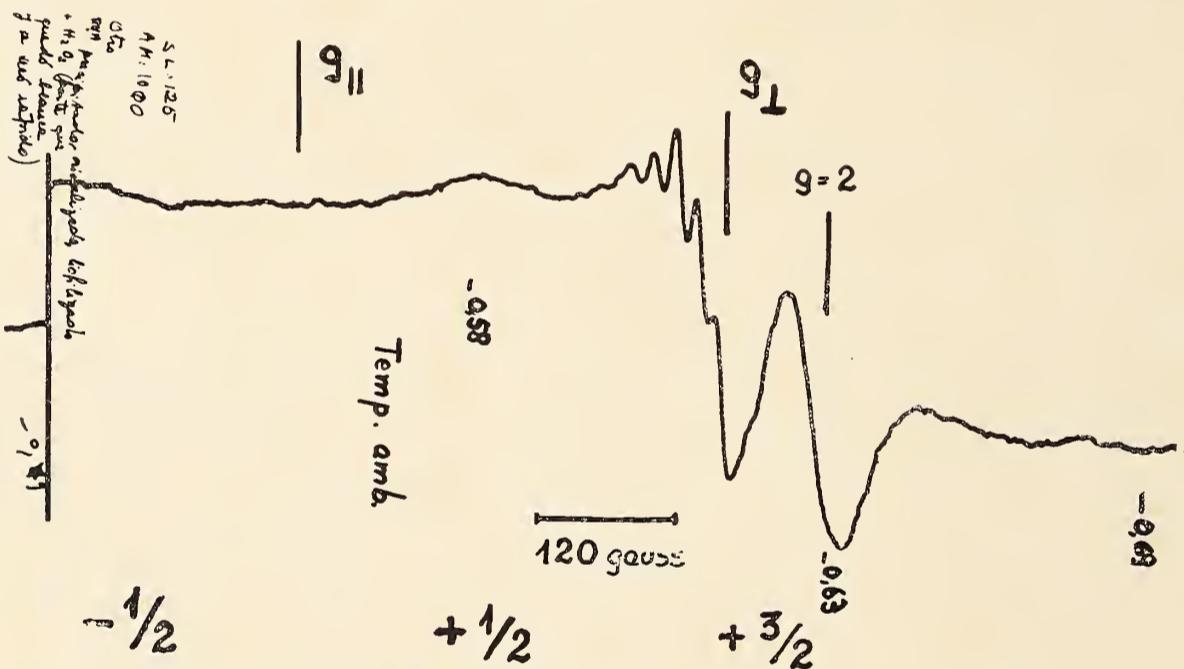


Fig. 5. — Espectro EPR de RNA reprecipitado por alcohol a temperatura ambiente, tratado con H_2O_2 y desecado a $37^\circ C$. Estado de la muestra : pulverulento. Temperatura de corrida : ambiente. (Véase también aclaración de Fig. 7).

como para diferenciarlas netamente, pero la intensidad relativa de ambas señales resultó ser variable para muestras, tratadas independientemente, de la fracción de RNA reprecipitado (fig. 5). Esta relación de intensidad entre las dos señales ha diferido tam-

bién, en general, con la observada en espectros del sobrenadante obtenidos en experiencias paralelas. Además, pudieron observarse fácilmente, en el lado de campo bajo del espectro de RNA reprecipitado (tratado con H_2O_2), algunas ondas regulares de relativamente pequeña intensidad.

Cuando las muestras fueron mantenidas a baja temperatura ($-50^\circ C$), el registro del espectro no puso en evidencia mayores detalles que los observados a temperatura ambiente, aunque se notó una resolución mejorada en la estructura de la "cresta" (fig. 6).

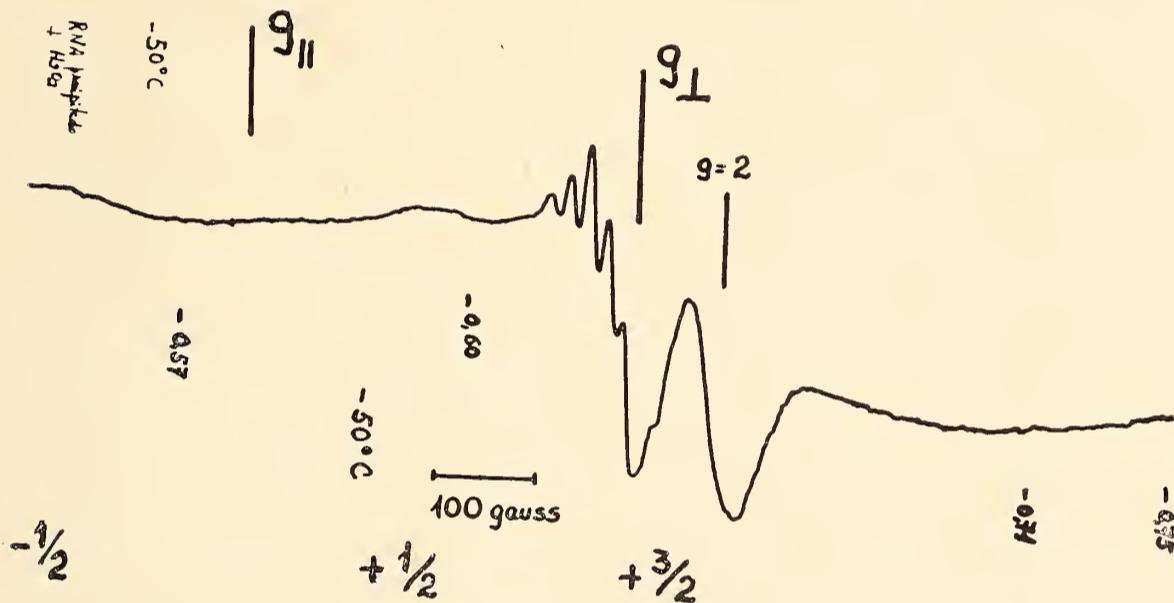


Fig. 6. — Espectro EPR de RNA reprecipitado por alcohol a temperatura ambiente, tratado con H_2O_2 y desecado a $37^\circ C$. Estado de la muestra: pulverulento. Temperatura de corrida: $-50^\circ C$. (Véase también aclaración de Fig. 7).

El producto de la hidrólisis de RNA reprecipitado (liofilizado y tratado con H_2O_2), proporcionó espectros prácticamente idénticos a los del RNA reprecipitado (tratado de la misma manera), y sólo se notaron variaciones en la relación de intensidades de las dos absorciones principales, lo que, por otra parte, ha sido observado en todos los casos (fig. 7).

Los ensayos también se extendieron a soluciones acuosas congeladas (a $-48^\circ C$) de RNA reprecipitado y de su hidrolizado, ambos tratados con H_2O_2 y secados a $37^\circ C$ antes de la disolución. Los espectros obtenidos fueron completamente semejantes a los de las muestras en estado pulverulento. En cambio, la solución acuosa congelada de RNA reprecipitado, sin otro tratamiento, mostró, en todos los casos, un espectro EPR consistente de una

onda de absorción de ancho muy grande; esta onda resultó ser totalmente semejante a la que suele presentar el espectro de RNA reprecipitado en estado pulverulento, con la salvedad de algunas pequeñas prominencias adicionales que pudieron observarse sobre su contorno.

La temperatura mínima a que fueron mantenidas las muestras en solución congelada fue de -50°C . Demoras producidas en la

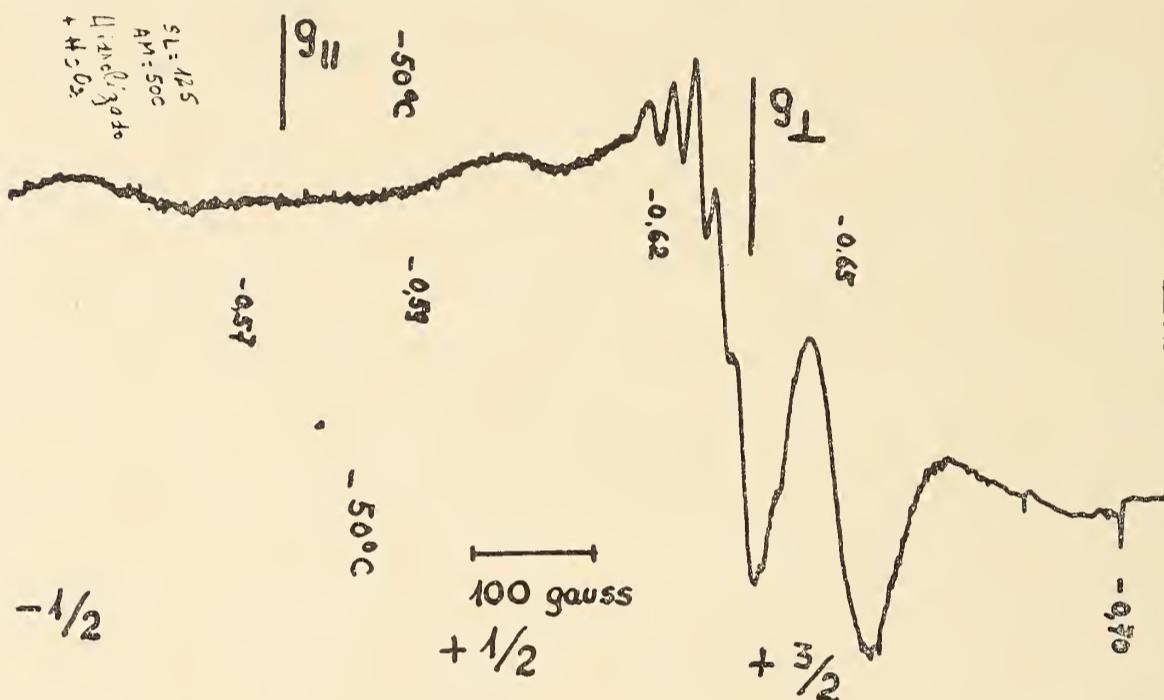


Fig. 7. — Espectro EPR de RNA hidrolizado hasta no ser precipitable por dos volúmenes de alcohol, liofilizado, tratado con H_2O_2 y desecado a temperatura ambiente. Estado de la muestra: pulverulento. Temperatura de corrida: -50°C . Aclaración: En nuestro aparato el gradiente potenciométrico de campo aumenta pronunciadamente en el sentido de campo magnético creciente. Las cotas indicadas en las figuras corresponden aproximadamente a las ubicaciones que se les ha atribuído en el espectro.

obtención de elementos para completar nuestro equipo impidieron que pudiéramos operar a temperaturas más bajas.

Los parámetros que definen estos espectros están indicados sobre las respectivas figuras y se discutirán en la sección siguiente; ellos son sólo aproximados, ya que, mientras se efectuaban estas experiencias, no se pudo disponer de un fluxímetro de las condiciones adecuadas.

La concentración de cobre presente en las muestras de RNA fue determinada según los procedimientos elaborados por Sandel (7) para microcantidades de metales en materiales biológicos, realizándose la valoración final mediante el método fotocolorimétrico de la ditizona. Se obtuvo un resultado igual a 35 p.p.m. de Cu

total en RNA, lo que coincide con el orden de magnitud del dato correspondiente al número de spines ($\sim 0,4 \times 10^{20}$), obtenido por doble integración del espectro EPR y comparación con un standard.

Respecto al modo de acción de la solución de H_2O_2 para inducir semejantes cambios espectrales, ha sido comprobado que el efecto se debe a las propias moléculas de H_2O_2 , y no a otros factores, tales como la acidez del medio (pH:2) en el que se encuentran esas moléculas, pues ningún cambio espectral, aún leve, pudo ser inducido tratando las muestras de RNA con soluciones diluidas de ácidos a pH:2. Pudo comprobarse, además, que, en el caso de algunos complejos de metales con bases de ácido nucleico (estos complejos, tales como Fe-citidina y Fe-adenosina, fueron preparados en nuestro laboratorio), no se producía descomposición de los mismos, en grado detectable, cuando se los trataba con soluciones de ácidos a pH:2. En cambio, cuando estos complejos se trataron con solución de H_2O_2 de alta concentración, pudo ponerse en evidencia fácilmente la inmediata liberación del ión férrico.

La efectividad de la acción de la solución de H_2O_2 depende altamente de su concentración, como pudo ser fácilmente comprobado en diferentes circunstancias. En el caso particular del hidrolizado de RNA, sobre el que fue ensayada la acción del H_2O_2 diluida a unos 20 volúmenes, pudo notarse que este tratamiento moderado no fue suficiente para producir el cambio espectral descrito más arriba: sólo se registró la presencia de una señal muy angosta, en posición muy cercana a g:2, superpuesta al espectro original del RNA hidrolizado. La posición de esta señal angosta, correspondiendo a la de los radicales libres orgánicos, indica una probable rotura de la cadena molecular en algunos de los polinucleótidos solubles que constituyen la muestra hidrolizada.

DISCUSION

Se ha demostrado (8) que un exceso de H_2O_2 ataca rápidamente la uridina y la timidina-fosfato, así como también el uracilo y sus N-derivados, que son degradados a urea y urea N-sustituidas o urea N-ribósidos y ribósido-fosfatos, y un peróxido. Estas degradaciones son más rápidas en medio ligeramente alcalino, pero la concentración de H_2O_2 puede compensar probablemente por una disminución del pH.

En contraste, la guanosina-fosfato y la citidina-fosfato reaccionan sólo ligeramente y casi independientemente del pH, mientras que, observando el espectro de absorción en el ultravioleta de la adenosina-fosfato cuando sobre ella actúa el H_2O_2 , no se encuentra pérdida de extinción.

En estas degradaciones se producen además roturas inespecíficas de cadena, y también algunas reaccionan laterales.

La señal angosta observada en el hidrolizado cuando fue tratado con H_2O_2 de concentración rebajada puede ser debida a esos efectos inespecíficos. En tal caso, es probable que la concentración de H_2O_2 no haya sido la suficiente para producir la degradación de las bases más fácilmente atacables y que sólo se haya producido algún efecto de rotura de cadena, traducido en una señal angosta de absorción, la cual se hizo visible sobre la extensa onda de absorción, carente de estructura, que se observa en todas las muestras de RNA hidrolizado.

La degradación preferencial de algunas de las bases del ácido nucleico ha sido atribuida por Sigel (9) a una actividad catalítica de los complejos de Cu^{++} para la descomposición del H_2O_2 y a la formación de compuestos ternarios peroxo, especialmente en los casos de complejos de Cu^{++} con nucleótidos.

Sigel y otros han considerado que las reacciones catalíticas y peroxidativas tienen lugar dentro de la esfera de coordinación de Cu^{++} , por lo cual sólo partes de un ligando coordinado a un ión metálico pueden ser oxidadas por H_2O_2 (actividad peroxidativa). Si se considera que lo inverso también es cierto, podrá demostrarse, por medio de la actividad peroxidativa de los complejos de Cu^{++} con nucleótidos constituidos por diferentes bases, que, en estos complejos, los grupos heteroaromáticos contribuyen a la coordinación del ión Cu^{++} (10).

Los mismos autores han investigado la catálisis de la descomposición del H_2O_2 por complejos de Cu^{++} con RNA y DNA, y consiguieron demostrar que ambos complejos descomponen el H_2O_2 , pero sólo el sistema Cu^{++} -RNA muestra también actividad peroxidativa, es decir, sólo en este caso se degradan las bases del nucleótido (11).

Respecto a nuestras experiencias con H_2O_2 de alta concentración, suponemos que, al haberse degradado preferencialmente algunas de las bases que pudieran estar coordinadas al ión metálico, se ha producido una disrupción de la estructura de la molécula de

RNA, lo que ha permitido la reorganización de la combinación del ión metálico con los restos de la estructura. Fue evidente, además, que las degradaciones que han conducido a esa disrupción se han producido más fácilmente en RNA reprecipitado a temperatura ambiente por 2 volúmenes de alcohol (así como también en RNA hidrolizado, no precipitable por 2 volúmenes de alcohol), que en RNA que no había experimentado ningún tratamiento, pues este último ha ofrecido siempre más resistencia que aquéllos a las profundas modificaciones estructurales evidenciadas por los cambios espectrales. También en la fracción de RNA sobrenadante se observó una cierta resistencia al cambio espectral por la acción del H_2O_2 , pero en este caso ello fue probablemente debido a la necesidad de la descomposición previa del complejo de vanadio (VO^{++}) que predomina en esta fracción, el cual, posiblemente, no posea la misma capacidad de actividad catalítica peroxidativa que los complejos de cobre (Cu^{++}).

La disrupción de la molécula helicoidal y compleja de RNA deja, evidentemente, a determinados grupos funcionales que contienen átomos con capacidad ligante, en condiciones de más fácil accesibilidad para el ión metálico. Entre esos grupos predominarán los correspondientes a las bases adenina, citidina y guanina, y la esfera de coordinación del metal podrá completarse con los grupos de la ribosa y del ácido fosfórico. Por el contrario, mientras la molécula de RNA mantenga su estructura completa, es probable que los iones metálicos no puedan penetrar suficientemente en ella y, por lo tanto, queden sólo ligados a los grupos fosfato superficiales. Esta última suposición es corroborada por los trabajos de Coates (12) y de Kriss (13). El primero de estos autores registró espectros en el visible y ultravioleta de Cu^{++} en presencia de DNA y concluyó que este ión metálico se une a los fosfatos del DNA y que sólo por calentamiento se forman compuestos de coordinación con las bases. Por su parte, Kriss y colaboradores, mediante la espectrofotometría diferencial en el ultravioleta, y aplicando un método cinético, determinaron la constante general de formación del complejo Cu-DNA (cuya unión ocurre preferentemente a través de los grupos fosfato. Sin embargo, en la investigación espectrofotométrica se revelan sólo los complejos en los cuales los iones Cu^{++} reaccionan directamente con las bases, puesto que sólo tal reacción puede variar esencialmente el espectro de absorción. Esto da motivos a los mencionados autores para su-

poner que la reacción entre iones Cu^{++} y DNA transcurre en varias etapas. Al principio, a expensas de la deshidratación de los grupos fosfato, se forma una unión entre el ión Cu^{++} parcialmente hidratado y los grupos fosfato del DNA. Luego tiene lugar otra reacción del metal con las bases del DNA, acompañada de la deshidratación de los iones Cu^{++} .

Es dable suponer que un proceso tal como el descrito por Kriss ocurra de manera más acelerada en fracciones del ácido nucleico tales como las que hemos ensayado (RNA reprecipitado, sobrenadante, etc.), y ello resulte en que la unión del metal con alguna de las bases del ácido facilite inmediatamente la actividad catalítica peroxidativa y la subsiguiente formación, en todos esos casos, de un complejo de composición siempre muy similar, ya que los espectros EPR obtenidos son prácticamente siempre los mismos.

La desaparición por el H_2O_2 de algunas de las absorciones detectadas en muestras de RNA y sus fracciones antes del tratamiento con ese agente químico, indica que los sitios de unión del metal en el ácido nucleico acomodan tanto Cu^{++} como otros iones metálicos (entre ellos Fe^{+++} , VO^{++}), a pesar de que sus requerimientos estereoquímicos pueden diferir. Como en todos los casos la unión de los ligandos deberá hacerse por los oxígenos del fosfato y, eventualmente, de la ribosa, y por los nitrógenos de las bases, deberá admitirse que hay una considerable flexibilidad de las cadenas de la macromolécula en la región de los sitios de unión, de modo que una disposición octahédrica pueda ser distorsionada para aproximarse a una planar o tetrahédrica.

Los parámetros que definen un espectro de resonancia paramagnética o del spin electrónico son: 1) los valores de g (que dependen del grado de deslocalización del electrón o de la contribución del movimiento orbital a su movimiento "libre") y 2) las constantes hiperfinas, generalmente designadas A y B (que indican el grado de interacción entre el electrón no apareado y uno de los núcleos). g da la ubicación del espectro de absorción sobre el eje de abscisas (campo magnético aplicado, H) y A y B quedan determinadas por la separación, en gauss, entre líneas hiperfinas del espectro.

En complejos de una determinada simetría, el espectro que se obtenga dependerá de la dirección del campo magnético aplicado con respecto al eje de simetría, particularidad que se aprecia debidamente cuando las experiencias se realizan sobre un cristal único

de la substancia. Para simetría tetragonal (caso más general) los espectros quedarán completamente definidos especificando los valores de g y de las constantes hiperfinas con el campo magnético paralelo al eje de simetría (g_{\parallel} , A) y con el campo magnético perpendicular a este eje (g_{\perp} , B).

El caso de complejos de cobre ha sido suficientemente estudiado con cristales únicos. En el caso de muestras policristalinas, todas las orientaciones del eje de simetría están presentes, pero fijas, y se obtienen un espectro anisotrópico. Sin embargo, mediante la comparación con los espectros de cristal único, se ha podido, en muchos casos, identificar fácilmente las absorciones paralela y perpendicular (14).

En los complejos de cobre, g_{\perp} suele no estar bien definido en el espectro, ya que no se observa estructura hiperfina centrada alrededor de g_{\perp} , sino una única absorción. Se suele entonces medir el valor de g a máxima absorción (g_m), que debe ser próximo a g_{\perp} . En una muestra policristalina, se observan, en el lado de campo más bajo respecto de g_m , cuatro líneas hiperfinas, cuyo número, igual a $(2I + 1)$, es consistente con la interacción de un electrón no apareado con un núcleo de Cu de spin nuclear $I = 3/2$. El centro de esta serie de líneas es la posición que corresponde a g_{\parallel} .

Las características generales de los complejos de cobre indican entonces que $|A| > |B|$, ya que las líneas hiperfinas alrededor de g_{\parallel} están perfectamente definidas, mientras que la estructura hiperfina alrededor de g_{\perp} no está resuelta. Se ha visto (15), además, que en el espectro de Cu-histidina la línea IV tiene una amplitud considerablemente mayor que las otras líneas, y ello tiene una gran influencia en la forma de la absorción total alrededor de g_{\perp} . Cuando $|A| > 140$ gauss, la línea hiperfina IV (o sea, la de alto campo), correspondiente a la resonancia paralela, se mezcla con la resonancia perpendicular, y se pueden obtener espectros complicados.

En los espectros EPR que hemos obtenido con RNA (reprecipitado, sobrenadante e hidrolizado) tratado por H_2O_2 , pueden observarse los detalles principales que responden a las características descriptas. Las líneas hiperfinas centradas alrededor de g_{\parallel} son fácilmente detectables (en casi todos los casos), en el lado de

campo magnético bajo del espectro, aunque se presentan redondeadas y de baja intensidad.

La característica sobresaliente de estos espectros de complejos cúpricos del ácido nucleico es, sin embargo, la estructura superhiperfina, que se observa nítidamente sobre la absorción correspondiente a g_{\perp} .

Exceptuando al del Cu, los únicos núcleos en el complejo que poseen un momento magnético propio de magnitud suficiente para interactuar detectablemente con el electrón no apareado, son los del N y del H. Dado el número de líneas superhiperfinas observado en estos espectros y la conocida tendencia del nitrógeno de formar complejos fuertemente covalentes, cabe solamente atribuir esta estructura superhiperfina a la interacción con núcleos de N relativamente próximos al átomo de Cu. Esta característica indica, indudablemente, un cierto grado de deslocalización del electrón no apareado, lo que le permite interactuar con núcleos que pertenecen a los ligandos.

Ropars y Viovy (16), mediante la aplicación de métodos espectrofotométricos al estudio de complejos del ión cúprico con diversos nucleósidos y nucleótidos, en solución, obtuvieron las constantes de estabilidad más altas para los complejos de Cu con los derivados de la guanina. Esto nos permite suponer que, en la molécula de RNA, la guanina puede contribuir preferentemente, mediante la coordinación por alguno de sus átomos de N (probablemente N₇), a fijar el ión Cu⁺⁺.

Puesto que ¹⁴N tiene un spin nuclear I : 1, se deduce que una estructura superhiperfina de cinco líneas sobre la absorción correspondiente a g_{\perp} (en la que no se hace notable la interacción con el núcleo de Cu), tal como es observada en muchos de los espectros obtenidos en las condiciones descritas arriba, puede resultar de la interacción del electrón no apareado con dos núcleos de N magnéticamente equivalentes. En ese caso, la relación de intensidades de las líneas debe ser: 1 : 2 : 3 : 2 : 1; pero esta relación no puede ser corroborada exactamente en forma directa.

Debe admitirse entonces que, en estos complejos de cobre con fracciones del ácido nucleico, dos o más de los ligandos son grupos heterocíclicos que se coordinan por un átomo de nitrógeno. Los restantes grupos que completan la esfera de coordinación del metal son, probablemente, ligandos que contienen oxígeno como

átomo coordinante, y que pueden provenir de la ribosa o del ácido fosfórico.

Excluimos la posibilidad de que el espectro sea el resultado de la superposición de dos espectros, correspondientes a dos complejos de Cu esencialmente diferentes, cada uno de ellos con el átomo de Cu ligado a un solo N, y que además tengan distintos valores de g y de A , debido a que, para las diferentes condiciones de tratamiento a que fueron sometidas las muestras, no cambiaron sustancialmente la forma y características del espectro. Habría, entonces, una sola especie dominante en el tipo de complejo formado.

Pero, además, en algunos de los espectros pudo observarse que la estructura superhiperfina parecía extenderse hacia el lado de campo alto hasta superponerse sobre la línea hiperfina IV. Así, en el espectro del complejo de Cu con RNA hidrolizado (fig. 6), pueden detectarse hasta 9 líneas superhiperfinas, lo que indica que el número de núcleos de N (en estos complejos) sobre los que hay una significativa densidad de spin no apareado puede ser mayor de dos (hasta cuatro, magnéticamente equivalentes, para el caso de las nueve líneas). Ligeras diferencias en el ancho de las líneas superhiperfinas pueden ser atribuidas a una inhomogeneidad en los sitios de unión para las diferentes moléculas del complejo, es decir, a una heterogeneidad respecto a la posición de los ligandos en la molécula total, lo que se traduce en una parcial superposición de las absorciones. La misma causa puede influir para que en algunos de los espectros se revele poco notablemente la interacción hiperfina alrededor de g_{\parallel} .

Aunque los parámetros que se determinaron sobre estos espectros han sido sólo aproximados, puede notarse fácilmente que siempre A_{\parallel} es mayor de 200 gauss. Esta característica determina que la línea hiperfina de alto campo (IV) esté parcialmente superpuesta a la resonancia perpendicular.

La línea hiperfina IV, correspondiente a $m_I: +3/2$, tiene una amplitud aparente notablemente grande (relativamente a las otras tres líneas), lo que ya ha sido observado en el caso de otros diferentes complejos de Cu^{++} con compuestos nitrogenados (17, 18).

Por lo demás, el valor de g_{\parallel} es notoriamente alto en estos espectros, lo que indica que hay una apreciable contribución orbital por parte del átomo de Cu, y que el grado de convalencia en la unión de este metal se encuentra disminuido.

Evidentemente, un estudio preciso de las estructuras hiperfina y

superhiperfina requeriría reconstruir, mediante adecuada computación, los probables espectros teóricos, para comprobar después cuál de las formas teóricas de la absorción se corresponde con la experimental. La imprecisión de los datos obtenidos para los parámetros espectrales nos impidió, por el momento, realizar una comparación de este tipo.

En el caso de RNA que no ha sido sometido a ningún proceso de hidrólisis parcial, sino que sólo ha sido tratado con H_2O_2 de alta concentración (fig. 2), el espectro obtenido ha sido totalmente diferente al de las muestras que habían experimentado algún grado de hidrólisis. No puede hacerse una atribución general de absorciones en este espectro, pero también aquí parecen encontrarse bien diferenciadas las resonancias paralela y perpendicular atribuibles a una especie molecular dominante, ya que la posición y forma de las absorciones fue constante para muestras tratadas independientemente. En ningún caso, en este tipo de muestra, se han revelado las interacciones superhiperfina, e hiperfina correspondiente a $g_{||}$. Esto último sugiere que $A_{||}$ tiene un valor relativamente pequeño, y sería consistente con la idea de que hay un alto grado de interacción covalente entre Cu y sus ligandos, lo que se traduce también en un corrimiento de los valores de g . La ausencia de estructura superhiperfina podría estar indicando, por su parte, además de una falta de deslocalización del electrón no apareado, una amplia heterogeneidad de los ligandos, debida a una diferente posición de los mismos en la molécula total de RNA. En otras palabras, los campos ligantes que estarían actuando sobre el metal serían inhomogéneos, con lo cual las interacciones superhiperfinas, sumándose para todos los diferentes sitios de complejamiento, resultarían en una pobre resolución. Es probable, además, que el tipo de complejo revelado por este espectro preexistiera antes de la acción del H_2O_2 (como puede advertirse en la forma de la absorción paramagnética de RNA sin ningún tratamiento) (fig. 1), y que la acción del H_2O_2 haya consistido solamente en la deescomposición de complejos de otros iones metálicos, sin afectar a los complejos de cobre en el RNA, porque en estos últimos, posiblemente, los respectivos ligandos no sean del tipo degradable por ese agente químico.

Por último, el hecho de que se obtengan espectros idénticos cuando las muestras son estudiadas en solución congelada tanto como cuando se observan los productos liofilizados, en polvo, significa

que el complejo de Cu en RNA se encuentra notablemente diluido en el material, y de una manera apreciablemente homogénea. Las interacciones entre unidades individuales del complejo son entonces comparables a las que puedan producirse en una solución, en la cual las respectivas posiciones se mantengan fijas por congelación. Situaciones similares se han encontrado en proteínas cúpricas naturales (14); precisamente, en estos compuestos, el elemento cobre entra en la composición de la molécula en una baja proporción, correspondientemente a la función que debe desempeñar este metal en el complejo proteico.

CONCLUSIONES

Los hechos descriptos demuestran la fuerte tendencia del ión cúprico a formar complejos con moléculas relativamente polimerizadas que contienen heterociclos nitrogenados unidos a ribosa y ácido fosfórico. Tal facilidad de complejamiento indica también la posibilidad de una especial función de mínimas cantidades de Cu ligado a macromoléculas de ácidos nucleicos.

Por otra parte, el alto grado de deslocalización (tal como es revelado en los espectros EPR) del electrón (o mejor dicho, del agujero) no apareado en Cu^{++} complejado con moléculas del tipo de las de mono- y polinucleótidos, o de otras moléculas complejas nitrogenadas, podría facilitar un cambio de valencia del ión metálico, quizás importante en relación con alguna actividad funcional de la molécula.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer muy especialmente la responsable colaboración prestada por la señorita Rosa D. Costa, en lo referido a las preparaciones y determinaciones analíticas relacionadas con este trabajo.

REFERENCIAS

1. Alexandrov, A. A., V. I. Gavrilov, A. G. Kiselev, I. I. S. Lazurkin y M. A. Mokulski. *Sobre el origen de anchas líneas de Resonancia Paramagnética Electrónica en los ácidos nucleicos y sus complejos con albúminas*. Dokl. Akad. Nauk. SSSR 141, n° 6, 1483-1485, 1961 (Trad. del C. N. de Invest. Cient. y Técn.).
2. Maling, J. E., L. T. Taskovich y M. S. Blois, Jr. *Electron Spin Resonance en ATP and RNA*. Biophys. J. 3, 79-95, 1963.
3. Blois, M. S., Jr., J. E. Maling y L. T. Taskovich. *On the Electron Spin Resonances in DNA*. Biophys. J. 3, 275-297, 1963.
4. Walsh, W. M., Jr. L. W. Rupp, Jr., y B. J. Wyluda. *Paramagnetic Resonance studies of magnetic ions bound in nucleic acid pseudocrystals*, en *Paramagnetic Resonance*, vol. II. Edit. por W. Low, Academic Press, 1963.
5. Shulman, R. G., H. Sternlicht y B. J. Wyluda. *Study of metal-ion binding to nucleic acids by ^{31}P Nuclear Magnetic Resonance*. J. of Chem. Phys. 43, 3116-3143, 1965.
6. Pezzano, H. *Estudio por Espectrometría EPR de ácido ribonucleico aislado de levadura*. Rev. de la Soc. Química de México (en prensa).
7. Sandell, E. B. *Colorimetric Determination of Traces of Metals*. Interscience, tercera edición, 1959.
8. Priess, H. y W. Zillig. *Reaktionen von Wasserstoff-peroxyd mit Nucleinsäurebausteinen und s-RNA*. Zeitsch. für physiol. Chem., B 342, 73-80, 1965.
9. Sigel, H. y H. Erlenmeyer. *Über Struktur und aktivität der den H_2O_2 -Zerfall katalysierenden Cu^{2+} -Komplexe*. Helv. Chim. Acta 49, fasc. 4, 1266-1274, 1966.
10. Sigel, H. Idem ant. Helv. Chim. Acta 50, fasc. 2, 582-588, 1967.
11. Sigel, H., B. Prijs y H. Erlenmeyer. Idem ant. Experientia 23, 170-177, 1967.
12. Coates, J. H., D. O. Jordan y V. K. Srivastara. *The binding of copper (II) ions to DNA*. Biochem. Biophys. Res. Comm. 20, 611-615, 1965.
13. Kriss, E. E., K. B. Iatimirski y T. I. Ajrameva. *Estudio de la formación de complejos de iones cúpricos con DNA*. Dokl. Akad. Nauk SSSR 168, n° 4, 840-843, 1966. (Trad. del C. N. de Invest. Cient. y Técn.).
14. Malmström Bo, G. y T. Vänngård. *EPR of copper proteins and some models complexes*. J. Mol. Biol. 2, 118-124, 1960.
15. Vänngård, T. y R. Aasa. *ESR line shapes of polycrystalline samples of $S: \frac{1}{2}$ transition element ions*, en *Paramagnetic Resonance*, vol. II. Edit. por W. Low, Academic Press, 1963.
16. Ropars, C. y R. Viovy. *Fixation de l'ion cuivrique sur l'acide désoxyribonucleique de thymus de veau*. C. R. Acad. Sc. Paris 258, 731-734, 1964; 261, 1129-1132, 1965.
17. Beinert, H., D. E. Griffiths, D. C. Wharton y R. H. Sands. *Properties of the copper associated with cytochrome oxidase as studied by Paramagnetic Resonance Spectroscopy*. J. Biol. Chem. 237, n° 7, 2337-2346, 1962.
18. Malmström Bo, G., B. Reinhammar y T. Vänngård. *Two forms of copper II in fungal laccase*. Biochim. Biophys. Acta 156, n° 1, 67-76, 1968.

SOBRE LAS SUPERFICIES DE VELOCIDAD NULA CORRESPONDIENTES AL PROBLEMA DE TRES CUERPOS

POR F. R. MARSICANO *

RESUMEN

Dadas las tres distancias mutuas r_i ($i = 0 ; 1 ; 2$) entre los tres cuerpos de masas m_i ; definimos a las superficies de velocidad nula como aquellos lugares geométricos S construídos haciendo simultáneamente $\dot{r}_i = 0$ (sin ser necesariamente $\ddot{r}_i = 0$) en las ecuaciones del movimiento.

Estas superficies gozan de la siguiente propiedad: si r_{i0} son las distancias mutuas para el instante inicial t_0 y el punto representativo de coordenadas r_{i0} está situado en el interior de una de estas superficies (supuesta cerrada y finita) las tres distancias r_i permanecen acotadas superiormente para todo t . Si para ciertas condiciones iniciales, la superficie S es abierta, dos o tres de las r_i pueden receder al infinito.

Para el caso general, las superficies son algebraicas del 9º grado en las r_i , siendo sus parámetros las constantes de las fuerzas vivas, C_1 ; del momento de la cantidad de movimiento C_2 ; las tres masas, m_i y una nueva constante C_3 que aparece al integrar el sistema hamiltoniano correspondiente.

Cuando los tres cuerpos se mueven en un plano, las superficies S son del 5º grado en las r_i con $C_3 = 0$.

Para el caso de las soluciones isósceles, en lugar de superficies, se obtienen curvas del 3º grado en las r_i (1).

RÉSUMÉ

Etant donné les trois distances mutuelles r_i ($i = 0, 1, 2$) entre les trois corps de masses m_i , on définit les surfaces de vitesse nulle comme les lieux géométriques S que l'on construit en faisant $\dot{r}_i = 0$ (sans être nécessairement $\ddot{r}_i = 0$) dans les équations du mouvement.

Ces surfaces jouissent de la propriété suivante: si r_{i0} sont les distances mutuelles à l'instant t_0 et si le point représentatif de coordonnées r_{i0} se trouve à l'intérieur d'une de ces surfaces (surface supposée fermée et non infinie), les trois distances r_i restent limitées supérieurement pour tout t . Si par contre sous certaines conditions initiales, la surface S est ouverte, deux ou trois des r_i peuvent s'en aller à l'infinie.

* Del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.

Dans le cas le plus générale, les surfaces sont algébriques du 9ème degré. Lorsqu'il s'agit des solutions isocèles, à la place des surfaces, on obtient des courbes de 3ème. degré en r_i (1).

1) Ecuaciones del movimiento

Para el planteo de las ecuaciones de las superficies de velocidad nula, partimos del sistema diferencial de Jacobi (2), pero en la versión dada por Agostinelli en su importante conferencia sobre el problema de los tres cuerpos (3).

Sea (fig. 1) $\bar{i} \bar{j} \bar{k}$ una terna con origen en P_0 y de versores de dirección invariable; \bar{n} el eje nodal intersección del plano de los tres cuerpos con el plano $\bar{i} \bar{j}$; ψ la longitud del eje nodal contada a partir del versor \bar{i} ; φ la longitud del punto P_1 a partir de \bar{n} , r_2 la distancia $P_1 P_0$; r_0 la distancia $P_1 P_2$; r_1 la distancia $P_0 P_2$; ρ la distancia P_2 al baricentro G_{10} de los puntos P_0 y P_1 ; ω el ángulo entre $P_2 G_{10}$ y $P_1 P_0$; θ la inclinación del plano de los tres cuerpos con respecto al plano $\bar{i} \bar{j}$; \bar{k}_1 el versor normal al plano de los tres cuerpos; \bar{L} el versor normal a la vez a \bar{k}_1 y a \bar{n} o sea

$$\bar{L} = \bar{k}_1 \wedge \bar{n}$$

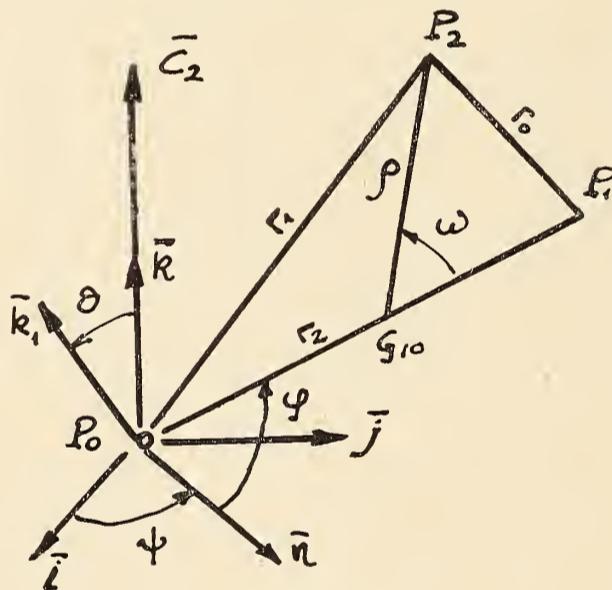


Figura 1

$\bar{u} = P_2 - G_{10}$ el vector que va del punto P_2 al baricentro G_{10} de los otros dos cuerpos:

$$\bar{u}_2 = P_1 - P_0; \quad \lambda = \frac{m_1}{m_0 + m_1}; \quad \mu = \frac{m_0}{m_0 + m_1}$$

$$g = \frac{M}{m_2(m_0 + m_1)}; \quad h = \frac{m_0 + m_1}{m_0 m_1}$$

Al versor \bar{k} lo elegimos tal que tenga la misma dirección y sentido que el vector \bar{C}_2 momento de la cantidad de movimiento del sistema con respecto al punto P_0 .

El movimiento del punto P_1 con respecto al P_0 y del P_2 con respecto a G_{10} está definido por las siguientes dos ecuaciones vectoriales (3):

$$\begin{aligned} \ddot{u}_2 &= -\frac{m_0 + m_1}{r_2^3} \bar{u}_2 + m_2 \left[\left(\frac{1}{r_0^3} - \frac{1}{r_1^3} \right) \bar{u} - \left(\frac{\mu}{r_0^3} + \frac{\lambda}{r_1^3} \right) \bar{u}_2 \right] \\ \ddot{u} &= -M \left[\left(\frac{\mu}{r_1^3} + \frac{\lambda}{r_0^3} \right) \bar{u} + \lambda\mu \left(\frac{1}{r_1^3} - \frac{1}{r_0^3} \right) \bar{u}^2 \right] \end{aligned} \quad (I)$$

Multiplicando escalarmente la primera por \bar{u}_2 ; la segunda por \bar{u} , sumando e integrando, se obtiene la integral de las fuerzas vivas:

$$T = \frac{1}{2} \left[g (\dot{u}_2)^2 + h (\dot{u})^2 \right] = \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} - \frac{1}{2} C_1 \quad (II)$$

con U función potencial = $\sum \frac{m_i m_{i+1}}{r_{i+2}}$ $C_1 = \text{cte.}$

Introduciendo los momentos de Lagrange:

$$p_\varphi = \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \quad p_{r_2} = \frac{\partial T}{\partial \dot{r}_2} \quad p_\omega = \frac{\partial T}{\partial \dot{\omega}} \quad p_\varphi = \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}} \quad p_\psi = \frac{\partial T}{\partial \dot{\psi}} \quad p_\theta = \frac{\partial T}{\partial \dot{\theta}}$$

expresando las \dot{r}_2 ; $\dot{\omega}$; $\dot{\varphi}$; $\dot{\psi}$; $\dot{\theta}$; $\dot{\rho}$ en función de los p la energía cinética T pasa a ser una función de las p y de las variables θ ; ψ ; φ ; ω ; r_2 ; ω de manera que la función de Hamilton queda:

$$\begin{aligned} H &= \frac{1}{2g} \left\{ p_{r_2}^2 + \frac{(p_\varphi - p_\omega)^2}{r_2^2} + \frac{1}{r_2^2 \sin^2 \omega} \left[\frac{p_\psi - p_\varphi \cos \theta}{\sin \theta} \sin(\varphi + \omega) + \right. \right. \\ &+ \left. \left. p_\theta \cos(\varphi + \omega) \right]^2 \right\} + \frac{1}{2h} \left\{ p_\varphi^2 + \frac{p_\omega^2}{\rho^2} + \frac{1}{\rho^2 \sin^2 \omega} \left[\frac{p_\psi - p_\varphi \cos \theta}{\sin \theta} \sin \varphi + \right. \right. \\ &\left. \left. + p_\theta \cos \varphi \right]^2 \right\} - M \left(\frac{1}{m_0 r_0} + \frac{1}{m_1 r_1} + \frac{1}{m_2 r_2} \right) \end{aligned} \quad (III)$$

con

$$r_0 = (\rho^2 + \mu^2 r_2^2 - 2\mu r_2 \rho \cos \omega)^{1/2} \quad r_1 = (\rho^2 + \lambda^2 r_2^2 + 2\lambda r_2 \rho \cos \omega)^{1/2} \quad (IV)$$

Damos a continuación un método intuitivo para construir la función (III) mucho más sencillo que el que figura en JACOBI (2)

y en todos los libros que se ocupan del tema (Véase por ejemplo (4); (5)). Para ello, en primer lugar descomponemos los vectores velocidad $\dot{\underline{u}}_2$ y $\dot{\underline{u}}$ en tres componentes normales entre sí, dos en el plano de los tres cuerpos y uno normal a dicho plano, además al considerar al vector \underline{u} suponemos trasladado G_{10} al origen. En cuanto a las rotaciones, consideramos $\dot{\varphi} + \dot{\omega} + \dot{\psi} \cos \theta$ alrededor de \bar{k}_1 ; $\dot{\theta}$ alrededor de \bar{n} y $\dot{\psi} \sin \theta$ alrededor de \bar{L} ; de esta manera fácilmente se ve de la figura dos, que las tres componentes de $\dot{\underline{u}}_2$ son:

$$\dot{r}_2; \quad r_2 (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta); \quad r_2 (\dot{\theta} \sin \varphi - \dot{\psi} \sin \theta \cos \varphi)$$

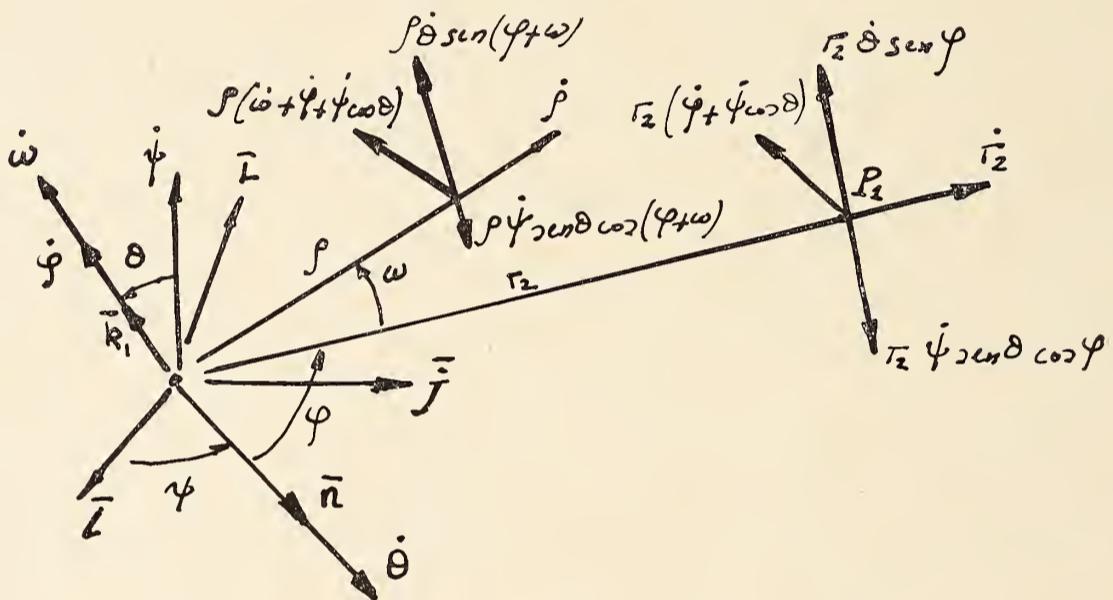


Figura 2

y las tres componentes de $\dot{\underline{u}}$ son:

$$\dot{\rho}; \quad \rho (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta + \dot{\omega}); \quad \rho [\dot{\theta} \sin (\varphi + \omega) - \dot{\psi} \sin \theta \cos (\varphi + \omega)]$$

luego:

$$(\dot{\underline{u}}_2)^2 = (\dot{r}_2)^2 + Cr_2^2 + Dr_2^2 \quad (\dot{\underline{u}})^2 = (\dot{\rho})^2 + Ar_2^2 + Br_2^2 \quad (V)$$

$$A = (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta + \dot{\omega})^2 \quad B = [\dot{\theta} \sin (\varphi + \omega) - \dot{\psi} \sin \theta \cos (\varphi + \omega)]^2$$

$$C = (\dot{\theta} \sin \varphi - \dot{\psi} \sin \theta \cos \varphi)^2 \quad D = (\dot{\varphi} + \dot{\psi} \cos \theta)^2 \quad (VI)$$

Introduciendo (V) en (II) se obtiene:

$$T = T (r_2; \rho; \omega; \varphi; \theta; \psi; \dot{r}_2; \dot{\rho}; \dot{\omega}; \dot{\varphi}; \dot{\theta}; \dot{\psi})$$

con lo que pueden hallarse los momentos de LAGRANGE:

$$\begin{aligned}
 p_{r_2} &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{r}_2} = g \dot{r}_2 & p_\varphi &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{\varphi}} = h \dot{\varphi} & p_\omega &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{\omega}} = A h \dot{\varphi}^2 \\
 p_\varphi &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{\varphi}} = A h \dot{\varphi}^2 + D g r_2^2 & p_\psi &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{\psi}} = h \dot{\varphi}^2 [A \cos \theta - B \sin \theta \cos (\varphi + \omega) \\
 &+ g r_2^2 (D \cos \theta - C \sin \theta \cos \varphi) & p_\theta &= \frac{\partial \mathbf{T}}{\partial \dot{\theta}} = h \dot{\varphi}^2 B \sin (\varphi + \omega) + \\
 && &+ g r_2^2 C \sin \varphi
 \end{aligned}$$

de donde a su vez se obtiene:

$$\begin{aligned}
 A &= \frac{p_\omega}{h \dot{\varphi}^2} & D &= \frac{p_\varphi - p_\omega}{g r_2^2} \\
 B &= \frac{\sin \varphi (p_\psi - p_\varphi \cos \theta) + p_\theta \sin \theta \cos \varphi}{h \dot{\varphi}^2 \sin \theta \sin \omega} \\
 C &= - \frac{p_\theta \sin \theta \cos (\varphi + \omega) + (p_\psi - p_\varphi \cos \theta) \sin (\omega + \varphi)}{g r_2^2 \sin \theta \sin \omega}
 \end{aligned}$$

que reemplazadas en (V) y (II) permiten obtener rápidamente la función hamiltoniana (III).

Las ecuaciones del movimiento son las doce ecuaciones del primer orden siguiente:

$$\begin{aligned}
 \dot{r}_2 &= \frac{\partial H}{\partial p_{r_2}} & \dot{\varphi} &= \frac{\partial H}{\partial p_\varphi} & \dot{\omega} &= \frac{\partial H}{\partial p_\omega} & \dot{\varphi} &= \frac{\partial H}{\partial p_\varphi} \\
 \dot{p}_{r_2} &= - \frac{\partial H}{\partial r_2} & \dot{p}_\varphi &= - \frac{\partial H}{\partial \varphi} & \dot{p}_\varphi &= - \frac{\partial H}{\partial \varphi} & \dot{p}_\omega &= - \frac{\partial H}{\partial \omega} \quad (\text{VII}) \\
 \dot{\theta} &= \frac{\partial H}{\partial p_\theta} & \dot{\psi} &= \frac{\partial H}{\partial p_\psi} & \dot{p}_\theta &= - \frac{\partial H}{\partial \theta} & \dot{p}_\psi &= - \frac{\partial H}{\partial \psi}
 \end{aligned}$$

Multiplicando vectorialmente la primera de las (I) por \bar{u}_2 la segunda por \bar{u} sumando e integrando se obtiene la integral del momento cinético:

$$g \bar{u}_2 \wedge \dot{\bar{u}}_2 + h \bar{u} \wedge \dot{\bar{u}} = g h \bar{C}_2 \quad (\text{VIII})$$

y multiplicando escalarmente y sucesivamente por \bar{k} ; \bar{k}_1 ; \bar{n} se obtiene:

$$p_\theta = 0 \quad p_\varphi = g h C_2 \cos \theta \quad p_\psi = g h C_2 \quad (\text{IX})$$

2.) *Superficies de velocidad nula*

Como las superficies de velocidad nula, tal como las hemos definido, son aquellas en las cuales simultáneamente $\dot{r}_i = 0$ es decir el triángulo de los tres cuerpos permanece indeformable; en el sistema (VII) debemos hacer:

$$\dot{r}_2 = \dot{\omega} = \dot{\varphi} = 0$$

con lo que, teniendo en cuenta las (IX) y la (III) se obtiene:

$$\dot{r}_2 = \frac{\partial H}{\partial p_{r_2}} = \frac{p_{r_2}}{g} = 0 \quad \text{de donde} \quad p_{r_2} = 0 \quad (\text{X})$$

$$\dot{\varphi} = \frac{\partial H}{\partial p_{\varphi}} = \frac{p_{\varphi}}{h} = 0 \quad \text{de donde} \quad p_{\varphi} = 0 \quad (\text{XI})$$

$$\dot{\omega} = \frac{\partial H}{\partial p_{\omega}} = \frac{p_{\omega}}{h\varphi^2} - \frac{p_{\varphi} - p_{\omega}}{gr_2^2} = 0$$

de donde:

$$p_{\omega} = h^2 g \varphi^2 C_2 \cos \theta / h\varphi^2 + gr_2^2 \quad (\text{XII})$$

La introducción de las (IX), (X), (XI), (XII) en (III) da:

$$\begin{aligned} H = & \frac{1}{2g} \left\{ \frac{[ghC_2 \sin \theta \sin (\varphi + \omega)]^2}{r_2^2 \sin^2 \omega} + \frac{h^2 g^4 C_2^2 r_2^2 \cos^2 \theta}{(h\varphi^2 + gr_2^2)^2} \right\} + \\ & + \frac{1}{2h} \left\{ \frac{\varphi^2 h^4 g^2 C_2^2 \cos^2 \theta}{(h\varphi^2 + gr_2^2)^2} + \frac{g^2 h^2 C_2^2 \sin^2 \theta \sin^2 \varphi}{\varphi^2 \sin^2 \omega} \right\} - \quad (\text{XIII}) \\ & - M \sum \frac{1}{m_i r_i} = - \frac{C_1}{2} \end{aligned}$$

Es fácil ver que

$$h\varphi^2 + gr_2^2 = \sum \frac{r_i^2}{m_i}$$

por lo tanto

$$\varphi = \left(\frac{\sum r_i^2 / m_i - gr_2^2}{h} \right)^{1/2}$$

y de IV

$$\sin^2 \omega = 1 - [r_1^2 - r_0^2 - r_2^2 (\lambda^2 - \mu^2)]^2 h / 4r_2^2 \left(\sum \frac{r_i^2}{m_i} - gr_2^2 \right)$$

luego la (XIII) es del tipo:

$$H(r_i; \theta; \varphi) = - C_{1/2}$$

pero aún puede obtenerse una relación entre θ y φ .

En efecto, del sistema (VIII):

$$\begin{aligned} \dot{\theta} &= \frac{\partial H}{\partial p_\theta} = \frac{ghC_2 \operatorname{sen} \theta \operatorname{sen} (\varphi + \omega) \cos (\varphi + \omega)}{gr_2^2 \operatorname{sen}^2 \omega} + \\ &\quad + \frac{ghC_2 \operatorname{sen} \theta \operatorname{sen} \varphi \cos \varphi}{h\varphi^2 \operatorname{sen}^2 \omega} \\ \dot{\varphi} &= \frac{\partial H}{\partial p_\varphi} = - \frac{ghC_2 \operatorname{sen}^2 (\omega + \varphi) \cos \theta}{gr_2^2 \operatorname{sen}^2 \omega} - \frac{ghC_2 \operatorname{sen}^2 \varphi \cos \theta}{h\varphi^2 \operatorname{sen}^2 \omega} + \\ &\quad + \frac{hgC_2 \cos \theta}{h\varphi^2 + gr_2^2} \end{aligned}$$

dividiendo miembro a miembro queda:

$$\frac{d\theta}{\operatorname{tg} \theta} = - \frac{1}{2} \frac{\frac{df_{(\varphi)}}{d\varphi} d\varphi}{f_{(\varphi)} - \operatorname{sen}^2 \omega / \sum r_i^2 / m_i} \quad \text{con} \quad f_{(\varphi)} = \frac{\operatorname{sen}^2 (\omega + \varphi)}{gr_2^2} + \frac{\operatorname{sen}^2 \varphi}{h\varphi^2}$$

Luego, integrando, llamando C_3 a la constante de integración se obtiene:

$$\operatorname{sen}^2 \theta = \frac{C_3^2}{\frac{1}{gr_2^2} \operatorname{sen}^2 (\omega + \varphi) + \frac{\operatorname{sen}^2 \varphi}{h\varphi^2} - \sum \frac{r_i^2}{m_i}} \quad (\text{XIV})$$

Reemplazando XIV en XIII se observa tanto θ como φ :

$$\frac{g^2 h^2 C_2^2}{2} \left(\frac{C_3^2}{\operatorname{sen}^2 \omega} + \sum \frac{1}{\frac{r_i^2}{m_i}} \right) - \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} = - \frac{C_1}{2}$$

o bien:

$$\frac{g^2 h^2 C_2^2}{2} \left[\frac{4 C_3^2 r_2^2 \left(\sum \frac{r_i^2}{m_i} - gr_2^2 \right)}{4 r_2^2 \left(\sum \frac{r_i^2}{m_i} - gr_2^2 \right) - [r_1^2 - r_0^2 - r_2^2 (\lambda^2 - \mu^2)]^2 h} + \frac{1}{\sum \frac{r_i^2}{m_i}} \right] - \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} = - \frac{C_1}{2} \quad (\text{XV})$$

La constante C_3 puede hallarse de XIV conociendo los valores iniciales de

$$0; \varphi; \omega; r_i.$$

La XV es una ecuación algebraica del 9° grado en las r_i y constituye la ecuación de las superficies de velocidad nula para el problema general de los tres cuerpos.

Si el movimiento es plano, $\theta = 0$ y de XIV $C_3 = 0$, luego la XV se transforma en una ecuación algebraica del 5° grado en las r_i :

$$\boxed{\frac{g^2 h^2 C_2^2}{2} - \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} \sum \frac{r_i^2}{m_i} + \frac{C_1}{2} \sum \frac{r_i^2}{m_i} = 0} \quad (\text{XVI})$$

Confirmamos esta ecuación, aplicando el sistema de ecuaciones de LAGRANGE (6). Haciendo

$$\bar{u}_i = P_{i+2} - P_{i-1}$$

la integral de las fuerzas vivas se expresa de la manera siguiente (3, 7):

$$\frac{1}{2} \sum \frac{1}{m_i} \left(\frac{d\bar{u}_i}{dt} \right)^2 = \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} - \frac{1}{2} C_1 \quad (\text{XVII})$$

mientras que la integral del momento de la cantidad de movimiento, en base a las siguientes funciones auxiliares de LAGRANGE (3, 6, 7):

$$\begin{aligned} \pi_i &= (\bar{u}_i \wedge \dot{\bar{u}}_i)^2 = r_i^2 [(\dot{\bar{u}}_i)^2 - (\dot{r}_i)^2] \\ \Psi_i &= (\bar{u}_{i+1} \wedge \dot{\bar{u}}_{i+1}) \times (\bar{u}_{i+2} \wedge \dot{\bar{u}}_{i+2}) \end{aligned} \quad (\text{XVIII})$$

es la ecuación (P) de este autor (6):

$$\sum \frac{\pi_i}{m_i^2} + 2 \sum \frac{\Psi_i}{m_{i+1} m_{i+2}} = \frac{C_2^2 M^2}{m_0^2 m_1^2 m_2^2} \quad (\text{P})$$

Las órbitas relativas instantáneas de P_1 y P_2 con respecto a P_0 están situadas en planos que se cortan según un ángulo α dado por (6):

$$\cos \alpha = \Psi'_0 / (\pi_1 \pi_2)^{1/2}$$

pero como sólo nos interesa el caso en que los tres cuerpos se mueven en un plano invariable, evidentemente $\alpha = 0$ de donde $\cos \alpha = 1$ y por lo tanto

$$\Psi_0 = (\pi_1 \pi_2)^{1/2}$$

así también

$$\Psi_1 = (\pi_0 \pi_2)^{1/2} \quad \Psi_2 = (\pi_0 \pi_1)^{1/2} \quad (\text{XIX})$$

Las velocidades angulares ω_1 y ω_2 de los puntos P_1 y P_2 con respecto a P_0 están dadas por (6) :

$$\omega_1 = \frac{(\pi_2)^{1/2}}{r_2^2} \quad \omega_2 = \frac{(\pi_1)^{1/2}}{r_1^2} \quad (\text{XX})$$

Pero como buscamos condiciones para las cuales $\dot{r}_i = 0$ es decir el triángulo de los tres cuerpos se mueve como un sólido rígido y además en un plano, se tiene $\omega_1 = \omega_2$; o bien generalizando:

$$\frac{\pi_0^{1/2}}{r_0^2} = \frac{\pi_1^{1/2}}{r_1^2} = \frac{\pi_2^{1/2}}{r_2^2} \quad (\text{XXI})$$

del sistema (XIX) (XXI) se obtiene:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= \pi_2 \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^4 & \pi_2 &= \pi_0 \left(\frac{r_2}{r_0} \right)^4 \\ \Psi_0 &= \pi_0 \frac{r_1^2 r_2^2}{r_0^4} & \Psi_1 &= \frac{\pi_0 r_2^2}{r_0^2} & \Psi_2 &= \pi_0 \frac{r_1^2}{r_0^2} \end{aligned}$$

que sustituidas en (P) dan:

$$\frac{\pi_0}{r_0^4} \sum \frac{r_i^4}{m_i^2} = 2 \frac{\pi_0}{r_0^2} \sum \frac{(r_i r_{i+1})^2}{m_{i+1} m_{i+2}} = \frac{C_2^2 M^2}{m_0^2 m_1^2 m_2^2} \quad (\text{P}')$$

De la primera de las (XVIII), por ser

$$\dot{r}_i = 0 \quad \text{es} \quad \pi_i = r_i^2 (\dot{u}_i)^2$$

de donde

$$(\dot{u}_i)^2 = \frac{\pi_i}{r_i^2}$$

que reemplazadas en (XVII) dan:

$$\frac{1}{2} \frac{\pi_0}{r_0^4} \sum \frac{r_i^2}{m_i} = \frac{MU}{m_0 m_1 m_2} - \frac{1}{2} C_1 \quad (\text{XXII})$$

La eliminación de π_0 entre P' y (XXII) conduce a la ecuación de las superficies de velocidad nula para el caso plano:

$$\left(\frac{2 MU}{m_0 m_1 m_2} - C_1 \right) \sum \frac{r_i^2}{m_i} = \frac{C_2^2 M^2}{m_0^2 m_1^2 m_2^2}$$

que coincide con la (XVI) si tenemos en cuenta que:

$$g^2 h^2 = \frac{M^2}{m_0^2 m_1^2 m_2^2}$$

BIBLIOGRAFIA

1. F. R. Marsicano, *Sobre las curvas de velocidad nula correspondientes a las soluciones isósceles del problema de tres cuerpos*. En prensa en Revista de Matemáticas de la Universidad de Parma.
2. Jacobi, *Sur l'élimination des noeuds dans le problème des trois corps*. Journal für Math. Bd. 26 pp. 115, 131, 1843.
3. C. Agostinelli, *Sul problema dei tre corpi*. Rend. del Sem. Mat. e Fis. di Milano, vol. XXI, 1950, p. 165.
4. E. T. Whittaker, *A treatise on the Analytical Dynamics*, 4^o ed. 1961, Cambridge, University Press.
5. L. A. Pars, *A treatise on Analytical Dynamics*, Edit. Heinemann, Londres.
6. J. L. Lagrange, *Essai sur le problème des trois corps*, Oeuvres, t. 6, p. 229.
7. F. R. Marsicano, *La memoria de Lagrange relativa al movimiento de los tres cuerpos*, Ciencia y Técnica, vol. 123, n^o 617, Marzo-Abril, 1957, p. 75.

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA DEL HEMISFERIO OCCIDENTAL GALACTICO
EN LA ZONA DE CARINA

POR SILVIA GARZOLI

(Conclusión) ¹

IV. ANALISIS DE LAS CONCENTRACIONES

Las concentraciones encontradas por el método anteriormente explicado, están clasificadas en la Tabla 1.

TABLA 1
Características de las concentraciones

N°	l	b	v	T _b (°K)	N _H at. cm ⁻²
1.....	302	1	— 37	104	3.25
2.....	304	0	— 41	112	4.36
3.....	307	0	— 37	96	3.06
4.....	309	0	— 42	88	2.58
5.....	300	0	— 27	112	4.37
6.....	304	0	— 28	120	8.66
7.....	309	0	— 22	72	1.55
8.....	301	— 3	— 3	56	1.57
9.....	304	— 1	— 4	72	1.24
10.....	305	— 3	— 4	48	1.62
11.....	308	0	— 6	56	0.93
12.....	280	1.5	— 2	88	3.10
13.....	281	0	— 8	96	2.44
14.....	280	— 1.5	— 5	128	5.81
15.....	282	— 2	— 9	112	2.61
16.....	284	— 1	— 9	135	
17.....	285	0.5	— 6	104	3.24
18.....	285	— 1.5	— 14	84	3.37
19.....	287	1	— 19	56	1.57
20.....	287	0	— 12	80	1.77
21.....	289	1	— 6	88	2.57
22.....	272	— 1.5	2	96	2.75
23.....	274	0	3	96	1.82

¹ Ver entrega I-II del presente tomo. (*An. Com. Invest. Cient. Prov. Bs. As.*, (N. Ser.), T. I, págs. 33-66),

TABLA 1 (Cont.)

N°	l	b	v	T _b (°K)	N _H at. cm ⁻²
24.....	276	0	1	112	4.36
25.....	278	— 3	0	112	4.36
26.....	293	— 3	— 26	84	5.03
27.....	295	— 1.5	— 25	120	10.86
28.....	297	0	— 33	104	5.78
29.....	290	0	— 7	80	3.54
30.....	299	0	— 12	80	4.19
31.....	290	— 1	6	72	2.55
32.....	290	— 3	0	56	1.18
33.....	294	— 3	— 5	32	0.80
34.....	295	— 1	— 5	80	3.32
35.....	297	— 1	— 4	72	2.62
36.....	298	— 3	— 3	48	1.29
37.....	273	— 1	6	92	4.23
38.....	284	— 1	7	112	8.28
39.....	285	1	6	96	3.04
40.....	285	— 0.5	10	88	3.37
41.....	289	0	14	89	4.67
42.....	299	0	15	64	3.79
43.....	300	0	31	72	5.07
44.....	300	— 1.5	34	40	1.73
45.....	304	— 1	28	96	5.19
46.....	308	— 1	32	66	1.80
47.....	290	— 1	24	80	3.32
48.....	292	— 1	25	80	3.97
49.....	295	— 1	24	80	3.97
50.....	297	— 1	25	72	3.01
51.....	299	0	20	72	2.06
52.....	284	— 1	44	89	2.88
53.....	285	0	28	36	0.69
54.....	293	1	34	40	1.73
55.....	294	0	31	52	2.39
56.....	299	— 2	36	20	1.00
57.....	270	— 1	56	64	2.83
58.....	274	1	40	40	0.60
59.....	274	— 1	38	56	1.59
60.....	274	— 2	45	48	1.07
61.....	276	2	42	32	0.60
62.....	279	— 2	43	48	1.95
63.....	283	— 1	40	40	1.04
64.....	286	— 2	45	56	1.59

TABLA 1 (Continuación)

Nº	l	b	v	T _b (°K)	N _H at. cm ⁻²
65.....	289	- 3	41	24	0.67
66.....	306	- 1	44	40	1.04
67.....	308	1	51	24	0.71
68.....	290	- 3	45	32	1.46
69.....	297	- 1	46	45	1.99
70.....	274	- 2	60	56	2.11
71.....	276	1	66	24	0.62
72.....	276	- 2	58	64	1.90
73.....	291	0	63	32	1.33
74.....	293	- 3	68	24	0.49
75.....	298	1	66	24	0.58
76.....	299	- 3	66	24	0,71
77.....	280	- 1	66	48	1.18
78.....	284	- 1	78	32	0.65
79.....	288	- 2	62	16	0.31
80.....	284	- 3	64	24	0.47
81.....	303	- 2	73	31	0.77
82.....	300	0.5	71	8	0.15
83.....	301	0	100	8	0.09
84.....	304	1	62	8	0.15
85.....	307	0	68	8	0.29
86.....	309	0	65	8	0.44
87.....	307	- 1	62	16	0.49
88.....	271	- 1	76	40	1.29
89.....	276	- 1	78	64	2.84
90.....	279	0.5	88	8	0.29
91.....	290	- 1.5	69	54	1.75
92.....	294	- 1	76	53	2.39
93.....	295	1	90	16	0.31
94.....	298	1	86	16	0.44
95.....	299	0	81	8	0.24
96.....	300	0	80	16	0.36
97.....	300	- 2	85	16	0.62
98.....	304	- 2	90	32	0,73
99.....	305	- 3	80	32	1.00
100.....	309	- 2	82	36	1.15
101.....	270	- 1	100	24	0.47
102.....	274	0	98	16	0.56
103.....	274	- 3	164	40	1.20
104.....	276	- 2	107	16	0.62
105.....	278	- 2	94	16	0.44

TABLA 1 (Conclusión)

Nº	l	b	v	T _b (°K)	N _H at. cm ⁻²
106.....	279	— 1	120	8	0.29
107.....	282	— 3	99	40	0.69
108.....	286	— 2	96	16	0.49
109.....	288	— 2	80	34	1.20
110.....	290	— 3	92	40	1.46
111.....	292	— 3	98	32	0.80
112.....	290	— 2	117	16	0.31
113.....	294	— 3	108	8	0.15
114.....	295	— 1	112	8	0.15
115.....	271	— 3	118	16	0.49
116.....	275	— 1.5	121	20	0.64
117.....	282	— 1	122	16	0.49
118.....	284	— 1	123	16	0.49
119.....	288	— 3	120	8	0.16
120.....	282	— 3	133	8	0.11
121.....	282	— 3	151	8	
122.....	300	— 3	29	24	0.62
123.....	273	— 3	123	16	0.38

Las coordenadas galácticas l, b, dadas en la tabla 1, corresponden a la temperatura máxima encontrada dentro de la estructura y que no siempre corresponde al centro de la misma. Se calculó así mismo para cada una de ellas, la distancia al sol, la distancia al centro galáctico y z, la distancia al plano galáctico. Dichas distancias fueron calculadas tomando como base el modelo N° 3 de Schmidt para la distribución de masas en la galaxia.

Para cada concentración se calculó así mismo N_H, o sea, el número de átomos de hidrógeno en una columna de 1 cm² de sección transversal, de la siguiente manera:

La fórmula general (dada por van de Hulst, Muller y Oort, 1954) es:

$$N_H = 1.823 \times 10^{18} \times T_k \int T_b \times dV$$

donde T_k es la temperatura cinética del gas y para la cual se tomó el valor de 135° K, de acuerdo al criterio adoptado en el capítulo I.

En el caso en que la temperatura de brillo sea mucho menor que la temperatura cinética, puede considerarse que el gas es ópticamente fino y podemos hacer la aproximación

$$T_b = T_k \times \tau$$

donde τ es la profundidad óptica.

Pero, esto sólo es posible de hacer en algunas de las concentraciones dado que gran parte de ellas presentan temperaturas elevadas. En este caso, utilizamos la fórmula completa, calculando en primer lugar la profundidad óptica mediante

$$\tau = - \ln (1 - T_b/T_k)$$

De esta forma, tenemos para N_H ,

$$\begin{aligned} N_H &= 1.823 \times 10^{18} \times T_b \times \Delta V & (\tau \ll 1) \\ N_H &= 1.823 \times 10^{18} \times T_k \times \tau \times \Delta V & (\tau \simeq 1) \end{aligned}$$

En lugar de calcular la integral, se aproxima N_H tomando como ΔV la dispersión de velocidades σ que se calculó tomando el ancho medio de la componente gaussiana en $T_b = 0.5 T_b \text{ máx.}$; T_b es directamente la temperatura pico y está dada gráficamente.

Este tipo de análisis no presenta mayor dificultad en el caso de componentes aisladas; en el caso de dos o tres componentes superpuestas fue necesario realizar una aproximación mediante gaussianas.

IV. 1. Concentraciones con velocidades prohibidas

Del análisis de las concentraciones, surge la presencia de seis de ellas a las que no fue posible adjudicarles un valor para la distancia debido a que tienen velocidades no previstas por el modelo de masas de acuerdo con sus coordenadas. Dichas concentraciones están listadas en la tabla 2.

La longitud y la latitud corresponden a las coordenadas del punto de temperatura máxima y Δv significa la diferencia entre la velocidad de la concentración y la velocidad máxima permitida por el modelo de masas. El signo negativo en Δv significa que las velocidades encontradas son mayores en valor absoluto, que el valor máximo previsto para una longitud dada.

TABLA 2
Concentraciones con velocidades prohibidas

	l	b	V km/seg.	ΔV	T°K
1.....	297.5	0.5	- 33	- 4	104
2.....	293.0	- 3.0	- 26	- 4	92
3.....	287.0	1.5	- 19	- 6	56
4.....	285.0	- 1.5	- 14	- 5	88
5.....	282.0	- 2.0	- 9	- 3	112
6.....	281.0	0.0	- 8	- 2	96

Tomando el valor máximo encontrado para Δv , podemos dar una cota superior para los errores que se pueden cometer cuando se calculan distancias mediante el modelo de Schmidt.

Para velocidades positivas muy chicas (menores de 10 km/seg.), encontramos que, una diferencia de ± 6 km/seg, nos puede dar un error de hasta 2.2 Kpc. para la distancia al sol; este valor se encontró para $l = 270^\circ$. Este error disminuye a medida que aumenta l y varía entre $0.4 \leq |\epsilon| \leq 2.2$ Kpc.

Para velocidades positivas, mayores de 10 km/seg., el error varía entre ± 0.4 y ± 0.6 Kpc. para distancias al sol menores que 18 Kpc. A distancias mayores, este error alcanza valores de hasta 1.2 Kpc.

Para velocidades negativas, menores de 10 km/seg, el error máximo que podemos cometer en la determinación de la distancia es de 3.6 Kpc. para $l = 280^\circ$. En este rango de velocidades el error varía entre $0.9 \leq |\epsilon| \leq 3.6$ Kpc. Disminuye a medida que l (o lo que es lo mismo en este caso la distancia al sol) aumenta.

Para velocidades negativas, mayores en valor absoluto que -10 km/seg., el error producido por una diferencia de velocidades de -6 km/seg. nos da un rango de variación entre $0.5 \leq |\epsilon| \leq 2.5$ Kps. El valor de $\epsilon = 2.5$ Kpc. corresponde a $l = 290^\circ$, $v = -25$ km/seg.

Obviamente no se encontraron concentraciones con velocidades positivas prohibidas, pues de la forma en que está constituido el modelo, siempre es posible adjudicarles a éstas un valor para la distancia.

De todo esto se deduce que los valores adoptados para las distancias en el presente trabajo, deben considerarse como poco confiables.

Para dar una idea de la estructura espiral, es necesario dar distancias, y si se tomó como criterio el modelo de masas, a pesar de todo lo expuesto al respecto, es porque por lo menos puede dar una idea aproximada de la situación. Un método alternativo hubiera sido el de tratar de medir distancias utilizando para ello las velocidades de estrellas presumiblemente asociadas con el gas. Pero esto no fue posible, debido a que no se pueden determinar velocidades de estrellas a la distancia en que se encuentran la mayoría de las concentraciones.

Por otro lado, debemos recordar que según vimos en el capítulo I, hay una evidencia conflictuante acerca de las diferencias existentes entre las velocidades de las estrellas y el gas asociado con ellas.

Esto en un principio se debe a que una estrella posee movimientos propios, lo que nos puede dar una diferencia de varios kilómetros por segundo entre su velocidad y la del gas asociado a ella.

A pesar de que algunos autores (Fletcher, 1963) encontraron buena coincidencia entre los resultados ópticos y de radio, nosotros nos inclinamos a pensar que no es este tampoco un método muy preciso para la determinación de las distancias.

IV. 2. Concentraciones que pueden considerarse relacionadas entre sí

Queremos estudiar ahora la distribución de las concentraciones encontradas, en un esquema galáctico. Acabamos de ver las dificultades que se presentan en la determinación de distancias, así que es necesario adoptar una serie de criterios para poder obtener una figura aproximada.

El primer paso fue trazar un diagrama velocidad-longitud (fig. 5) para las concentraciones encontradas. Nuevamente aquí, la longitud y la velocidad son las correspondientes a la temperatura máxima dentro de la concentración y no las del centro de la misma. Si partimos de la base de una distribución en forma de brazos de espiral, en este diagrama debería mostrarse este hecho como una continuidad entre concentraciones. Vale decir en forma de estructuras definidas. De todas formas, no es posible predecir tan sólo del diagrama 5, la posible conexión entre concentraciones.

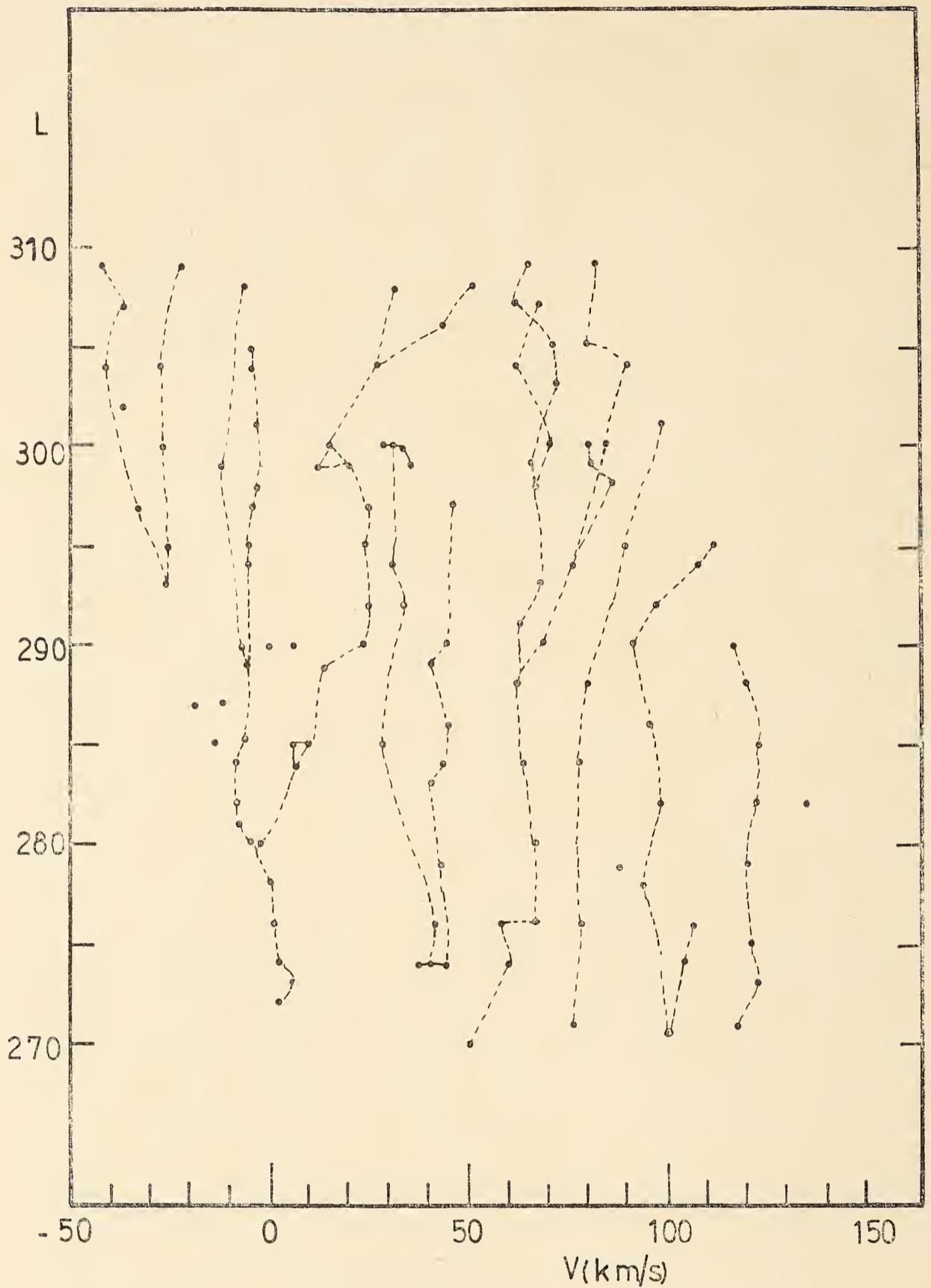


Fig. 5. — Distribución de las velocidades de las concentraciones en función de la longitud. Las coordenadas pertenecen al punto de máxima intensidad encontrado en la concentración.

En primer lugar, todas ellas se encuentran a distancias muy variadas del plano galáctico, por lo cual es necesario estudiar en principio su distribución en z .

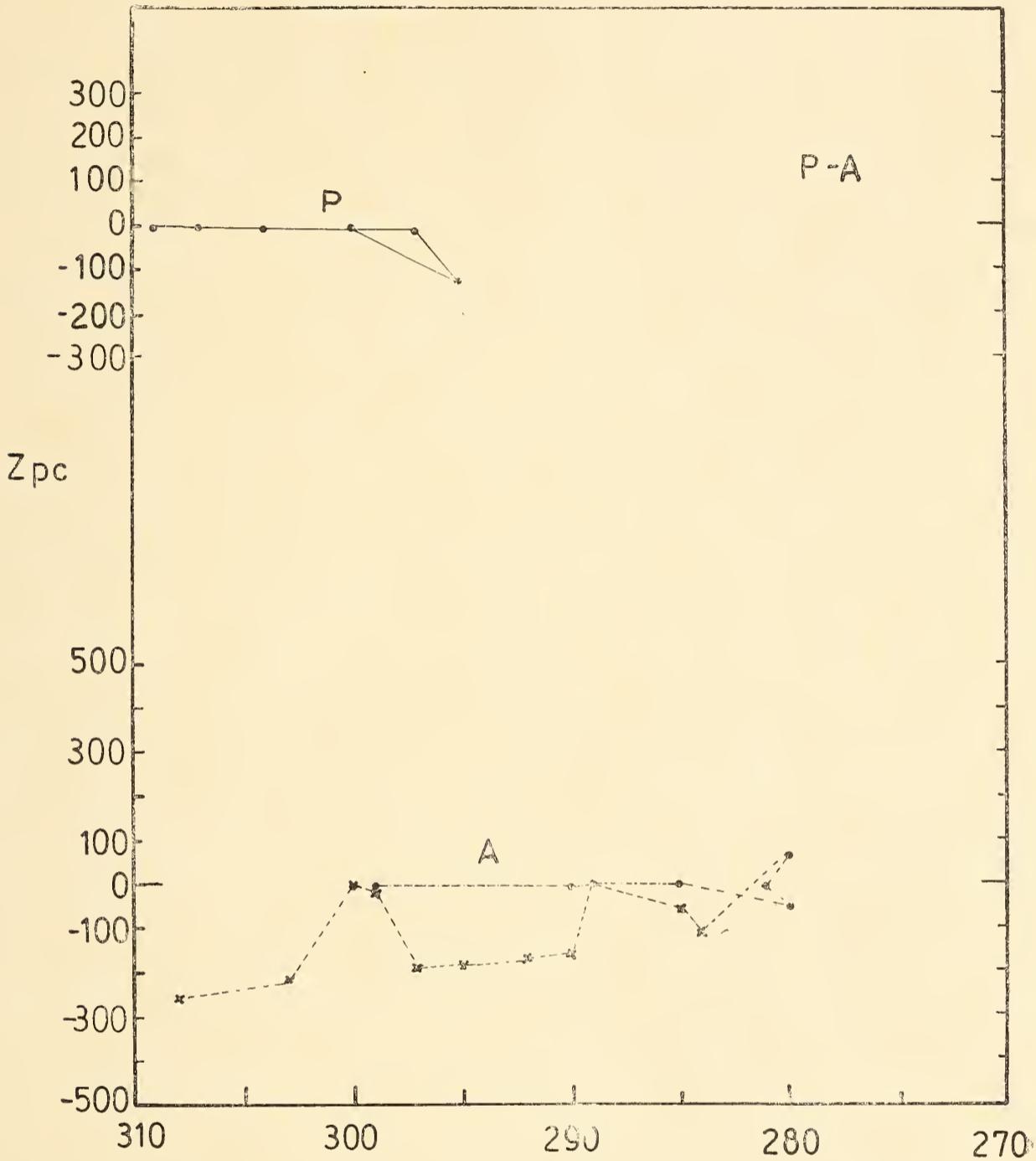


Fig. 6 a. — Variación de la posición con respecto al plano galáctico de las concentraciones que forman las estructuras P. y A.

La segunda dificultad con que nos encontramos está en las concentraciones con velocidades negativas. Es imposible decidir a partir del diagrama anterior qué puntos pertenecen a una misma estructura si ésta es cortada dos veces a lo largo de la visual, ya sea las dos veces con velocidad negativa, o una vez con velocidad positiva y otra negativa.

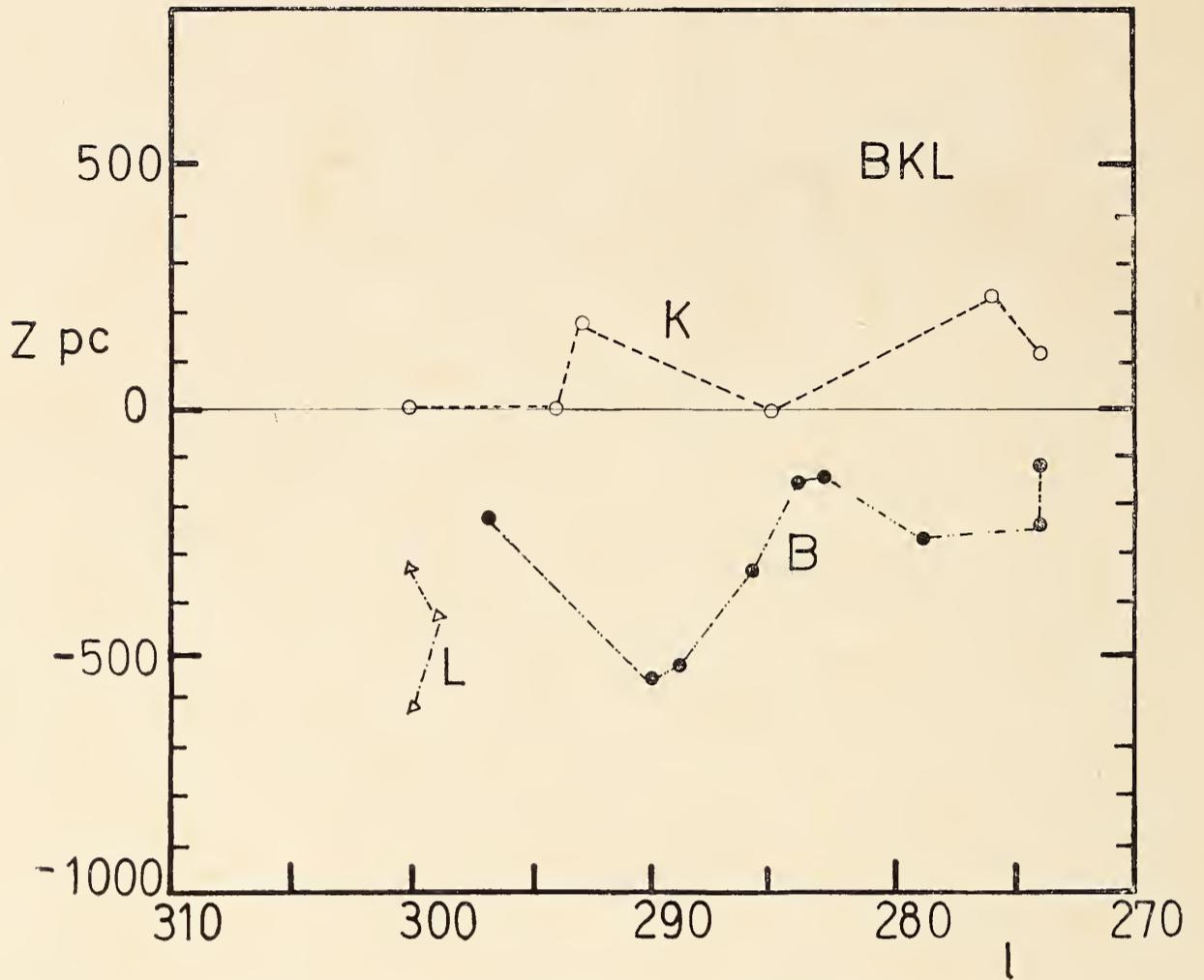


Fig. 6 b. — Idem que *a*, para las estructuras B, K y L.

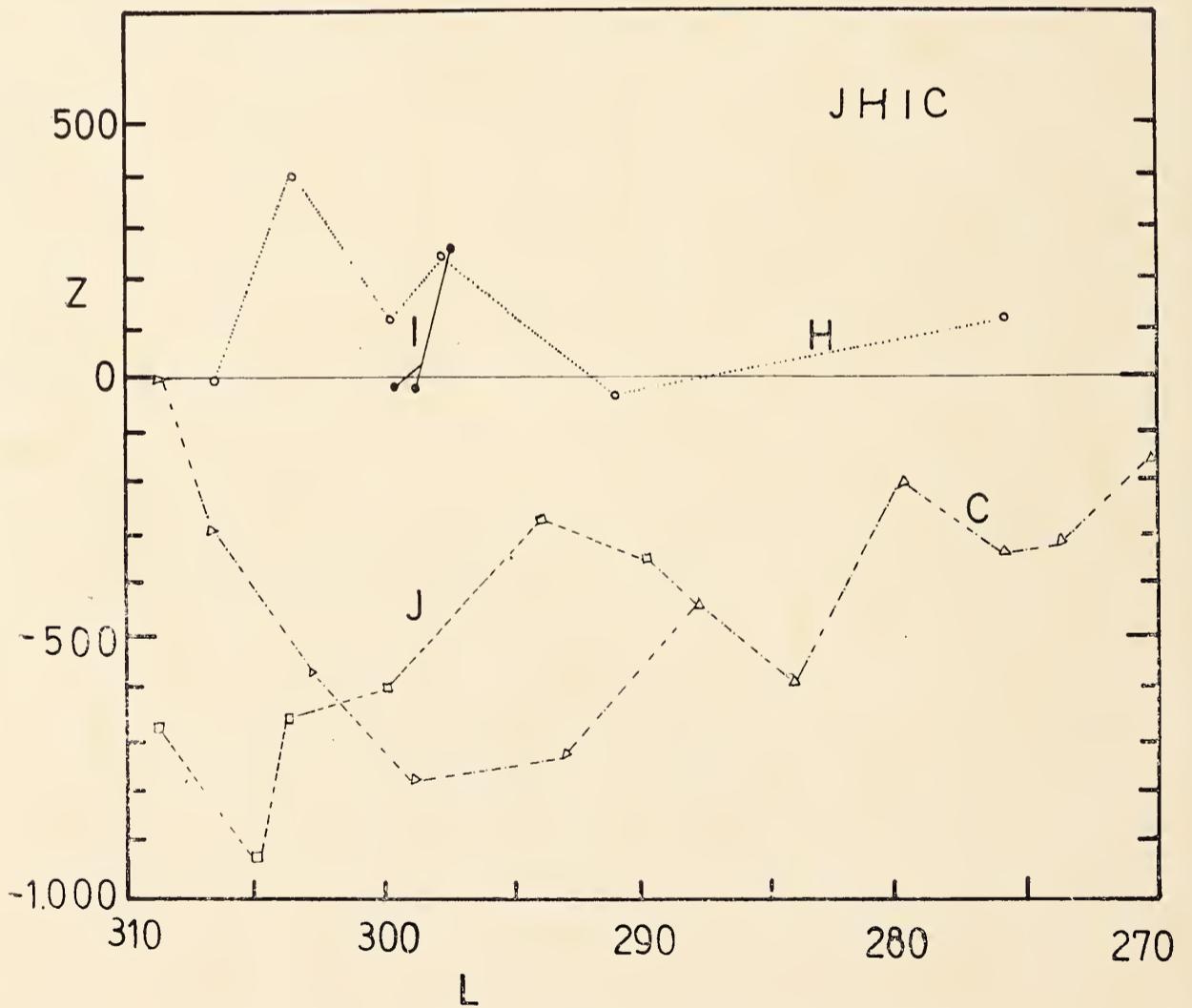


Fig. 6 c. — Idem que *a*, para las estructuras C, H, I y J.

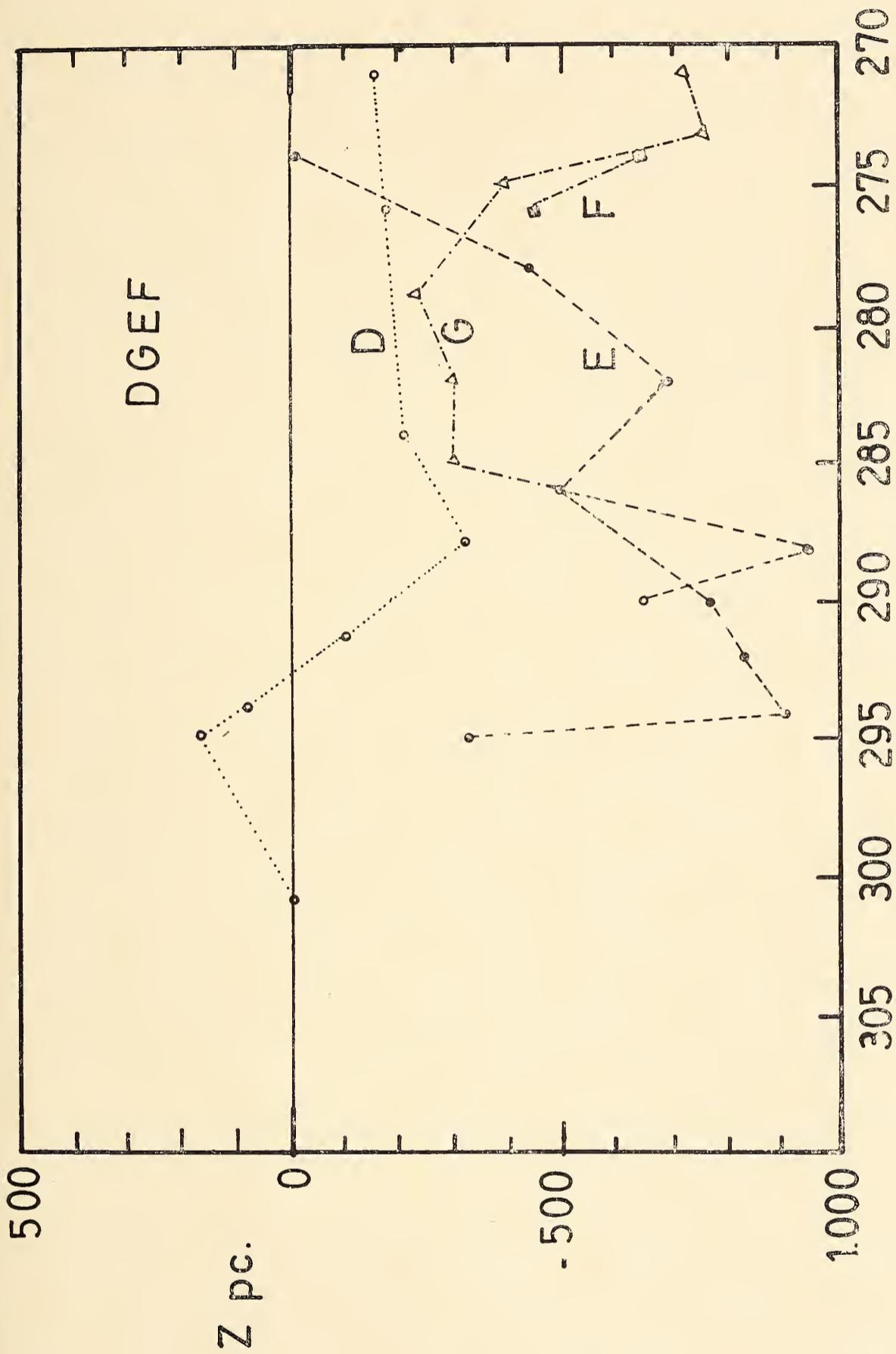


Fig. 6 d, — Idem que α , para las estructuras D, E, F y G.

En las figuras 6-a, b, c y d, se graficó la distancia al plano galáctico para las distintas estructuras en función de la longitud.

En base a estos dos gráficos y utilizando criterios acerca de la dispersión en velocidades, y tamaño de las concentraciones que se verán en detalle cuando estudiemos por separado cada una de las estructuras en los párrafos siguientes, se trazó el diagrama general dado en la figura 7.

Lo más importante que podemos visualizar en este gráfico, es que, si bien podemos decir que encontramos estructuras que aproximadamente siguen el criterio general de brazos espirales, éstas están totalmente quebradas en concentraciones cuyos valores de N_H , posiciones con respecto al plano, tamaño o dispersión en velocidades son muy variados.

Para cada una de estas estructuras se estudió la distribución de N_H con la longitud galáctica a lo largo de ellas y dicha variación está dada en las figuras 8-a, b, c. y d.

Los tamaños de las concentraciones, dados como áreas proyectadas, varían entre 100 y 1000 pc.². En algunos casos se encontraron valores más elevados pero se trata de concentraciones muy alejadas, las cuales sin duda no fue posible resolver.

a) *Concentraciones con velocidades negativas. Estructura P*

Son las más difíciles de clasificar y no todas ellas pudieron ser graficadas en la figura 7. El modelo de distribución de masas nos da dos posibles valores para la distancia en el caso de velocidades negativas y tan sólo en algunos casos fue posible decidir entre una de ellas.

Se utilizaron para ello dos criterios. En primer lugar la dispersión en velocidades, considerando que dispersiones pequeñas deben corresponder a distancias pequeñas, ya que una concentración con dispersión grande, puede tratarse de la suma de dos o más nubes individuales, situadas a una distancia grande por lo cual no se la puede resolver en sus componentes.

El segundo criterio fue considerar qué objetos con velocidades cercanas a cero, deben ser locales. Por ejemplo, la concentración número 4, tiene una velocidad de -42 Km/seg., que, según el valor de sus coordenadas, y a partir del Modelo N° 3 de Schmidt, nos da dos valores posibles para la distancia: 3.2 ó 9.0 Kpc. Creemos que a una velocidad tan alta, le debe corresponder una distancia grande.

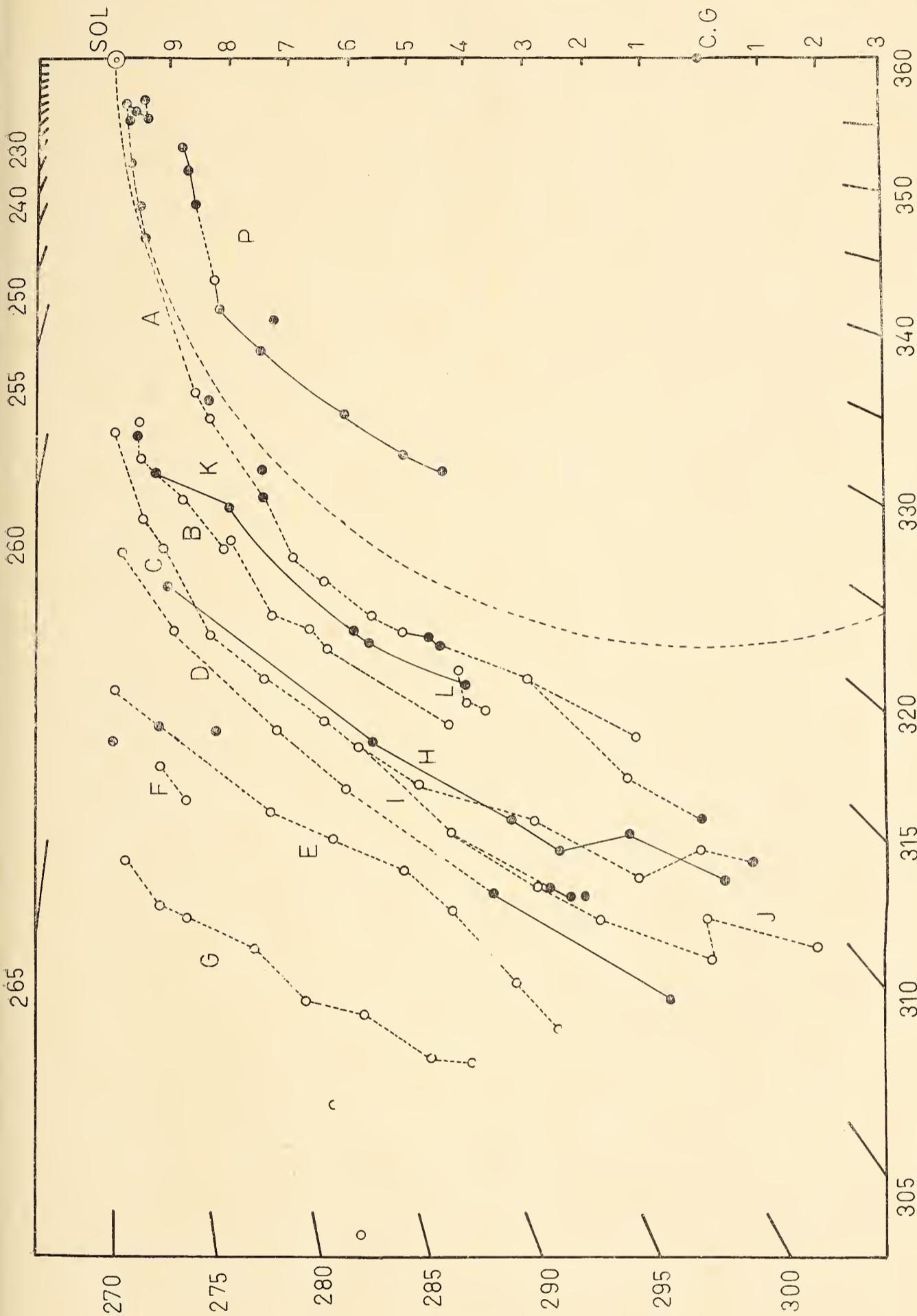


Fig. 7. — Diagrama general de estructura galáctica para las distintas estructuras encontradas. Las líneas llenas indican que la estructura está en 6 sobre el plano galáctico, las líneas de trazos indican que se encuentran por debajo de él. Las distancias se tomaron en base al modelo No 3 de Schmidt.

Por otro lado la dispersión en velocidades en esta concentración es de 12 km/seg., lo que apoya nuestra elección.

La concentración número 35, que tiene velocidad = 1 km/seg., a la cual corresponden $d_1 = 0.5$ Kpc. y $d_2 = 8.1$ Kpc., y para la cual la dispersión en velocidades es de 5 km/seg., es sin duda hidrógeno local y tomamos por ello la distancia menor.

Existen además las estructuras con velocidades prohibidas, a las cuales no fue posible asignarles un valor para la distancia y que por lo tanto, no fue posible graficar en la figura 7.

De esta forma se eligieron las concentraciones que se supone forman la "estructura P". Dicha estructura ya había sido identificada anteriormente por los Australianos. Kerr (1962), considera que se trata de una prolongación del brazo de Sagitario. Según nuestra figura, esta conexión es posible aunque no probable, por lo menos en la forma sugerida por Lyngå (1965), o sea mediante una porción de espiral logarítmica con un ángulo de "abertura" de 73° . Esto puede ser visualizado en la Figura 10, donde se superponen nuestros resultados en 21 cm con los ópticos dados por Lyngå.

En la Figura 6-a se graficó la posición de la estructura P con respecto al plano galáctico. Vemos que en su casi totalidad se encuentra en $b = 0$. Se inicia en $l = 309^\circ$, sigue por el plano hasta $l = 297^\circ$ donde se inclina 120 pc. por debajo de éste, para luego volver a subir en $l = 300^\circ$ y continuar en $z = 0$ hasta llegar nuevamente a $l = 309^\circ$.

En la Figura 8-a, podemos ver cómo varía NH a lo largo de la estructura P. Notemos que esta variación es una variación propia a lo largo del brazo y no es debida a su posición con respecto al plano galáctico.

b) *El hidrógeno local*

Es poco lo que podemos decir acerca del hidrógeno local a partir de nuestras observaciones. Es necesario observar a latitudes positivas y negativas mucho más elevadas para poder separarlo del brazo local. Se utilizaron para este análisis, observaciones realizadas por Goniadsky y Jech (1968), con el Radiotelescopio de 30 m del I.A.R.

Consideramos como estructuras pertenecientes al hidrógeno local a aquellas que además de tener velocidades positivas o negativas muy cercanas a cero, pueden seguirse en diagramas del tipo de los dados en las Figuras 2, a lo largo de todas las latitudes, para una longitud dada.

Otro factor que se tomó en cuenta es el valor de σ , o sea la dispersión en velocidades. Estas componentes presentan valores de σ bajos; pero en muchos casos no fue posible separar las compo-

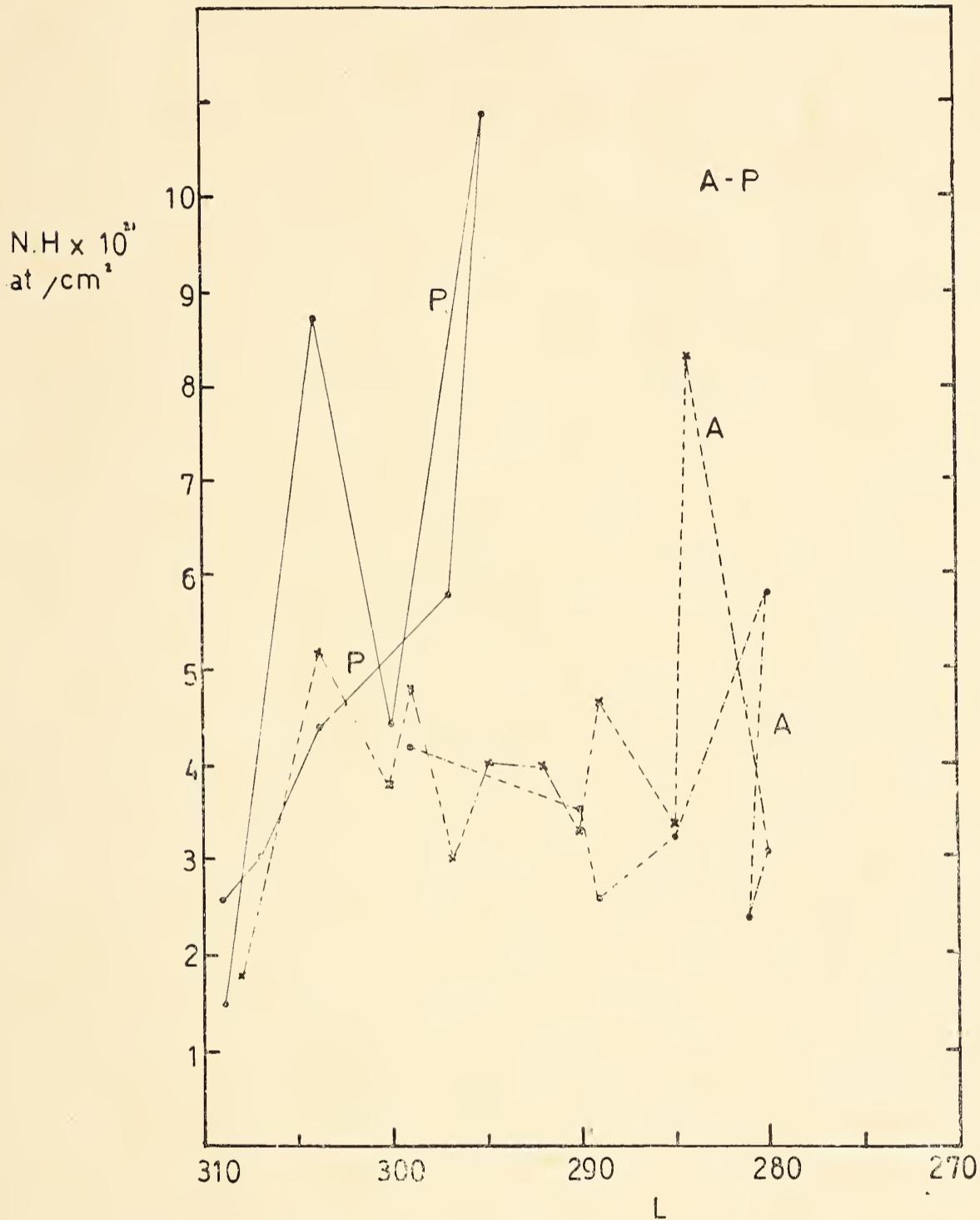


Fig. 8 a. — Distribución de los valores de N_H encontrados en función de la longitud para las estructuras P y A

ponentes del hidrógeno local de las de la estructura local por lo cual no podemos dar un valor para σ .

La distinción que hacemos entre hidrógeno local y estructura local es la siguiente:

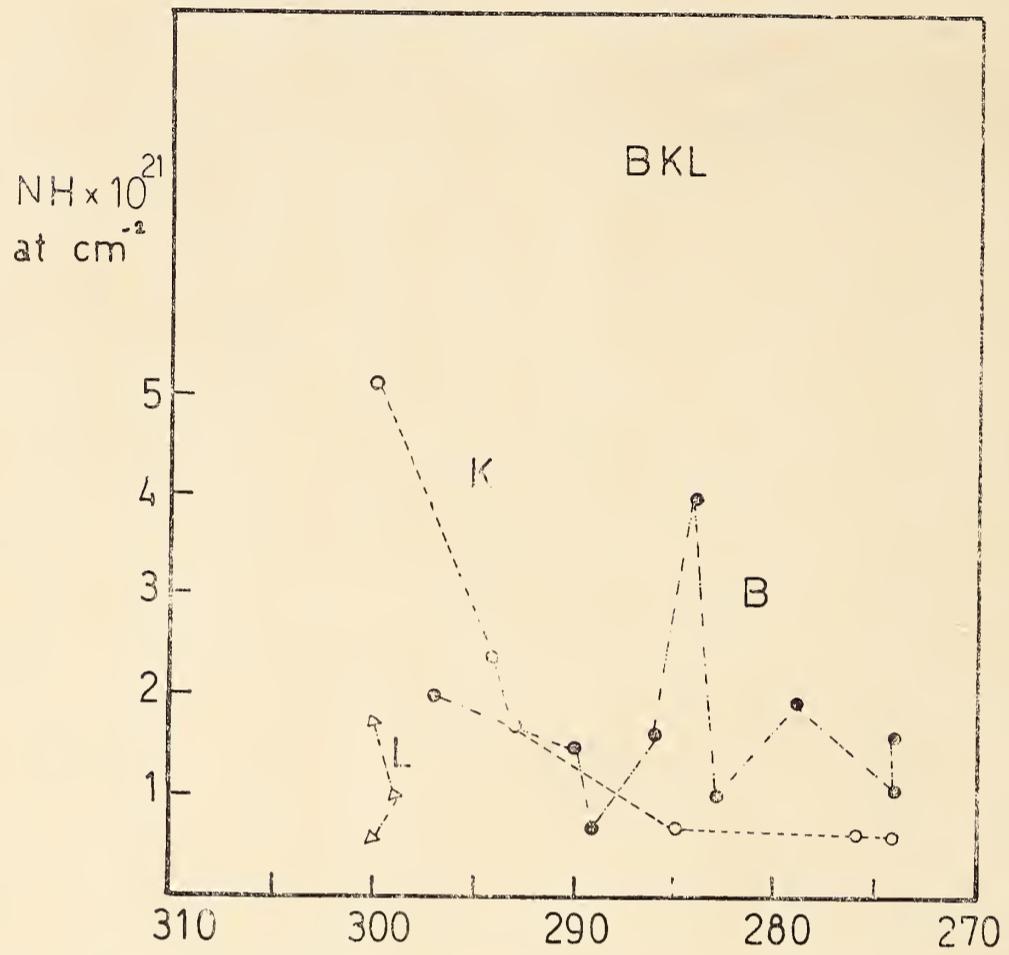


Fig. 8 b. — Idem que a, para las estructuras B, K y L

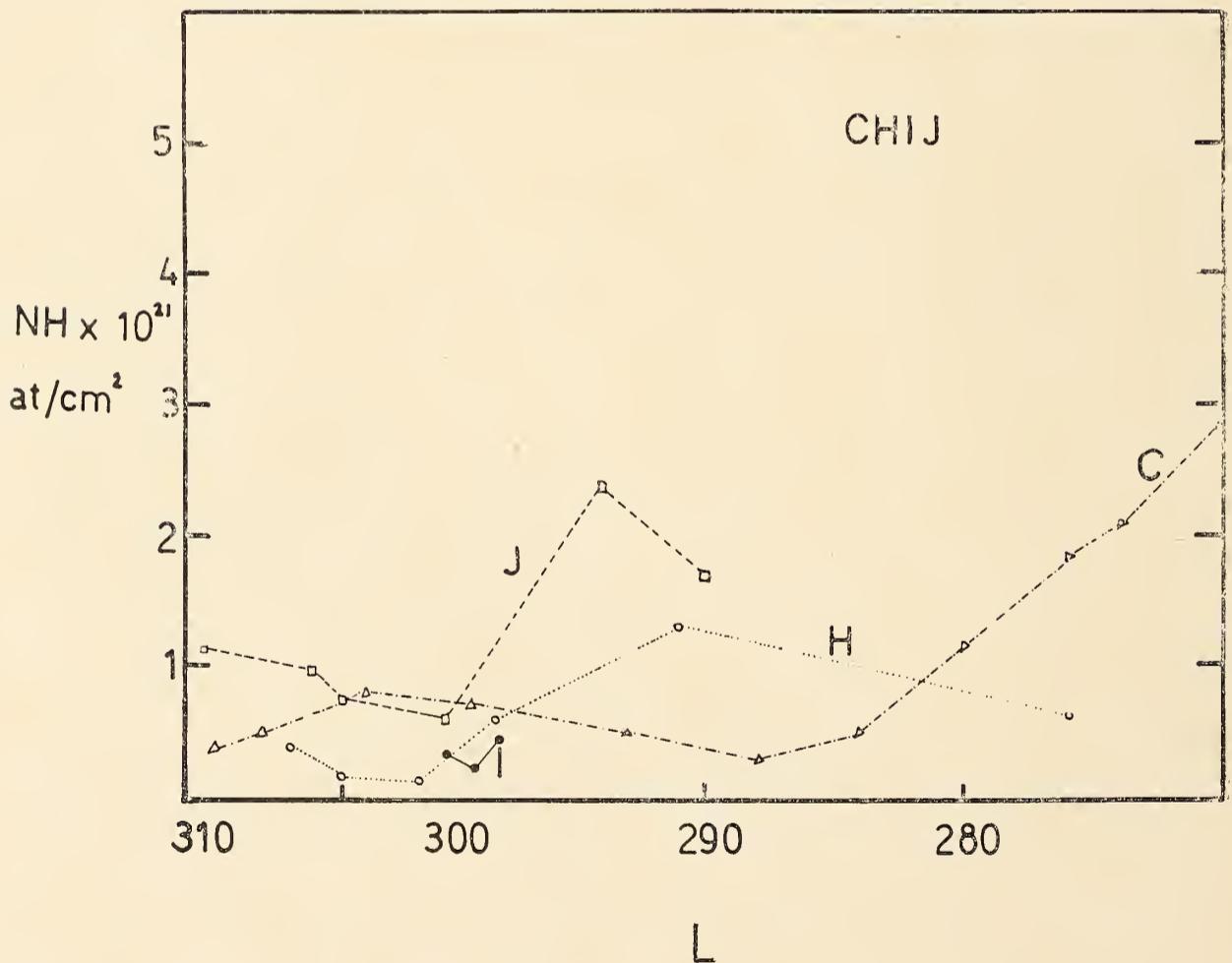


Fig. 8 c. — Idem que a, para las estructuras C, H, I y J

Una estructura está formada por concentraciones de distintos tamaños. Llamamos estructura local (o brazo local) a aquella que pasa por el sol. Hidrógeno local es aquel que nos rodea y que está

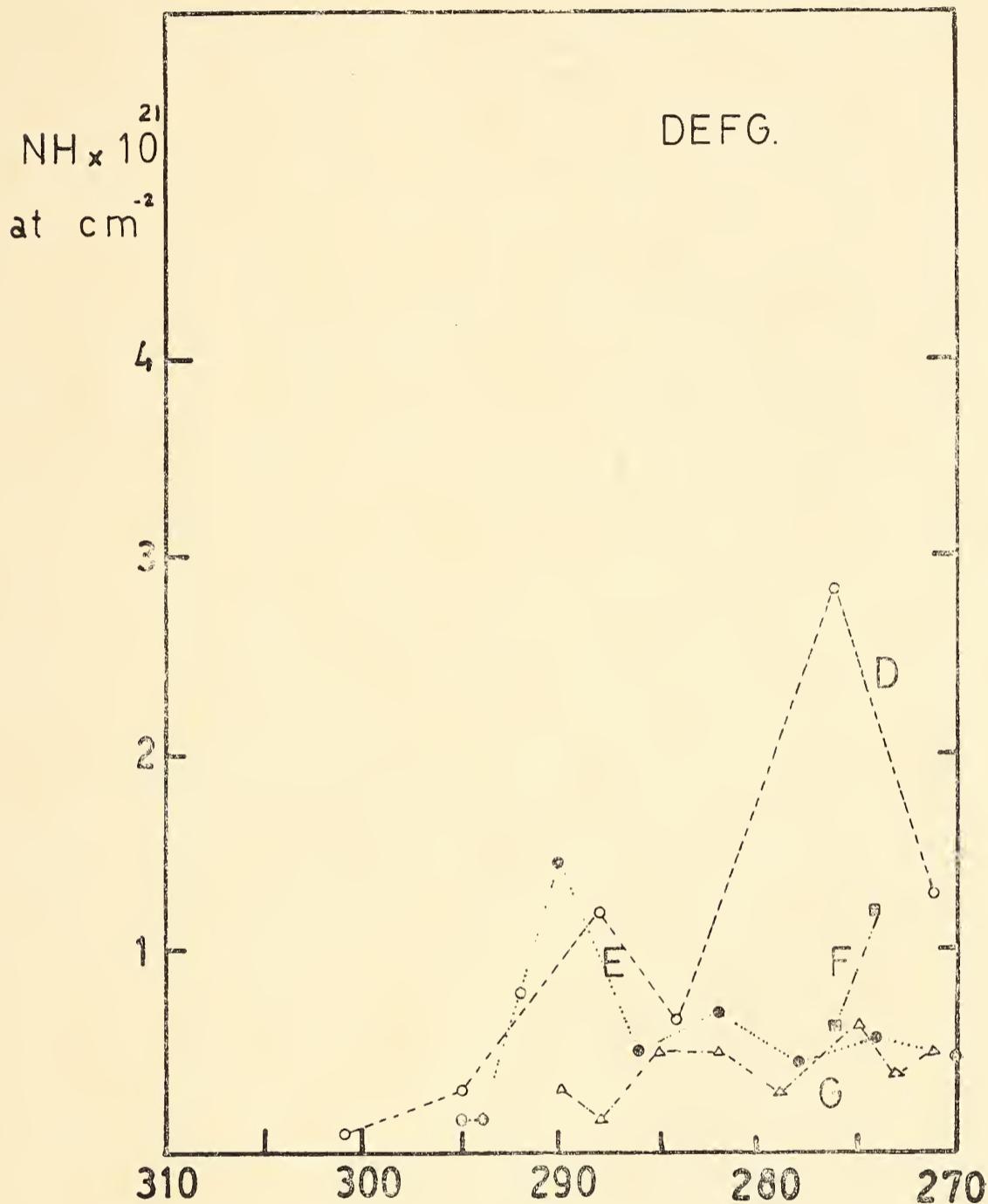


Fig. 8 d. — Idem que a, para las estructuras D, E, F y G

formado por pequeñas concentraciones de baja dispersión a velocidad cero. A latitudes bajas, estamos en una zona de gran concentración de hidrógeno debido a la estructura local. Es por eso que es necesario observar a latitudes altas para poder identificar las concentraciones locales.

Una vez identificadas las concentraciones locales, se puede hacer

un estudio de la distribución de la velocidad del hidrógeno local en función de la longitud (Figura 9). Vemos aquí que hasta $l = 279^\circ$ aproximadamente, las velocidades son positivas. A partir de este valor, se tornan negativas. Si tenemos en cuenta el modelo de rotación galáctica, esto sería un índice de que nos encontramos ubicados en el extremo interior de la estructura local.

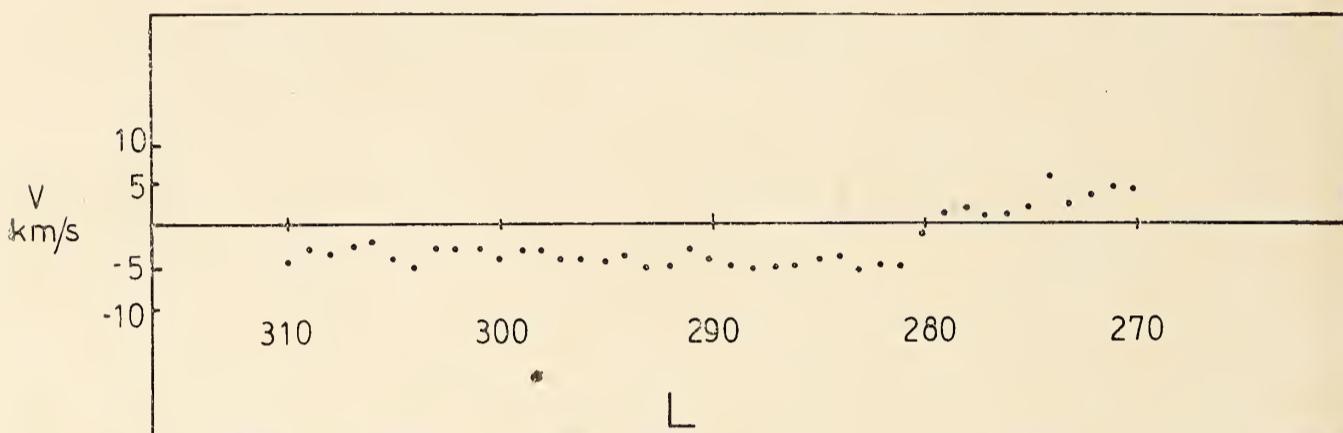


Fig. 9. — Distribución de la velocidad de las concentraciones de Hidrogeno local en función de la longitud

c) *El llamado brazo de Carina. Estructura A*

Las concentraciones que forman la estructura A, es lo que habitualmente se conoce en la literatura como el brazo de Carina.

La identificación de esta estructura presenta dificultades debido a que las concentraciones que la forman tienen velocidades negativas y positivas, por lo cual no fue posible identificarla en forma directa a partir de la Figura 5.

Para las concentraciones con velocidades positivas, la elección de un valor para la distancia, dentro de los errores ya mencionados, no presenta dificultad; para aquellas con velocidad negativa, fue necesario realizar el mismo tipo de análisis que se hizo con las concentraciones que forman P, vale decir se tomó en cuenta el valor de la velocidad y de la dispersión en velocidades.

De esta forma se llevaron las concentraciones al diagrama general (Figura 7). La forma de la estructura A, coincide en parte con la posición dada por los Australianos para el brazo de Carina.

Decimos que la coincidencia es parcial ya que de las figuras 5 y 7 se ve que esta estructura no pasa por el sol sino que más bien tiende a unirse con la estructura P en la dirección de Sagitario.

La afirmación de que no pasa por el sol, la basamos esencial-

mente en los resultados de la figura 5, ya que aquellos que envuelvan distancias son poco confiables. En esta figura se puede ver que la estructura A es positiva hasta $l = 280^\circ$ y que a partir de ahí se torna negativa. Vale decir que no encontramos en ella concentraciones con velocidad cero cerca de 270° .

Los primeros trabajos en los que se habla de una posible conexión entre Carina y Sagitario son los de Becker (1963) y Kraft & Schmidt (1963). Los resultados se basan en el estudio de asociaciones y cúmulos abiertos jóvenes (Becher) y Cepheidas jóvenes (Kraft & Schmidt).

Lyngå (1965) trató de verificar la existencia de este puente. Discute la posición de los brazos de espiral más cercanos entre el sol y el centro galáctico, utilizando los resultados obtenidos en sus estudios de la Vía Láctea desde Centauro a Norma (Lyngå, 1964) y otros datos publicados por diversos autores.

A partir de un gráfico en el que da la posición de los objetos que marcan la estructura espiral proyectados sobre el plano galáctico infiere que los brazos de Carina y Sagitario forman un único brazo que forma una espiral logarítmica con un ángulo de inclinación de aproximadamente 73° . En la Figura 10 se muestran superpuestos a los resultados ópticos de Lyngå, los de radio obtenidos en el hemisferio Sur en el presente trabajo, y en el hemisferio Norte por Henderson.

Por lo menos en la zona en que se superponen las observaciones, podemos decir que no hay coincidencia. Las cefeidas se encuentran localizadas entre las estructuras P y A y la conexión entre Carina y Sagitario no parece realizarse por lo menos en la forma sugerida por Lyngå; lo que sí parece ser que ambas estructuras apuntan hacia el brazo encontrado en el hemisferio Norte. De todas formas nuestras observaciones llegan tan sólo hasta $l = 310^\circ$, de manera que no podemos dar ningún resultado concreto a cerca del puente entre ambos brazos.

Un punto a favor de ello, está dado por el hecho de que la estructura A, por lo menos en la región cercana al sol se encuentra en el plano galáctico al igual que Sagitario. Esto se puede visualizar en la Figura 6-a donde está dada la variación de la posición de las concentraciones de A con respecto al plano galáctico, en función de la longitud galáctica. Vemos aquí que en la zona de velocidades negativas, la estructura se encuentra en $z = 0$, y que las desviaciones posteriores no son demasiado grandes.

La figura 8-a nos muestra la variación de N_H con la longitud a lo largo de la estructura. Los valores de N_H encontrados, lo mismo que los hallados en la estructura P, son en general superiores a los encontrados para otras estructuras. Esto puede deberse en principio a que siendo las estructuras más cercanas al centro galáctico, justifican el valor elevado de N_H , si suponemos que la densidad disminuye a medida que nos alejamos de él. La otra posibilidad es que se cometieran errores en la determinación de la dispersión en velocidades, ya que muchas estructuras son locales y si no son bien resueltas, nos dan un valor de σ mayor del real, lo que se manifiesta en un valor de N_H elevado.

d) *Estructuras B, K, L.*

Este grupo de estructuras son claramente distinguible a través de los diagramas de contorno y son a la vez fácilmente separables entre sí.

El rango de velocidades que cubren es el siguiente: para la estructura K, las velocidades están comprendidas entre 28 y 32 km/seg.; para L, 29 y 36 km/seg. y para la estructura K tenemos una variación de velocidades entre 40 y 46 km/seg.

En la Figura 6-b podemos ver que la estructura K se encuentra formada por concentraciones en y sobre el plano galáctico, mientras que las concentraciones que forman la estructura B están totalmente por debajo de -100 pc., alcanzando en $l = 290^\circ$ la distancia máxima de $z = -550$ pc.

La estructura L parecería ser un desprendimiento de alguna de ellas. En la Figura 8-b se graficó la variación de N_H a lo largo de estas estructuras. La estructura K muestra un extraño incremento en densidad a medida que aumentan las longitudes mientras que la estructura B presenta variaciones con la longitud típicas.

La estructura L presenta nuevamente el caso en que N_H disminuye a medida que nos alejamos del plano. Es ésta una de las estructuras en la cual las concentraciones que la forman muestran valores muy elevados para la dispersión en velocidades ($\bar{\sigma} \simeq 23$ km/seg.).

e) *Estructuras C y H*

Estas estructuras fueron consideradas en un principio como una única estructura, debido a que abarcaban el mismo rango de velocidades y presentaban valores para la dispersión en velocidades muy parecidos.

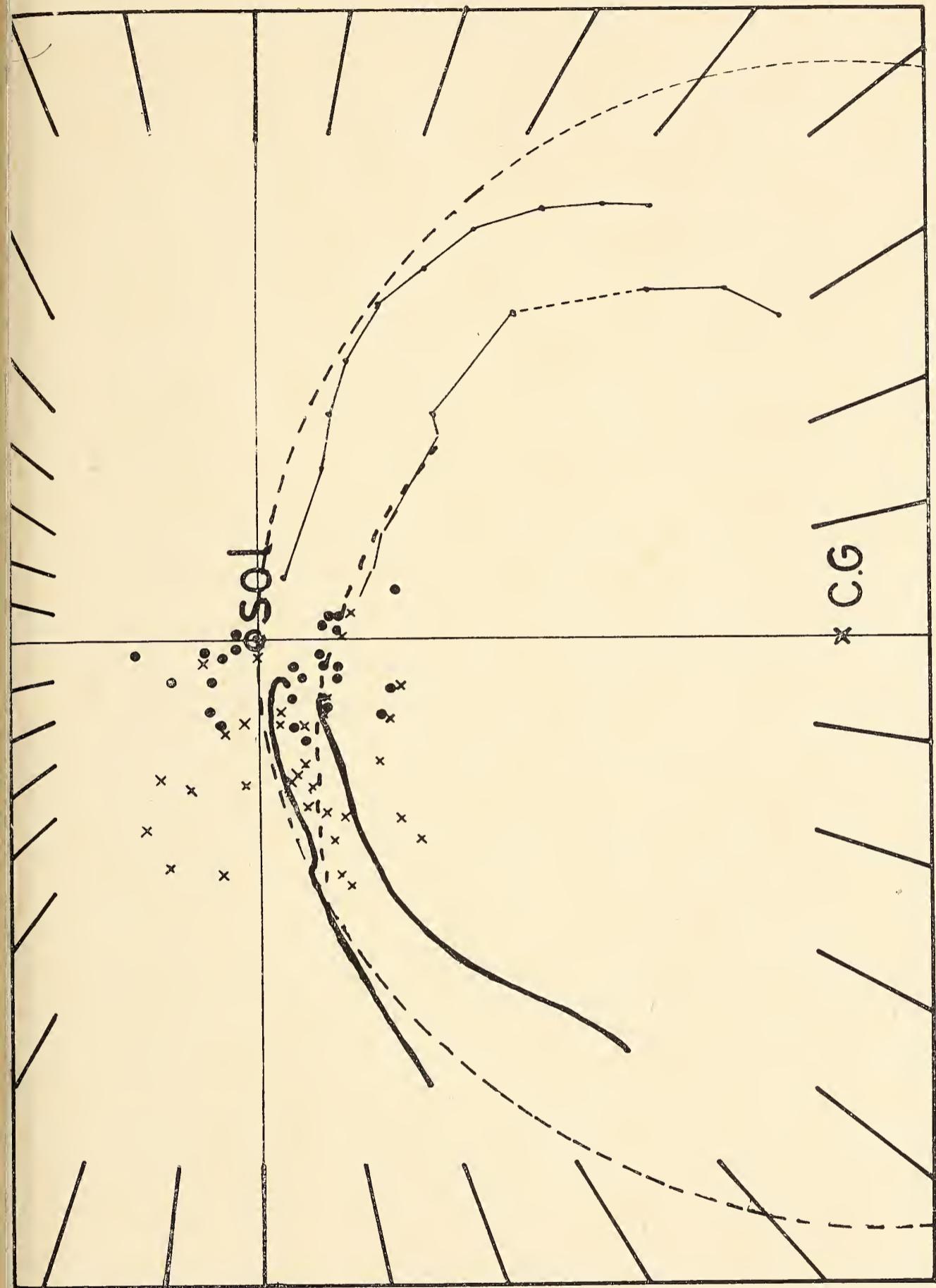


Fig. 10. — Proyección sobre el plano galáctico de los indicadores de la distancia; ● Asociaciones y cúmulos jóvenes; × Cefeidas; Líneas llenas: estructuras de Hidrógeno; las del hemisferio occidental galáctico pertenecen al presente trabajo y las del hemisferio oriental a Hender-son; Línea de trazos: porción de espiral logarítmica con un ángulo de 73° .

Las velocidades de las concentraciones que forman la estructura C varían entre 50 y 65 km/seg. y los correspondientes valores para la estructura H están entre 63 y 65 km/seg.

La dispersión promedio para las concentraciones que forman C es de $\bar{\sigma} \simeq 13$ km/seg. y para la estructura H se encuentra el valor $\bar{\sigma} \simeq 14$ km/seg.

Asimismo, el rango de variación de N_H encontrados y dados en la Figura 8-c, es aproximadamente el mismo para ambas estructuras. Lo que nos llevó a considerarlas como dos estructuras separadas es su posición con respecto al plano galáctico. En la Figura 6-c se puede ver claramente que mientras la estructura H se inicia a 150 pcs. por encima del plano galáctico y se mantiene en o sobre él a lo largo de todas las longitudes, la estructura C, se inicia a 100 pcs. por debajo del plano, se sigue internando hasta alcanzar el valor de $z = -760$ pc. en $l = 299^\circ$ para luego subir hasta $z = 0$ en $l = 309^\circ$.

La posible conexión entre la concentración 71 ($l = 276^\circ$, $b = 1^\circ$) y el resto de la estructura a través de la concentración 73 ($l = 291^\circ$, $b = 0^\circ$), es dudosa debido a que a pesar de que la concentración 73 es una estructura relativamente ancha que abarca desde $l = 289.5$ hasta $l = 292.5$, la estructura 71 es angosta, va desde $l = 275^\circ$ hasta $l = 277^\circ$, lo que las sitúa en forma distante.

Es por eso que nos inclinamos a creer que la concentración 71 es una concentración aislada. Podría pensarse en una conexión con la estructura C, pero esto es poco probable debido a la diferencia en cuanto a posiciones con respecto al plano existente entre ambas.

f) Estructuras I y J

La estructura J puede considerarse como una bifurcación de la estructura C; esto se puede ver en la Figura 5 donde es clara la continuidad en velocidades, y en la figura 6-c donde vemos la posición de las estructuras con respecto al plano galáctico.

La estructura J alcanza en $l = 305^\circ$ la distancia al plano de -930 pc. y este valor probablemente es aún más elevado debido a que se trata de una concentración de la cual tan sólo conocemos la cresta superior por no llegar nuestras observaciones más abajo de $b = -3^\circ$.

Por otra parte los valores de la dispersión ($\bar{\sigma} \simeq 15$ km/seg.) y los de N_H dados en la Figura 8-c son muy parecidos a los de las

estructuras C y H. Las velocidades de las concentraciones que forman J varían desde 70 km/seg. en $l = 293^\circ$, $b = -1$ hasta 93 km/seg. en $l = 298^\circ$, $b = 3^\circ$.

La estructura I es un conjunto de 3 nubes de pequeñas dimensiones angulares ubicadas en y sobre el plano galáctico y que pueden o no estar relacionadas con la estructura J.

La dispersión media entre ellas es de 14 km/seg y sus velocidades varían entre 80 y 86 km/seg.

La conexión directa con la estructura J se torna dudosa a partir de la Figura 6-c que nos da la posición de las estructuras respecto del plano galáctico. Lo que sí creemos que puede suceder es que lo estuvieran en algún momento y que se separaran luego por efectos del tipo inclinación del plano. Esto va a ser discutido en mayor detalle en el próximo capítulo.

g) Estructura D

Las concentraciones que forman D, son claramente visibles en los diagramas de contorno, y fácilmente separables del resto.

Esta estructura se encuentra por debajo del plano galáctico hasta aproximadamente $l = 290^\circ$, como se puede ver en la Figura 6-d.

Las concentraciones que forman esta estructura entre $l = 270^\circ$ y 290° , son concentraciones angularmente anchas, lo que hace suponer que están conectadas entre sí. Por ejemplo la concentración 89, cuyo máximo de intensidad está en $l = 276^\circ$, $b = -1^\circ$, se extiende angularmente entre $l = 273^\circ$ y $l = 278^\circ$.

No sucede lo mismo con las dos últimas concentraciones. La concentración 93 ($l = 295^\circ$, $b = 1^\circ$) puede ser considerada como de dimensiones medianas. La temperatura no es, por otro lado, muy baja, pero es menor que la del resto de las concentraciones que forman la estructura. Lo mismo sucede con la dispersión en velocidades ($\sigma = 10$ km/seg.). El valor de \bar{v} para la estructura es de 15 km/seg.

Pero la estructura 83, localizada en $l = 301^\circ$, $b = 0^\circ$, posee dimensiones realmente pequeñas. Es lo que podríamos llamar una nubecita. Su temperatura es baja ($T = 8^\circ$ K) y la dispersión en velocidades pequeña ($\sigma = 6$ km/seg.).

Tenemos entonces dos posibilidades para el comportamiento de la estructura D. La primera es que se extienda realmente por debajo del plano galáctico hasta $l = 290^\circ$ y que las otras concentraciones

sean simplemente concentraciones aisladas situadas en y sobre el plano. La segunda posibilidad es que estén todas conectadas por lo menos hasta $l = 295^\circ$.

Nos inclinamos, en principio por la primera posibilidad, debido a que parece ser éste un fenómeno que se repite para la mayoría de las estructuras en esta zona.

El rango de velocidades cubierto por esta estructura está entre 75 y 90 km/seg., si no consideramos la última concentración cuya velocidad es de 100 km/seg. La variación de N_H con la longitud, está dada en la Figura 8-d.

h) Estructuras E y F

La estructura E se encuentra en su casi totalidad por debajo del plano galáctico.

Los valores dados para z en la Figura 6-d son, en la mayoría de los casos, tan sólo límites superiores, ya que muchas de las concentraciones se continúan obviamente por debajo de $b = -3^\circ$, lo que está fuera del alcance de nuestras observaciones. Dos casos típicos son las estructuras 110 y 111 situadas en $l = 290^\circ$, $b = -3^\circ$ y $l = 292^\circ$, $b = -3^\circ$ respectivamente.

En las Figuras 4 correspondientes a estas concentraciones se puede ver que tan sólo estamos considerando de ellas la cresta superior.

El rango de variación en velocidades para las concentraciones que forman E está entre 92 y 113 km/seg.

Una concentración peculiar es la 107 ($l = 272$, $b \leq -3$, $v = 99$ km/seg.). Se trata de una concentración muy intensa y muy angosta ($T = 40^\circ K$, $\sigma = 8$ km/seg.) de la cual probablemente tan sólo estamos considerando el extremo superior.

La concentración 114 es lo que anteriormente denominamos como nubecita y nuevamente, puede o no estar ligada al resto de la estructura.

En la Figura 8-d están representados los valores de N_H , pero debemos recalcar nuevamente que estos valores son aproximados ya que no conocemos totalmente la estructura.

Las concentraciones que forman la estructura F, presentan características muy similares de las que forman E y por ello fueron tratadas en conjunto. Presentan velocidades parecidas entre 105 y 107 km/seg.; nuevamente los valores de la dispersión y de N_H da-

dos en la figura 8-a son tan sólo aproximados por tratarse de concentraciones que se extienden por debajo de $b = -3^\circ$.

No fue considerada sin embargo la estructura F como una bifurcación de la estructura E por la diferencia en cuanto a posición con respecto al plano galáctico existente entre ambas en la zona donde podría efectuarse la unión. (Esto se puede ver claramente en la Figura 6-d.)

Posiblemente se trate de la continuación de alguna estructura que se inicie a longitudes galácticas menores, o de un posible desprendimiento de la estructura E.

Entre las estructuras D y E, se encontró una concentración que en principio no puede considerarse asociada a ninguna de ellas. Se trata de la concentración número 90, situada en $l = 279^\circ$, $b = 0^\circ 5'$, con una velocidad de 88 km/seg. Presenta un valor para la dispersión en velocidades muy elevado ($\sigma = 20$ km/seg.) como para ser incluida dentro de la clasificación de nubecita y se encuentra por encima del plano galáctico en una región donde la tendencia general de las concentraciones es hacia los valores de z negativos.

i) Estructura G

Las concentraciones que forman G, son en general de gran extensión angular y alta velocidad de dispersión ($\bar{\sigma} \simeq 19$ km/seg.). Esto sin duda se debe a que se trata de concentraciones que por encontrarse muy distantes, no han sido resueltas en sus componentes.

De gran parte de ellas sólo conocemos su cresta superior por tratarse como en casos anteriores de concentraciones que se encuentran por debajo de $b = -3^\circ$. Valen por lo tanto las consideraciones que se hicieron en el punto anterior en cuanto se refiere a su posición con respecto al plano galáctico (Figura 6-a) y valores de N_H (Figura 8-d).

Lo que sí podemos afirmar es que se encuentran en su totalidad por debajo de los 200 pc. y que los valores de N_H para ellas encontrados son pequeños ($N_H < 0.7 \times 10^{21}$ átomos/cm²).

La estructura 112, $l = 290^\circ$, $b = -2^\circ$, $v = 117$ km/seg., no presenta las mismas características que las restantes. Posee una velocidad de dispersión pequeña ($\sigma = 10$ km/seg.) y se extiende en latitudes entre $-1 \leq b \leq -3^\circ$. Esto nos hace pensar que se trata más bien de una nubecita que puede o no estar relacionada con el resto de la estructura.

Todas estas concentraciones poseen velocidades muy elevadas comprendidas entre 116 y 123 km/seg.

j) *Dos concentraciones aisladas de alta velocidad*

En el diagrama de contorno dado en las figuras 3 para $b = -3^\circ$ y $280^\circ \leq l \leq 290^\circ$, podemos ver que para $v = 133$ km/seg. y $v = 151$ km/seg. nos encontramos con dos concentraciones de baja intensidad que se extienden entre $280^\circ \leq l \leq 284^\circ$ y $280^\circ \leq l \leq 283^\circ$ respectivamente.

Dichas concentraciones no parecen estar relacionadas con las estudiadas anteriormente.

Como no se realizaron observaciones por debajo de $b = -3$, no podemos saber si se continúan o no a latitudes negativas mayores. Lo que sí podemos decir es que no se evidencian en $b = -2$.

Puede tratarse por lo tanto de crestas de concentraciones ubicadas a valores de z aún más negativos, lo cual nos permite pensar que en dicha dirección, que coincide con la posición que la Nube mayor de Magallanes el plano sigue internándose hacia latitudes negativas. Es por lo tanto de sumo interés continuar las observaciones en dicha región.

IV. 3. Variación de N_H con la distancia al centro galáctico

En la Figura 11 se representaron los valores de N_H encontrados para las distintas concentraciones en función de la distancia al centro galáctico.

En principio se nota una disminución de la densidad con la distancia pero cabe hacer notar que los valores máximos de N_H los encontramos a 10 Kpc. del centro galáctico. Esto coloca de alguna manera al sol en una posición privilegiada.

Este hecho podría explicarse de dos formas; la primera significa un error en el modelo de distancias y la segunda un error en el cálculo de las densidades lineales. Esta segunda posibilidad tiene dos fuentes factibles de error. La primera es la temperatura. Hemos supuesto que la temperatura cinética es uniforme y tiene el mismo valor para todas las concentraciones y esto bien puede no ser cierto.

La segunda fuente de error está en la dispersión de velocidades. Cerca del sol, se pueden detectar concentraciones de pequeño tamaño y alta intensidad. Algunas veces estas pueden no ser fácil-

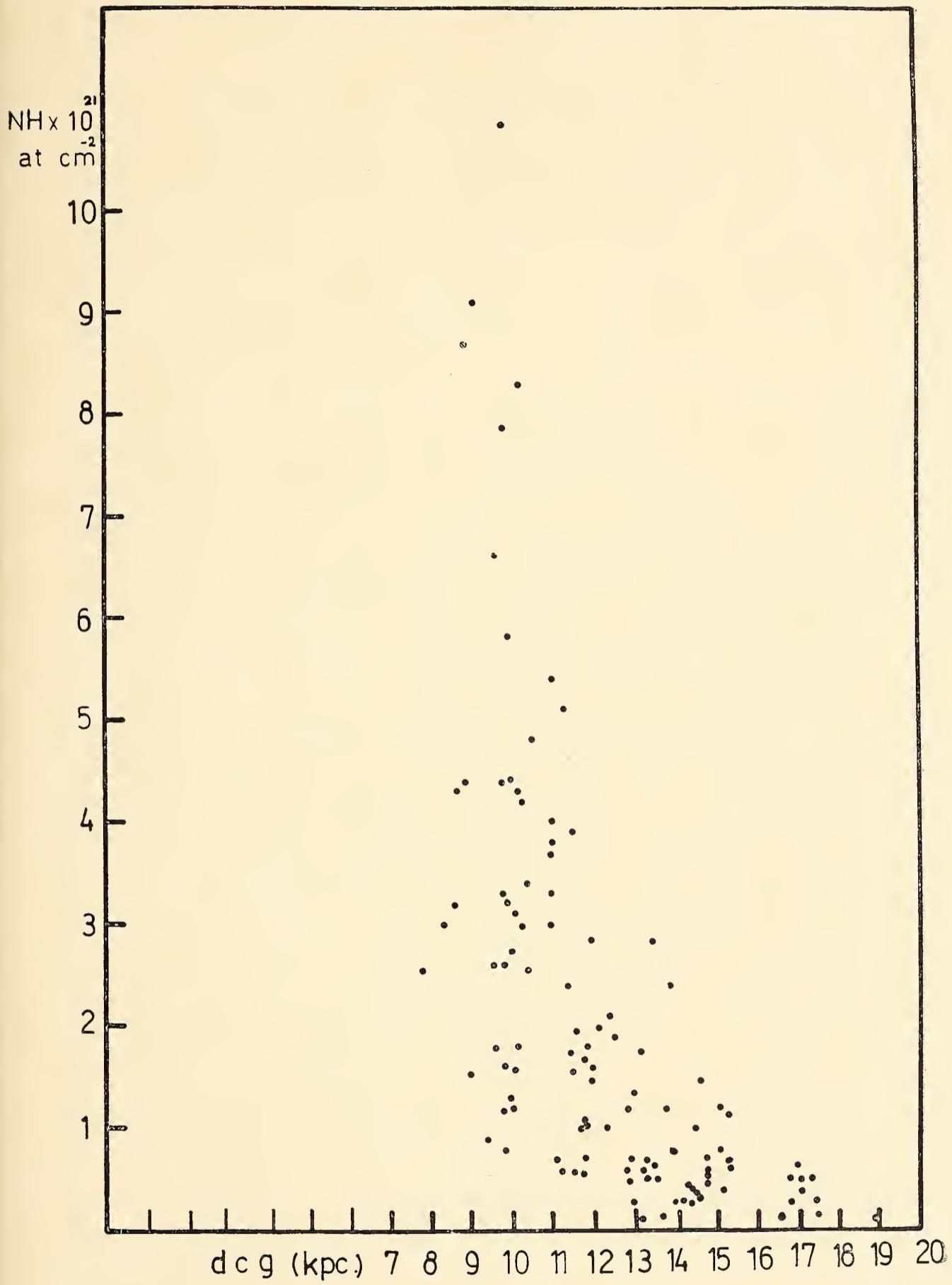


Fig. 11. — Variación de N_H con la distancia al centro galáctico

mente resueltas y el resultado se puede traducir en un valor elevado para la dispersión en velocidades, lo que implica un valor grande de N_H .

En principio ambas posibilidades, error en la distancia o en N_H , parecen factibles ya que si bien la segunda tiene peso por tratarse de un error experimental, debemos recordar que en el capítulo IV-1, se encontraron serias divergencias con el modelo de masas. Esto nos lleva a pensar con fundamento que todas las distancias dadas pueden estar afectadas de serios errores.

IV. 4. Cono de ausencia

Otro punto que cabe hacer notar, es el llamado "cono de ausencia". Sher (1965), encontró que el cono formado entre las latitudes $277^\circ \leq l \leq 281^\circ$, era una región de mínima actividad. Afirma que la ausencia de objetos de Población I detectables, particularmente de aquellas componentes fácilmente reconocibles como cefeidas y regiones $H\alpha$, es real.

Según nuestras observaciones, encontramos ausencia real de hidrógeno en la región comprendida entre $270^\circ \leq l \leq 278^\circ$, hasta la distancia de 6 Kpc. A lo largo de $l = 280^\circ$, estamos mirando en forma tangente al brazo de Carina.

Según vimos al principio del capítulo, cuando tratamos la estructura A, la coincidencia entre las observaciones ópticas y de radio no era buena por lo menos en esta región. Ambos brazos, el óptico y el de radio, estaban desfasados en cuanto a distancia al centro galáctico.

Es por lo tanto razonable que aparezcan corridas a su vez, las zonas de poca actividad.

Sher encuentra tres cefeidas en la región entre $270^\circ \leq l \leq 275^\circ$, para distancias al sol menores que 6 Kpc.; nosotros no hemos encontrado ninguna concentración en esa zona.

Creemos por lo tanto que el cono de ausencia es real en cuanto a objetos ópticos se refiere. Está acompañado por una región de mínima actividad de hidrógeno corrida en longitudes.

Si los objetos jóvenes, se formaron a partir del Hidrógeno existente en los brazos, y se fueron alejando de ellos a medida que fueron evolucionando, es lógico que exista esta diferencia en posición para las zonas de máxima y mínima actividad.

V. INCLINACION DEL PLANO GALACTICO

Si miramos detenidamente las figuras 4, notamos que a medida que las velocidades de las concentraciones son más elevadas, es decir, cuando más lejos del centro están, el centro geométrico de las mismas se corre cada vez más hacia latitudes negativas. Lo mismo se desprende del diagrama general (Figura 7) donde los brazos externos se encuentran a grandes distancias del plano galáctico.

Los primeros en notar esta inclinación del plano galáctico fueron Kerr (1957) y Burke (1957), y las causas a las cuales puede deberse fueron discutidas por muchos autores.

Como el máximo de la desviación por ellos encontrada está en la dirección de la Gran Nub de Magallanes, las primeras consideraciones llevaron a pensar en efectos causados por las Nubes.

Sin embargo Kerr y Burke encontraron que los efectos observados son de uno o dos órdenes de magnitud más grandes que los que podrían causar efectos simplemente gravitatorios. Si las Nubes juegan algún papel en la distorsión, parecería ser que alguna otra fuerza, a parte de la gravitatoria debe ser la responsable de ella.

Actualmente existen varias teorías tendientes a explicar el fenómeno.

Elwert y Halblick (1965) suponen que si las Nubes describen una órbita alrededor de la Galaxia, el efecto neto de las perturbaciones hasta el primer orden se translucirá en una regresión de los nodos de las órbitas galácticas con respecto al plano orbital de las Nubes. Esta regresión de los nodos es lo que llaman "componente de resonancia" del movimiento. Entonces las órbitas galácticas se inclinan alrededor de un eje perpendicular al plano orbital de las Nubes de Magallanes.

La velocidad de regresión se incrementa con el radio de la órbita galáctica. Si la desviación máxima presente está en la dirección de las Nubes, esto puede deberse a una simple coincidencia. Actualmente se cree que esta teoría no es totalmente válida.

Otra teoría es que un viento intergaláctico que ejerza una presión en el gas interestelar que se mueve en órbitas galácticas (Kahn y Woltjer 1959), tenderá a torcer dichas órbitas alrededor de un eje coincidente con la dirección fija del viento. La desviación máxima del plano ocurriría en principio a 90° de la dirección del viento a partir del centro galáctico. La situación se torna más com-

plicada si la componente estelar ejerce una fuerza apreciable hacia el plano.

Lyndel-Bell, (1965), demostró por otro lado que una desviación entre el vector momento angular de la galaxia y su eje de simetría puede dar como resultado grandes desviaciones del plano alrededor de ciertos valores de la distancia al centro.

La Figura 12 es un diagrama de contorno en el cual las líneas indican la posición con respecto al plano (valores encontrados de z) para las distintas estructuras estudiadas.

Las líneas llenas indican valores de z negativos y las líneas de trazos, valores positivos.

En este diagrama es obvia la tendencia general del plano hacia latitudes negativas. En principio parecería ser que dicha tendencia está dada en la dirección de $l = 280^\circ$, pero no debemos olvidar que estos contornos sobre todo a grandes distancias del centro galáctico corresponden a cotas superiores ya que muchas de las concentraciones no las conocemos en su totalidad.

Un estudio hacia latitudes más negativas de las mismas podría situarlas en valores de Z aún más negativas.

Cabe señalar en dicho diagrama la presencia de estructuras en y sobre el plano, superpuestas a la anteriores. Como ya vimos en el capítulo anterior se trata por lo general de concentraciones de pequeñas dimensiones angulares y valores bajos de intensidad.

Este tipo de nubes pueden estar así localizadas en forma aleatoria o bien puede tratarse de un remanente de materia desprendida del plano galáctico cuando este sufrió los efectos de una fuerza de gran intensidad que lo llevó a su posición actual.

Podría tratarse asimismo del hecho conuinado de la deformación del plano, más una expansión de la galaxia. Vale decir, si el gas estaba en expansión, algunas de las nubes que se encontraban afectadas por este movimiento, al torcerse el plano, el movimiento resultante sobre ellas por la composición de los dos movimientos (deformación gravitatoria más expansión) podría haberlas localizado por encima de la posición final en que el plano quedó.

Esta hipótesis podría verificarse observando otras regiones por encima y debajo del plano, tratando de verificar si el fenómeno se repite en toda la galaxia o está presente únicamente donde el plano se inclina.

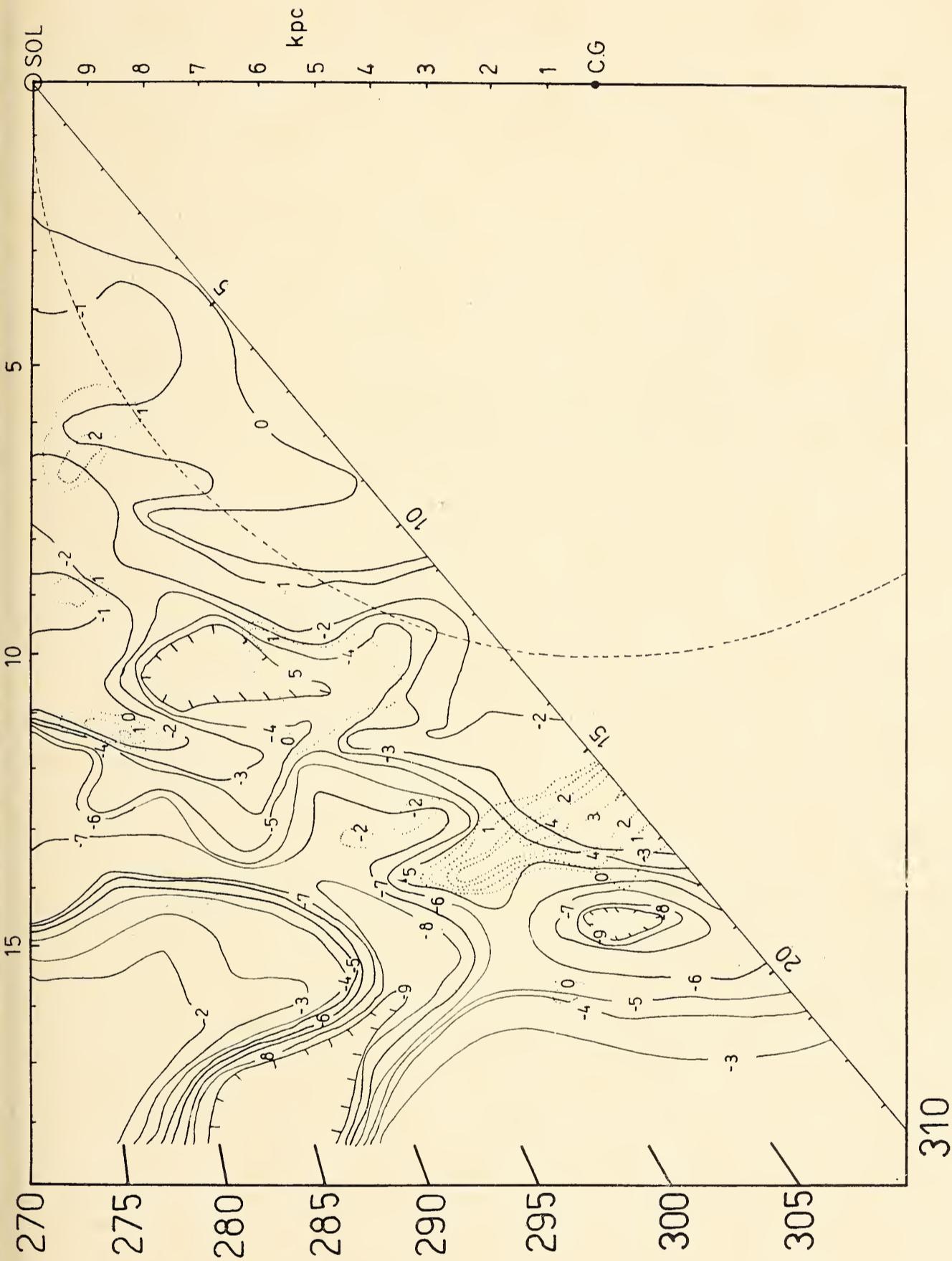


Fig. 12. — Inclinación del plano galáctico. Las líneas indican la posición con respecto al plano galáctico de las distintas concentraciones. Las líneas llenas indican valores de Z negativos y las de puntos, valores de Z positivos

VI. CONCLUSIONES

Trataremos ahora de resumir y ordenar los resultados y las conclusiones a las cuales hemos llegado en los capítulos anteriores.

Los primero que debemos hacer notar es la poca confiabilidad de la determinación de la distancia o a cerca de la temperatura del gas.

Encontramos por un lado, concentraciones que poseen velocidades prohibidas por el modelo de masas. Asimismo, en el estudio de la variación de la densidad líneal con respecto al plano galáctico, nos encontramos con el sol en una posición privilegiada.

Esto se puede deber a errores en la distancia, en la temperatura, (supuesta uniforme para todas las concentraciones), o en la determinación de la dispersión de velocidades, para lo cual se supone que las componentes tienen formas gaussianas.

Todo esto nos lleva a pensar en errores en los modelos utilizados y a considerar que los resultados obtenidos se deben considerar como una figura aproximada de la realidad.

Los cálculos que realizamos para la estimación de los posibles errores cometidos, nos indican que si bien para velocidades muy pequeñas (menores de 10 Km/seg.) los errores en la distancia pueden alcanzar, para algunas longitudes, el valor de 3.6 Kpc., a velocidades mayores, estos pueden ser del orden de 0.4 Kpc.

Del análisis general de las observaciones, surge en forma muy notable, la atomización de las estructuras. Una estructura está formada por una sucesión de concentraciones de características parecidas (velocidad, tamaño, dispersión en velocidades, posición con respecto al plano galáctico) y en algunos casos es posible resolver dentro de estas concentraciones nubes de dimensiones muy pequeñas.

Esto se puede ver claro en el hidrógeno local, debido a que siendo el más cercano y factible de detectar en todas las direcciones, es el más simple de resolver.

El sol está ubicado, según se estudió la distribución del signo de la velocidad del hidrógeno local, en el extremo interior de la estructura local y posiblemente dentro de una de las concentraciones que la forman.

Es fácil encontrar a velocidad cero, concentraciones pequeñas, de baja dispersión, y alta temperatura, sobre todo si miramos a latitudes por encima y por debajo del plano, donde podemos separar la estructura local del hidrógeno local.

El aspecto general que presenta la zona estudiada, es a grandes razgos, el de concentraciones que se agrupan para formar estructuras que dan el aspecto general de estructura espiral. El análisis detallado de estas estructuras nos muestra que en varios casos se bifurcan ya sea en el plano, o tomando direcciones diferentes con respecto a él.

El brazo de Carina, para nosotros estructura A, no parece pasar por el sol, sino que tiende a unirse a la estructura P, para seguir juntas luego en la dirección de Sagitario.

La posición de estas estructuras no coincide con la de las estructuras dadas por medio de objetos ópticos, pero el llamado "cono de ausencia" es real aunque aparece desfasado en longitudes.

Las concentraciones encontradas son variadas en cuanto a sus características, y cabe hacer notar la presencia de gran cantidad de ellas con altas velocidades y a distancias negativas muy grandes del plano.

La inclinación del plano se hace evidente en la región estudiada. La tendencia general está dada en la dirección de la Gran Nube de Magallanes. A distancias del centro galáctico del orden de los 18 Kpc., encontramos concentraciones por debajo de los 950 pc. del plano galáctico.

Cabe hacer notar la presencia de concentraciones de baja temperatura y dispersión en velocidades y pequeñas dimensiones angulares ubicadas esencialmente en y sobre el plano galáctico, en aquellas regiones donde las estructuras se inclinan por debajo de él. Suponemos que puede tratarse de desprendimientos o remanentes de materia, que quedaron así localizadas luego que el plano sufrió los efectos de alguna fuerza de gran intensidad que lo llevara a su actual posición.

AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer en particular al Dr. Carlos Varsavsky por su apoyo y supervisión de la presente investigación.

A los Dres. Carlos Jaschen y Frank Kerr, por sus valiosas discusiones.

Al Centro de Cálculo de la Universidad Nacional de La Plata, en la persona del Dr. Jacobo Gordon, por permitirme el uso de su computadora para la reducción de las observaciones, a todo su per-

sonal, en especial a los Sres. Guido Gliser y Horacio Murias por su colaboración en la elaboración de los programas, y a la Srta. Elida Fernández quien ayudó en la ejecución de los mismos.

Por último, y en especial, a todo el personal del Instituto Argentino de Radioastronomía, quienes de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo.

Durante el período en que se llevó a cabo la presente investigación, la autora contaba con una Beca Interna del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

REFERENCIAS

- Abt, H. A., Bautz, L. P. 1963, *Ap. J.* 138, 1002.
 Becker, W. 1964, 58, 202.
 Burke, B. F. 1957, *A. J.*, 62, 90.
 Elwert, G., Hablick, D. 1965, *Z. Astrophysic*, 61, 273.
 Fletcher, E. S. 1963, *A. J.*, 68, 407.
 Goniadski, D., Jech, A. 1968, Comunicación privada.
 Gum, C. S., Kerr, F. J., Westerhout, G. 1960, *M. N.*, 121, 132.
 Hindman, J. V. 1968, Comunicación privada.
 Kahn, F. D., Woltjer, L. 1959, *Ap. J.*, 130, 705.
 Kerr, F. J. 1957, *A. J.*, 62, 93.
 — 1962, *M. N.*, 123, 327.
 Kerr, F. J., Westerhout, G. 1965, Vol. 5 de la serie Stars and Stellar Systems, Univ. of Chicago Press, Chicago, 167.
 Kostyakova, N. S. 1965, *Astr. Zu.*, 42, 537 (*Soviet Astr.*, 9, 426, 1965).
 Lynds, B. T. 1967, *Sky and Telescope*, 34, N° 1, 18.
 Lynden-Bell, D. 1965, *M. N.*, 129, 299.
 Lynga, G. 1965, *Lund Medd. Series II*, N° 139, 140 y 141, 1964, N° 142 y 143, 1965.
 — 1966, Mount Stromlo Observatory Symposium on « Radio and Optical Studies of the Galaxy ». 61.
 Lohmann, W. 1954, *Z. Ap.*, 35, 90.
 Muller, C. A., Westerhout, G. 1957, *B. A. N.*, 13, 201.
 Parenago, P. P. 1955, *Astronom, Zh. U. R. S. S.*, 32, 226.
 Pronik, I. I. 1965, *Astr. Zu.*, 42, 923 (1966, *Soviet Astr. A. J.*, 9, 709).
 Schmidt, M. 1957, *B. A. N.*, 13, 247.
 Schmidt-Kaler, Th. 1966, *Trans. I. A. U. XII B*, 417.
 Sher, D. 1965, *Q. J. R. A. S.*, 6, 299.
 van de Hulst, H. Muller, C. A., Oort, J. H., 1954, *B. A. N.*, 12, 117
 Vieira, E. R. 1968, Tesis Doctoral, Universidad Nacional de Buenos Aires.
 Westerhout, G. 1957, *B. A. N.*, 13, 201.

506.82
3678

ANALES

DE LA

SOCIEDAD CIENTIFICA

ARGENTINA

DIRECTOR : Cap. de Navío (R.) EMILIO L. DIAZ

NOVIEMBRE-DICIEMBRE 1969 — ENTREGAS V-VI — TOMO CLXXXVIII

SUMARIO

Pág.

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS Nº 15

JORGE A. TRENCH, ROBERTO SUAYA Y JOSÉ F. WESTERKAMP, Estudios de relajación dieléctrica en la región de microondas en cloroanilinas	161
I. DÜMLER Y P. KITTL, Influencia del estado superficial en la epitaxia del oro sobre la plata	177
A. L. MONTES, J. E. D. DE MAZZA Y M. R. LANDOLFI, Ensayos de separación de enterobacterias de alimentos mediante antibióticos	187
BIBLIOGRAFÍA	201

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

ZULMA J. A. DE CASTELLANOS Y ROBERTO MENNI, Nota preliminar sobre distribución de los cefalópodos del atlántico sudoccidental. Lista de especies incluyendo las del sector antártico	205
--	-----

BUENOS AIRES
AVDA. SANTA FE 1145

1969



SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA

SOCIOS HONORARIOS

Ing. Enrique Butty
 Dr. Bernardo A. Houssay
 Dr. Selman Waksman
 Dr. Florentino Ameghino †
 Dr. Valentín Balbín †
 Ing. Santiago E. Barabino †
 Dr. Carlos Berg †
 Dr. Germán Burmeister †
 Ing. Vicente Castro †
 Ing. Enrique Chanourdie †
 Dr. Carlos Darwin †

Dr. Alberto Einstein †
 Dr. Enrique Ferri †
 Dr. Angel Gallardo †
 Dr. Benjamín A. Gould †
 Dr. Cristóbal M. Hicken †
 Dr. Eduardo L. Holmberg †
 Ing. Luis A. Huergo †
 Ing. Eduardo Huergo †
 Dr. Mario Isola †
 Dr. Juan J. J. Kyle †

Dr. César Lombroso †
 Ing. Guillermo Marconi †
 Dr. J. Mendizábal Tambo †
 Dr. Walter Nernst †
 Dr. R. A. Phillippi †
 Dr. Guillermo Rawson †
 Dr. Alfredo Sordelli †
 Dr. Carlos Spegazzini †
 Dr. Pedro Visca †
 Dr. Estanislao S. Zebal

JUNTA DIRECTIVA (1969-1970)

<i>Presidente</i>	Ing. José S. Gandolfo
<i>Vicepresidente 1º</i>	Dr. César A. de la Vega
<i>Vicepresidente 2º</i>	Dr. Roberto F. Recoder
<i>Secretario</i>	Ing. Agr. Eduardo Pous Peña
<i>Prosecretario</i>	Dr. Aldo R. J. Paoli
<i>Tesorero</i>	Agrim. Antonio M. Saralegui
<i>Bibliotecario</i>	Dr. Horacio H. Camacho
<i>Vocales Titulares :</i>	Ing. Alberto Bilotti
	Ing. Agr. Santiago Boaglio
	Ing. Agr. Juan J. Burgos
	Dr. Benito S. Colqui
	Dr. Martiniano Leguizamón Pondal
	Clmte. Rodolfo N. M. Panzarini
	Dr. Alfredo Pavlovsky
	Ing. Agr. Enrique M. Sívori
	Dr. Andrés O. M. Stoppani
	Ing. Eduardo Braun Cantilo
	Ing. Andrés E. Garlan
	Ing. Pablo R. Gorostiaga
	Cap. de Corb. Néstor C. L. Granelli
	Dr. Carlos A. Márquez
	Dr. Jorge R. A. Vanossi

Vocales Suplentes

SECCIONES DEL INTERIOR *Comisión Directiva*

San Juan

Presidente
 Doctor Indalecio Carmona Ríos
Vicepresidente
 Ingeniero Fernando Volponi
Secretario
 Profesor César H. Guerrero
Tesorero
 Doctor Duilio S. Graffigna
Vocales Titulares
 Doctor Antonio Aguilar
 Ingeniero Santiago S. Graffigna
 Ingeniero Luis Autard
Vocales Suplentes
 Doctor Pablo Alberto del Carril
 Doctor Emilio Maurin Navarro
 Ingeniero Humberto Quiroga
 Echeagaray
 Ingeniero Jorge G. de Luca
Revisores de Cuentas
 Ingeniero Emilio L. Romito
 Ingeniero Enrique Gatti
 Enólogo Alberto Baistrocchi

Santa Fe

Presidente
 Dr. Argentino A. Bonetto
Vicepresidente
 Dr. Ezio Emiliani
Secretario
 Prof. Clarice T. Pignalberi
Tesorero
 Ing. Quím. Enrique A. Virasoro
Vocales
 Ing. Quím. Guillermo Berraz
 Ing. José M. Parera

La Plata

Presidente
 Ing. Roberto Diego Cotta
Vicepresidente
 Ing. Camilo B. Rodríguez
Secretario
 Dr. Luis M. Boggia
Prosecretario
 Ing. Horacio C. Albina
Tesorero
 Dr. Teodoro G. Krenkel
Protesorero
 Ing. Pedro Diego Jensen
Vocales
 Dr. Max Birabén, Dr. Horacio
 Bibiloni, Dr. Jorge J. Romano,
 Dr. Rodolfo Disalvo, Dra. Elisa
 L. Danna, Ing. Aaron Benson
 e Ing. José G. Román
 Yalour.

ESTUDIOS DE RELAJACION DIELECTRICA EN LA REGION DE MICROONDAS EN CLOROANILINAS

POR JORGE A. TRENCH, ROBERTO SUAYA Y JOSE F. WESTERKAMP ¹

RESUMEN

Se ha aplicado un método para la medición de tiempos de relajación dieléctrica de moléculas polares en solventes no polares. Se han medido ϵ' y ϵ'' para diferentes concentraciones molares de las moléculas polares de benceno, usando una técnica de onda estacionaria. Se da el diseño de la celda dieléctrica de microondas con el corto-circuito móvil. Se han determinado los valores de tiempos de relajación y de momentos dipolares en benceno para o-, m- y p-cloroanilinas. Los resultados se interpretan en términos de momentos de unión.

También se ha determinado el momento dipolar estático de dichas sustancias en solución, a bajas frecuencias, usándose una celda dieléctrica coaxial de dos electrodos y un puente de capacitancias GR.

ABSTRACT

A method has been applied to the measurement of dielectric relaxation times of polar molecules in non-polar solvents. ϵ' and ϵ'' have been measured for different molar concentrations of the polar molecules in Benzene, using a technique of standing waves. The design of the microwave dielectric cell with the moving short-circuit, is given. The values of dipole moments and relaxation times in Benzene of o-, m- and p-Chloroanilines have been determined. The results are interpreted in terms of bond moments. The static dipole moments of the above mentioned substances in solution, at low frequencies, using a two-electrodes, coaxial-electrodes, coaxial dielectric cell and a G. R. Capacitance Bridge, have been also determined.

¹ Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires.

I. INTRODUCCION

Según se posean momento dipolar permanente o no, las moléculas se clasifican en dos tipos: polares y no polares. Estas últimas, puestas en presencia de un campo eléctrico, adquieren un momento dipolar *inducido* por deformación que, para campos no demasiado intensos, es proporcional al mismo.

El momento dipolar permanente se debe a la ausencia de simetría esférica en la molécula. El caso más conocido es el del agua, H_2O , en la cual, las uniones O-H no se encuentran sobre la misma recta, sino formando un ángulo de unos 105° ; el Hidrógeno y el Oxígeno se comportan como iones positivo y negativo y, por consiguiente, las moléculas de agua presentan un momento dipolar eléctrico en la dirección que bisecta el ángulo de unión.

En ausencia de campo eléctrico, los dipolos moleculares se orientan al azar; la polarización resultante es, pues, nula (efecto macroscópico). En presencia de campo, los dipolos moleculares se orientan según el campo, dando lugar a una polarización no nula denominada *Polarización por orientación*, la cual debe sumarse a la polarización *inducida* por el campo. Esta última, como hemos visto, aparece también en moléculas no polares y se debe al desplazamiento elástico de las partículas desde su posición de equilibrio.

En gases de moléculas polares, sus dipolos asociados son fácilmente orientables según el campo eléctrico externo, pero la agitación térmica se opone a que dicha orientación sea *completa*, es decir, a que todos los dipolos estén orientados paralelamente al campo. La razón de que sean fácilmente orientables es que, en un gas, las distancias intermoleculares son relativamente grandes, y por lo tanto, las fuerzas entre moléculas son pequeñas; o dicho de otro modo, la interacción dipolo-dipolo es despreciable.

Basándose en estas consideraciones, P. Debye (1) dedujo para la *polarizabilidad* por orientación, en presencia de un campo eléctrico estático, la siguiente expresión:

$$\alpha'_0 = \frac{\bar{\mu}}{E} = \frac{\mu^2}{3kT} \quad (1)$$

con la condición

$$\mu E < kT$$

siendo $\bar{\mu}$ = momento dipolar medio en la dirección del campo;
 μ = momento dipolar eléctrico elemental de la molécula;
 α'_0 = polarizabilidad por orientación (macroscópica)
 T = temperatura absoluta ($^{\circ}\text{K}$)
 k = constante de Boltzmann.

Era razonable esperar la dependencia inversa respecto de la temperatura, en virtud de que, al aumentar ésta, crece la agitación térmica y por lo tanto, disminuye la polarización del material.

A la polarización por orientación debe sumarse la polarización inducida, que es proporcional al campo eléctrico E e independiente de T . Luego, el momento dipolar medio total en la dirección del campo es la suma de ambas contribuciones:

$$\bar{\mu} = \alpha_0 E + \frac{\mu^2 E}{3 kT} = (\alpha_0 + \alpha'_0) E = \alpha E \quad (2)$$

α_0 = polarizabilidad por deformación inducida.

Debye dedujo también una expresión que liga la constante dieléctrica con la polarización P en presencia de un campo estático (y para gases):

$$P = \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0 + 2} \frac{M}{d} = \frac{4 \pi N}{3} \alpha = \frac{4 \pi N}{3} \left(\alpha_0 + \frac{\mu^2}{3 kT} \right) \quad (3)$$

donde:

ϵ_0 = constante dieléctrica estática

M = peso molecular, d = densidad; N = número de moléculas por mol.

P = polarización molar.

Para sustancias no polares, (3) se reduce a la expresión de Clausius-Mosotti, por ser $\mu = 0$:

$$P = \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0 + 2} \frac{M}{d} = \frac{4 \pi N}{3} \alpha_0 \quad (3')$$

Con respecto al orden de magnitud de los dos términos que contribuyen a la polarización de una sustancia polar en un campo eléctrico E , se tiene: tomando valores razonables para las magnitudes que aparecen en (3):

$$n = 1,5, \quad M = 100, \quad d = 1, \quad N = 6 \times 10^{23} \quad \therefore \quad \alpha_0 = 10^{-23}$$

En cuanto a μ , es de esperar que su valor no difiera mucho del producto de la carga electrónica multiplicada por una distancia intermolecular del orden del Angstrom, o sea:

$$\mu = 4,8 \times 10^{-10} \times 10^{-8} = 4,8 \times 10^{-18}.$$

Tomando $E = 1$ y $k = 1,38 \times 10^{-16}$ y $T = 300^\circ \text{K}$, se tiene:

$$\alpha'_0 \sim 10^{-23}$$

O sea: ambas contribuciones a la polarización son del mismo orden (para campos no demasiado elevados), a pesar de que el momento dipolar permanente es mucho mayor que el inducido.

La ecuación (3) es válida para sustancias polares en estado gaseoso; si tratamos de aplicarla a líquidos polares puros, ya no es posible desprestigiar la interacción dipolo-dipolo y dicha ecuación deja de ser útil. No obstante, en soluciones diluidas de líquidos polares en solventes no polares, tales como el benceno, la interacción mencionada es pequeña y la ecuación de Debye sigue siendo una buena aproximación.

Para la mezcla de dos sustancias, la ecuación (3) puede escribirse:

$$P_{1,2} = \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0 + 2} = \frac{4 \pi N n_1 \alpha_1}{3} + \frac{4 \pi N n_2 \alpha_2}{3} \quad (4)$$

siendo n_1 y n_2 el número de moléculas por unidad de volumen de cada sustancia. Escrita la (3) en términos de fracciones molares, es:

$$P_{1,2} = \frac{\epsilon_0 - 1}{\epsilon_0 + 2} = \frac{4 \pi N}{3} \cdot c_1 \alpha_{10} + \frac{4 \pi N}{3} c_2 \alpha_{20} \quad (5)$$

siendo:

$$\left. \begin{aligned} c_1 &= \frac{n_1}{n_1 + n_2}, & c_2 &= \frac{n_2}{n_1 + n_2} \\ P_1 &= \frac{4 \pi N}{3} c_1, & P_2 &= \frac{4 \pi N}{3} c_2 \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$P_{1,2} = c_1 P_1 + c_2 P_2 = P_1 + (P_2 - P_1) c_2$$

ϵ_0 es la constante dieléctrica de la solución.

Si la sustancia 1 es no polar, su contribución a la polarización de la mezcla es una constante.

La expresión (6) muestra que P_{12} , polarización molar de la solución, crece linealmente con la concentración del soluto; esto sólo vale si la concentración del soluto, c , es pequeña, pues en caso contrario tiene lugar la interacción dipolo-dipolo y la aproximación de Debye deja de ser válida. Es importante tener en cuenta este factor en la realización de los experimentos.

Con el objeto de explicar la dependencia respecto de la frecuencia del campo aplicado, de la polarización de orientación, se ha introducido el concepto de *tiempo de relajación*. Al ser aplicado un campo eléctrico variable, los dipolos no se orientan instantáneamente en la dirección del campo, debido a la resistencia que opone la viscosidad del medio a la orientación molecular. El tiempo de relajación mide la rapidez con que dichos dipolos se orientan y viene definido como el lapso en que la polarización se alcanza $1/e$ de su valor máximo, al aplicar el campo externo.

Para moléculas esféricas, de radio "a" en un fluido viscoso (viscosidad η), Debye (1) obtuvo la siguiente expresión para el tiempo de relajación:

$$\tau = \frac{4 \pi \eta a^3}{kT} \quad (7)$$

la cual es solamente una aproximación, pues en el caso general, las moléculas no son esféricas y el η que interviene es el coeficiente de frotamiento microscópico, distinto del observado macroscópicamente.

La relajación dieléctrica es la causa de la dispersión anómala, en que la constante dieléctrica decrece al aumentar la frecuencia. Para el estudio de este fenómeno se introduce la constante dieléctrica compleja ϵ^* (ω) que da cuenta del mismo.

La relación entre la constante dieléctrica *compleja*, ϵ^* , el momento dipolar μ y el tiempo de relajación τ fue obtenida por Debye. Ella es:

$$\frac{\epsilon^* - 1}{\epsilon^* + 2} \frac{M}{d} = P(\omega) = \frac{4 \pi N}{3} \alpha_0 + \frac{4 \pi N \mu^2}{9 kT} \cdot \frac{1}{1 + i\omega\tau} \quad (8)$$

donde:

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'' \quad (9)$$

Para aplicar (8) a soluciones diluidas de líquidos polares en solventes no polares, deben tomarse en cuenta los dos términos que aparecen en (6), recordando que P_1 es constante siempre que C_2

sea suficientemente pequeña. ϵ^* es la constante dieléctrica de la solución.

Todo lo expuesto está basado en el modelo clásico. La aplicación de la mecánica cuántica a las moléculas poliatómicas da resultados prácticamente coincidentes con los obtenidos por Debye mediante métodos clásicos [4]. Por eso nos limitamos al modelo clásico, más fácilmente visible. Conviene no obstante aclarar qué Debye obtuvo la fórmula análoga a la (6), usando métodos cuánticos [2] y suponiendo que sólo las moléculas con $J = 0$ (energía rotatoria nula) contribuyen a la polarización por orientación, y que el número de esas moléculas decrece al aumentar la temperatura, disminuyendo correspondientemente la polarización. En teoría clásica no surgía que solamente contribuyeran moléculas en dicho estado ($J = 0$), pero Debye ha reconciliado la teoría clásica con la cuántica demostrando, mediante argumentos de mecánica clásica, que sólo las moléculas que oscilan entre las dos posiciones extremas de equilibrio contribuyen a la polarización por orientación.

II. METODO DE MEDICION

El método utilizado para la determinación del momento dipolar y el tiempo de relajación de líquidos, se basa en la medición de las componentes real e imaginaria de la constante dieléctrica en la región de microondas.

La técnica experimental consiste, básicamente, en lo siguiente: se determinan las propiedades de transmisión de un tramo de guía de ondas lleno del dieléctrico en estudio. En una guía de ondas cortocircuitada en un extremo, se establece un régimen de ondas estacionarias caracterizado por la relación de onda estacionaria:

$$R = V_{\text{máx}}/V_{\text{mín}} = (E^+ + E^-)/(E^+ - E^-) = 1/\rho \quad (10)$$

E^+ y E^- son las amplitudes de las ondas incidentes y reflejadas, respectivamente. En la figura 1 la columna de dieléctrico d crea en la región una onda estacionaria de valor R y se define un coeficiente de reflexión $\Gamma = E^+/E^-$. El mismo, expresado en función de las impedancias Z_0 (característica de la guía vacía y Z (impedancia en la interfase 1,2) y de Z_{02} (impedancia característica de la guía con dieléctrico) se escribe: (fig. N° 1)

(Ref. N° 6):

$$|\Gamma| = \frac{|Z - Z_0|}{|Z + Z_0|} = \frac{\left| \frac{Z}{Z_0} - 1 \right|}{\left| \frac{Z}{Z_0} + 1 \right|} \quad (11)$$

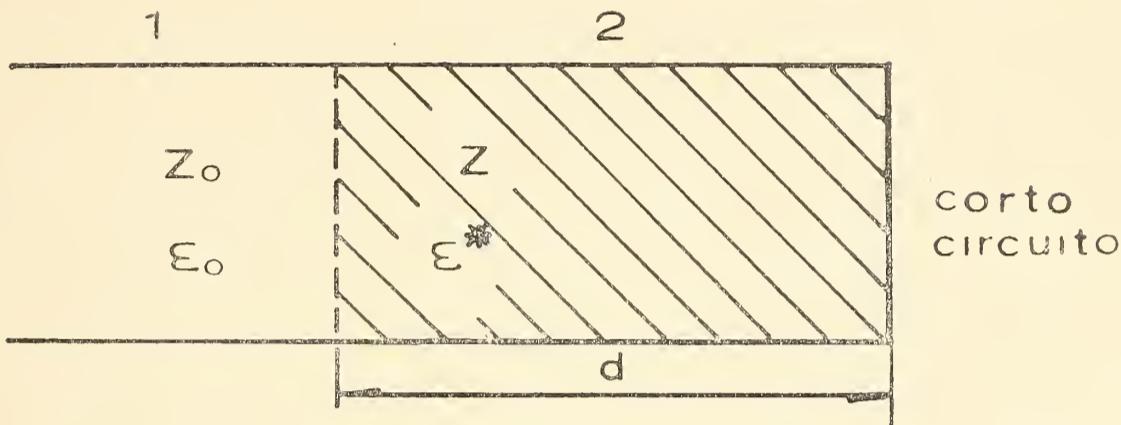


Figura 1

La impedancia Z depende, evidentemente de la longitud d del dieléctrico en cuestión, y está dada por:

$$Z = Z_{02} \cdot \tanh_{\gamma_2} \cdot d \quad \text{donde} \quad \gamma_2 = \alpha_2 + i\beta_2 \quad (12)$$

γ , constante de propagación; α , constante de atenuación, β , constante de fase $= 2\pi/\lambda$.

Reemplazando (12) en (11) se tiene:

$$\frac{1 - |\Gamma|}{1 + |\Gamma|} = \frac{1}{\rho} = 1 / [(Z_{02}/Z_{01}) \tanh \gamma_2 d + 1] \quad (12')$$

Si designamos los valores de los máximos sucesivos: $\rho_0, \rho_1, \rho_2 \dots$ para múltiplos enteros de $\lambda_d/2$, se tiene $\gamma \cdot d$ para los máximos:

$$\gamma \cdot d_n = \left(\tan \left(\frac{\Delta}{2} \right) + i \right) n\pi$$

donde

$$\tan \frac{\Delta}{2} = \frac{\alpha_d}{\beta_d} \quad (13)$$

Un cálculo elaborado permitiría obtener las siguientes relaciones:

$$\frac{\rho_m}{\rho_n} = \frac{\tanh \left(m\pi \tan \frac{\Delta}{2} \right)}{\tanh \left(n\pi \tan \frac{\Delta}{2} \right)} \quad (14)$$

$$\frac{\rho_m}{\rho_\infty} = \tanh \left(m\pi \tan \frac{\Delta}{2} \right) \quad (15)$$

donde

$$\rho_n = \frac{Z}{Z_0} \tanh \left(n \frac{\alpha_d}{2} \cdot \lambda_d \right) + Z_0, \quad (16)$$

siendo:

$$\frac{Z}{Z_0} \approx \frac{\lambda_d}{\lambda_g}$$

Cuando las pérdidas son bajas, basta utilizar la expresión aproximada: $\tanh \varphi \approx \varphi$,

se tiene:

$$\left. \begin{aligned} \rho_n &= \left(\frac{\lambda_d}{\lambda_g} \right) \cdot n \cdot \frac{\alpha_d \lambda_d}{2} + Z_0 = \frac{\lambda_d^2}{2 \lambda_g} \cdot n \cdot \alpha_d + \text{cte.} \\ \frac{d\rho}{dn} &= \frac{\lambda_d^2}{2 \lambda_g} \cdot \alpha_d \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

Los valores de ϵ' y ϵ'' se obtienen de la Optica (Ref. 6) y son:

$$\epsilon' = (\lambda_0/\lambda_c)^2 + (\lambda_0 + \lambda_d)^2 \left[1 - \frac{(\alpha_d \lambda_d)^2}{(2\pi)^2} \right] \quad (19)$$

donde: λ_c es la longitud de onda de corte

λ_0 es la longitud de onda en el espacio libre

$$\epsilon'' = \frac{2}{\pi} \frac{\lambda_0^2}{\lambda_d^3} \cdot \lambda_g \cdot \frac{d\rho}{dn} (n: 0, 1, 2, \dots) \quad (20)$$

que, para bajas pérdidas, queda reducida a:

$$\epsilon' = (\lambda_0/\lambda_c)^2 + (\lambda_0/\lambda_d)^2 \quad (21)$$

$$\epsilon'' = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\lambda_0^2}{\lambda_d^3} \cdot \lambda_g \cdot \frac{\lambda_d^2}{2 \lambda_g} \cdot \alpha_d = \frac{1}{\pi} \frac{\lambda_0^2}{\lambda_d^2} \alpha_d \cdot \lambda_d \quad (22)$$

III. METODO EXPERIMENTAL. ALTAS FRECUENCIAS

La sustancia a medir se introduce en una "celda de medición", que consiste en un pistón rectangular con avance micrométrico. Ver fig. 2. Eléctricamente se comporta como una guía de ondas con un cortocircuito variable en un extremo. La misma se instala circuitalmente como se indica en la fig. 3 (diagrama en bloques). El

sistema de medición, o "banco de microondas", consiste básicamente en una fuente generadora, un dispositivo de medición de onda estacionaria, la celda a que nos hemos referido y un sistema de registro.

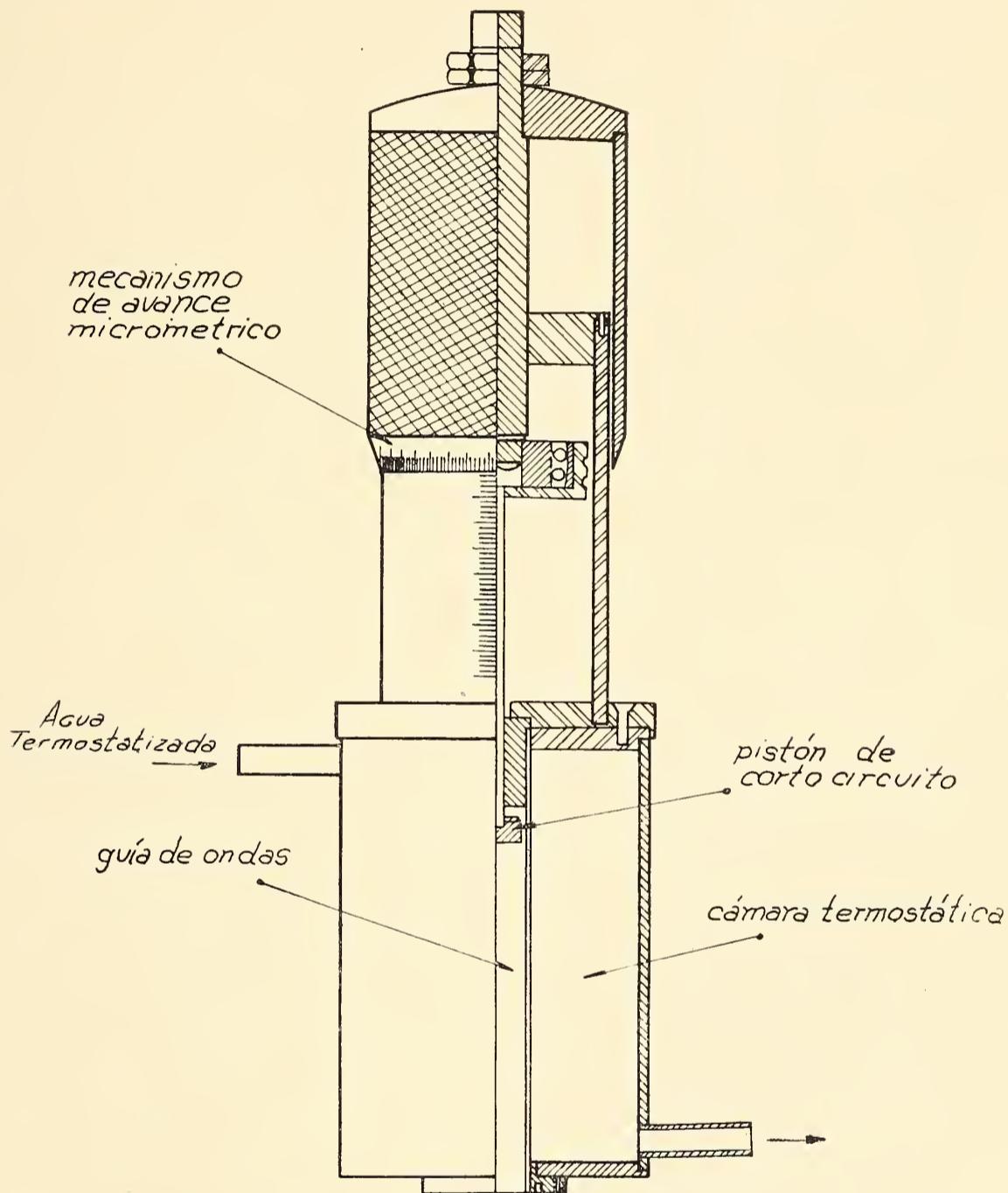


Fig. 2. — Celda de medición

Interesan conocer los valores de la inversa de la relación de onda estacionaria: ρ , para diferentes posiciones del pistón de cortocircuito (múltiplos de $\lambda_d/2$).

Inicialmente con el pistón a fondo, es decir, sin líquido, se determina el valor de las pérdidas en las paredes y ventanas, midiendo ρ_0 .

con el medidor de onda estacionaria por el método de los puntos a 3 dB (ver Ref. 6); ρ_0 se calcula entonces como $\pi\Delta x/2$, siendo Δx el indicado en la fig. 4.

Se mide asimismo el valor de $\lambda_g/2$ como la distancia entre dos mínimos sucesivos. A continuación, para una posición fija del me-

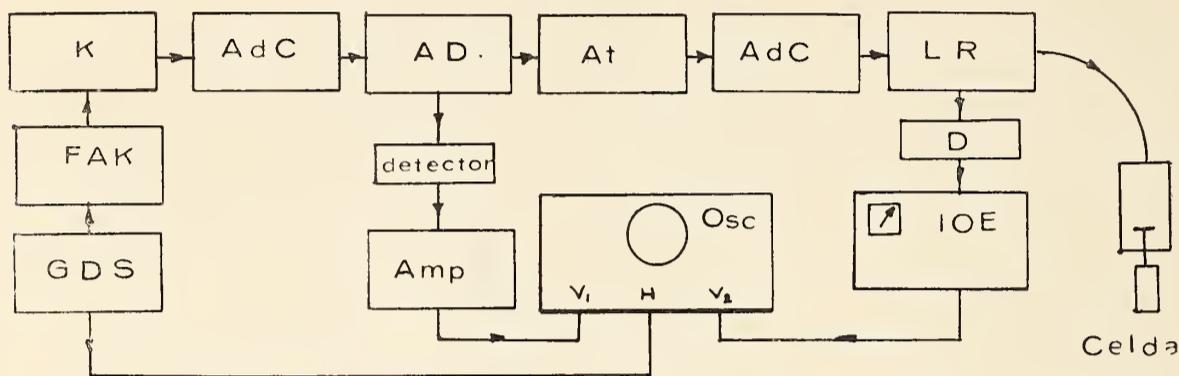


Fig. 3. — Diagrama en bloques del dispositivo de medición en la banda X (8-12 KMc/s): K, Klystron Varian X 13; AdC, Aislador de carga; Ad, Acoplador direccional; At, Atenuador 20dB; LR, Línea Ranurada H. P. 809-H; D, Detector de microondas; IOE, Indicador de onda estacionaria HP 815 B; OSC, Osciloscopio de doble faz; AMP, Amplificador de audio; GDS, Generador Diente de sierra y onda cuadrada; FAK, Fuente de alta tensión para klystron.

didor de onda estacionaria (en un mínimo cualquiera) se aumenta la columna de líquido hasta que se indique un nuevo mínimo. La distancia recorrida por el pistón es $\lambda_d/2$. Se determina así un valor de ρ por el método 3dB. Se continúa la medición descrita para los sucesivos mínimos, hasta alcanzar un valor límite: ρ_∞ .

El valor ρ_0 deberá substraerse de los ρ_i . Estos datos se grafican, obteniéndose $d\rho/dn$, que con los valores de λ_g , λ_0 y λ_d permiten calcular ϵ' y ϵ'' según las fórmulas (19) y (20) (21) y (22).

Medición a bajas frecuencias

Se desea determinar el valor estático de la constante dieléctrica:

$$\epsilon^* = \epsilon' - i\epsilon'' \quad (\epsilon'' \cong 0 \text{ en este caso}) \text{ o sea } \epsilon^* = \epsilon' = \text{real.}$$

Dicho valor se obtiene utilizando el método clásico de medición con puente de capacitancias. Para ello, se determina primeramente la capacidad de la celda vacía. Se repite la medición con una sustancia de constante dieléctrica conocida (se usó benceno). Se introduce finalmente la muestra a medir en la celda; se mide su capa-

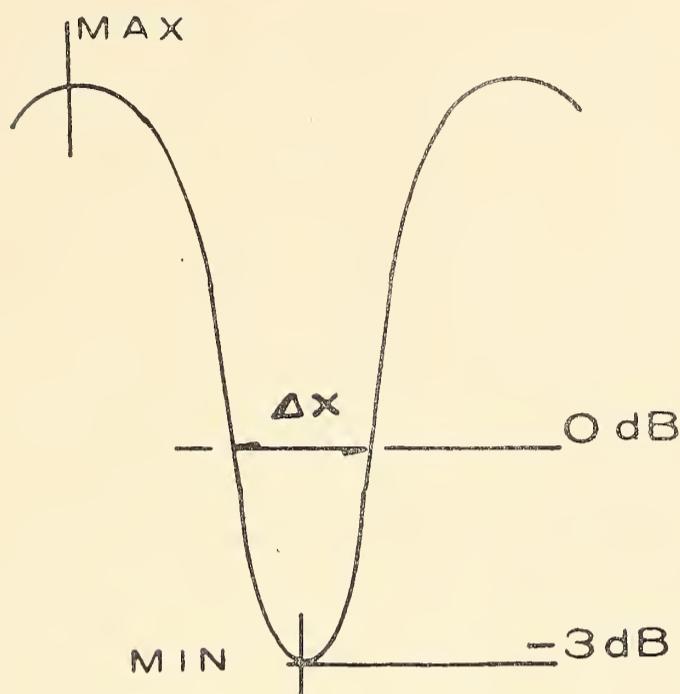


Figura 4

cidad. Queda con ello determinada la constante dieléctrica de la muestra mediante la fórmula:

$$C = \epsilon' C_c + C_p \quad (23)$$

donde: C = capacidad de la celda con dieléctrico

ϵ' = constante dieléctrica de la muestra

C_c = capacidad de la celda vacía.

C_p = capacidad de pérdidas.

Las mediciones se realizaron a temperatura constante, sobre soluciones preparadas de acuerdo con técnicas usuales, a saber: pesadas con balanza de precisión. Previamente se efectuaron destilaciones fraccionadas de los solutos y solvente, tratándose el solvente en atmósfera seca para eliminar toda traza de agua. Se usaron soluciones de concentraciones: 0,2; 0,3; 0,6 y 1 Molar de las sustancias estudiadas.

Los valores medidos a bajas frecuencias se utilizaron como referencia, sirviendo además para medir la pureza del benceno. La temperatura a la cual se efectuaron estas mediciones fue de 24° C.

Para calcular μ a partir de la constante dieléctrica se usó la fórmula (Ver ref. 8):

$$\mu = \sqrt{\frac{\Delta\epsilon}{f_2}} \cdot \beta \quad (24)$$

siendo f_2 la fracción molar del soluto y $\Delta\epsilon = \epsilon \text{ solución} - \epsilon \text{ soluto}$: $\beta =$ constante de Higashi.

El valor utilizado de β fue 0,828 (ver ref. 9). La fórmula (24) es equivalente a:

$$\rho = \sqrt{\frac{d\epsilon_{12}}{df_2}} \quad (25)$$

Estas fórmulas sólo son válidas para bajas concentraciones de soluto, es decir, en la zona donde hay una relación lineal entre la constante dieléctrica de la solución y la concentración del soluto.

Los valores obtenidos están dentro del orden de los valores consignados en la literatura.

Momento dipolar y tiempo de relajación de las cloroanilinas

El estudio del momento dipolar y del tiempo de relajación proporciona información útil con respecto al tamaño molecular, a la estructura y a las fuerzas intermoleculares en moléculas polares.

En este trabajo, se han realizado mediciones de tiempos de relajación en soluciones bencénicas de diferentes concentraciones de orto-, -meta- y paracloroanilinas a las frecuencias de 10 kHz, 10 MHz y a la temperatura de 24° C.

El momento dipolar y el tiempo de relajación se pueden calcular utilizando las ecuaciones de Debye modificadas por Gopal-Krishna (Ref. 5), a saber:

$$X = P + (1/\omega\tau) Y \quad (26)$$

$Y = k \cdot w$ ($w =$ concentración de soluto polar, en moles/cm³) donde:

$$\left. \begin{aligned} X &= \frac{\epsilon'^2 + \epsilon' + \epsilon''^2 - 2}{(\epsilon' + 2)^2 + \epsilon''^2}; & Y &= \frac{3\epsilon''}{(\epsilon' + 2)^2 + \epsilon''^2} \\ k &= (4\pi N \rho^2 / 9 kT) \cdot \frac{\omega\tau}{1 + \omega^2\tau^2} \\ P &= (4\pi N/3) \cdot W \cdot z \end{aligned} \right\} \quad (27)$$

Se midieron los valores de ϵ' y ϵ'' por el método de onda estacionaria (6) y (10) (para bajas pérdidas) con una celda cortocircuitada.

En este caso, ϵ' y ϵ'' vienen dadas por las fórmulas (21) y (22). El valor de $d\rho/dn$ se obtuvo a partir de la relación "inversa" ρ de onda estacionaria, medida para diferentes posiciones del pistón de cortocircuito, a múltiplos enteros de $\lambda_d/2$.

A partir de los valores medidos de ρ y de λ_d , se calcularon ϵ' y ϵ'' para diferentes concentraciones. (Ver tabla N^o 1). A continuación, se calcularon X e Y, los que representados en un gráfico X vs. Y dan los valores del tiempo de relajación (fig. N^o 5).

TABLA I

Partes real e imaginaria de ϵ^* en cloroanilinas

Sustancia	Molaridad	ϵ'	ϵ''	λ_d (cm)
Benceno	100 %	2,305	—	2,217
<i>p</i> -cloroanilina	0,3	2,501	0,155	2,124
	0,6	2,705	0,312	2,026
<i>m</i> -cloroanilina	0,3	2,456	0,097	2,148
	0,6	2,648	0,105	2,052
0-cloroanilina	0,2	2,369	0,315	2,196
	0,6	2,478	0,105	2,136
	1,0	2,614	0,166	2,068

TABLA II

Tiempos de relajación y momentos dipolares de cloroanilinas

Sustancia	$\tau \times 10^{12}$ seg	$\mu \times 10^{18}$ nes		Valores de la literatura (bajas frecuencias) $\mu \times 10^{18}$ nes
		(calc.)	(obs.)	
<i>p</i> -cloroanilina	4,95	2,73	2,35	2,77-2,98
<i>m</i> -cloroanilina	5,02	2,1	2,25	2,50-2,94
0-cloroanilina	5,28	1,8	1,61	1,72-1,86

En otro gráfico se representó la función $Y = k w$ (fig. 6) y a partir de su pendiente, k , se calculó el valor del momento dipolar para los diferentes compuestos medidos.

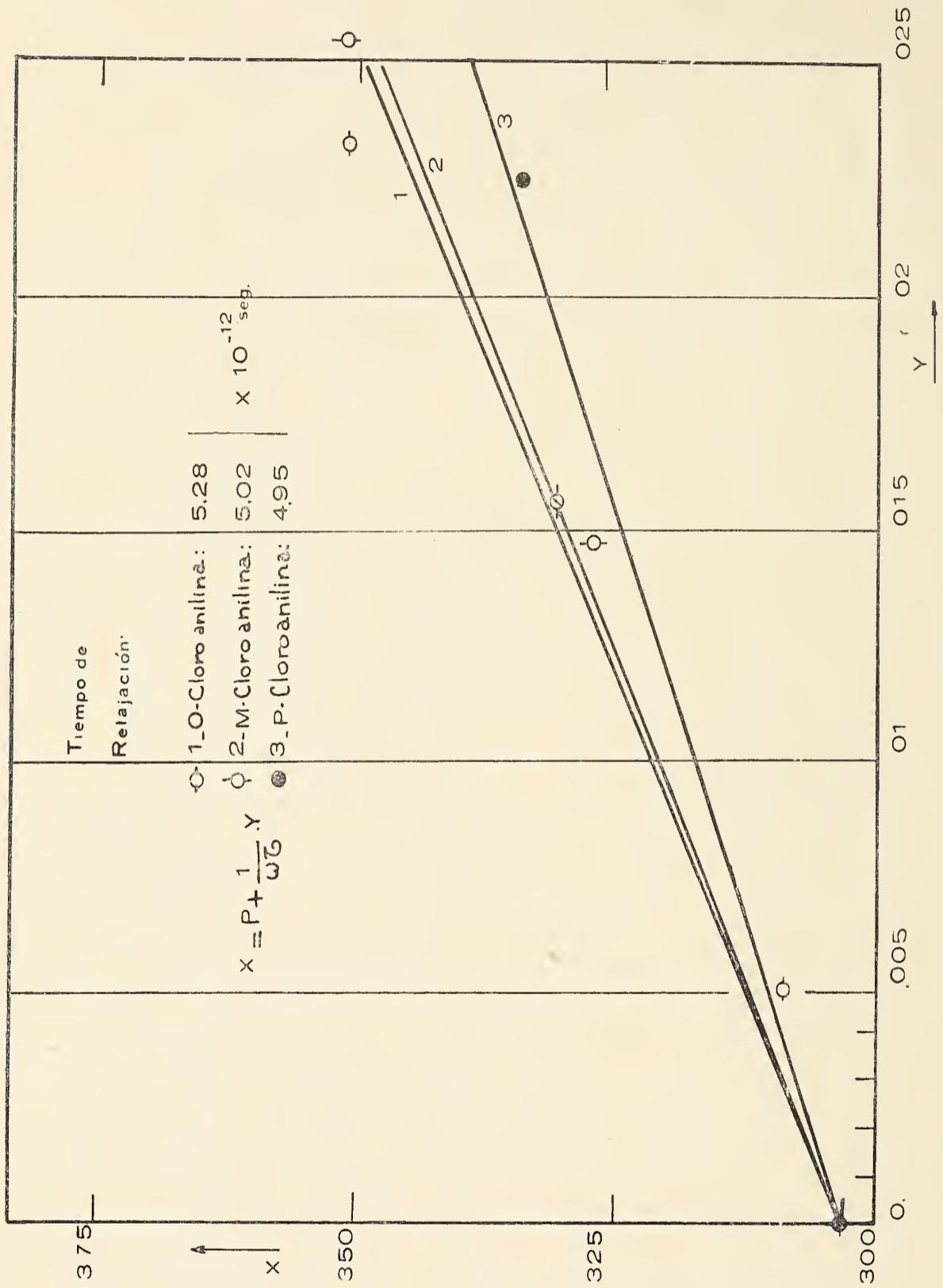


Figura 5

Se ha calculado asimismo el momento dipolar mediante el modelo vectorial, a partir de los valores de los momentos de unión

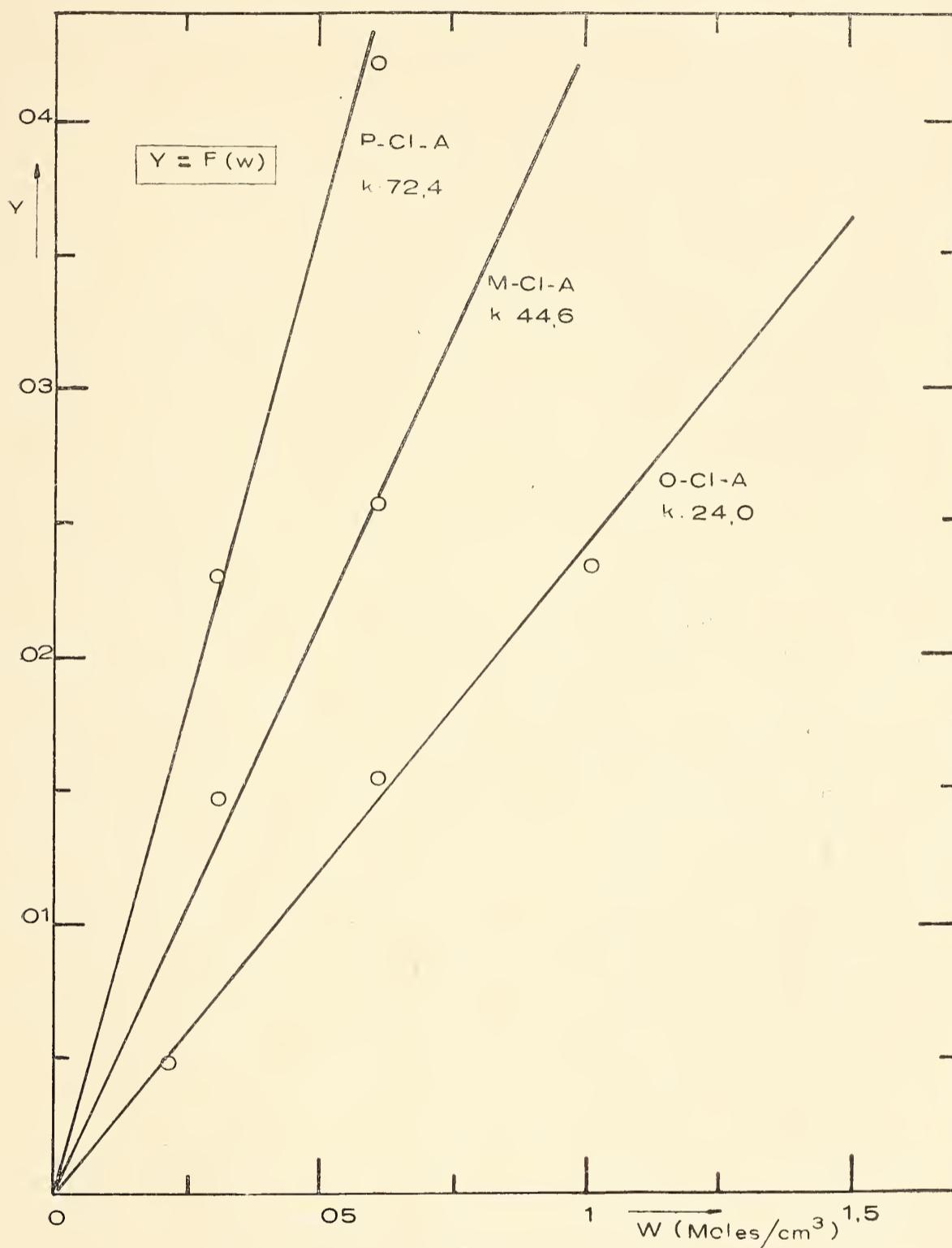


Fig. 6. — Cálculo del momento dipolar

aceptados y que figuran corrientemente en la literatura (Ref. 11). Los resultados aparecen resumidos en la Tabla II.

Puede observarse el incremento del tiempo de relajación en

función de la posición del átomo de cloro en la molécula de cloroanilina. Asimismo se observa un aumento en el valor de las pérdidas dieléctricas con la concentración. Puede notarse que el momento dipolar en solución es inferior al momento dipolar en la fase gaseosa.

AGRADECIMIENTOS

Los autores se complacen en agradecer útiles conversaciones con el Profesor Surash Chandra, quien estimuló la realización del presente trabajo así como la del Prof. A. Sartori, y en particular agradecen al Prof. Dr. V. Deulofeu por su gentileza al suministrar los productos químicos.

BIBLIOGRAFIA

1. P. Deye, *Physik* 2, 13, 97 (1912).
2. — *Polar Molecules*, Chemical catalog. New York, (1929).
3. P. Langevin. *J. Phys.* 4, 4, 678 (1905).
— *Ann. Chim. et Phys.* 8, 5, 70 (1905).
4. J. H. Van Vleck. *Phys. Rev.* 29, 727, (1927).
5. Gopal Krishna, *Trans. Faraday Soc.* 53, 757 (1957).
6. Von Hippel. *Dielectric Materials and Applications*.
7. C. P. Smyth. *Dielectric Behaviour and Structure* (Mc Graw Hill Book Co. Inc. New York), 1955.
8. Higashi (Higashi, *Chem. Abstr.*) 43, 7764 (1949).
9. Bal., Krishna, K. K. Srivastava. *J. Chem. Phys.* 27, 835, (1957).
10. Research Report N° 1 (1961) y N° (1962), página 52 (Microwave Laboratories, Allahabad, India).
11. A. L. McClellan, *Tables of Experimental dipole moments* (W. H. Freeman and Co, San Francisco, 1963).

INFLUENCIA DEL ESTADO SUPERFICIAL EN LA EPITAXIA DEL ORO SOBRE LA PLATA

POR I. DÜMLER * Y P. KITTL *

RESUMEN

Se estudia el crecimiento de oro evaporado sobre substratos de plata a temperatura ambiente y sobre réplicas de carbón de estos mismos substratos, observándose buena epitaxia en el caso de oro evaporado sobre monocristales de plata con y sin ataque térmico y sobre policristales de plata con ataque térmico. No se observó epitaxia al evaporar oro sobre policristales de plata sin ataque térmico, ni al evaporar oro sobre réplicas de las muestras de plata. También se tomaron réplicas de monocristales de NaCl sobre las que se evaporó plata y tampoco se observó crecimiento orientado. Los resultados obtenidos se interpretan como que la epitaxia de oro sobre plata está influenciada por el campo de los átomos superficiales del substrato antes que por la geometría de los defectos superficiales. La temperatura a que se mantiene el substrato durante la evaporación no influye en este caso en forma apreciable sobre el crecimiento del oro.

ABSTRACT

The growth of gold evaporated on silver substrates at room temperature and on carbon replicas of these substrates, is studied. Epitaxy was observed in the case of gold grown on $\{111\}$ silver single crystals with and without thermal etching. There was no epitaxy detected in the case of gold deposited on polycrystalline silver films without thermal etching and on carbon replicas of the the silver specimens. Replicas were also made of freshly cleaved rock salt substrates on which silver was condensed, but no epitaxy could either be detected. The results reached are interpreted as the epitaxy of gold evaporated on silver being influenced by the field of surface atoms of the substrates rather than by the geometry of surface defects: No significant effect of substrates temperature on gold growth was observed.

* Laboratorio de Microscopía Electrónica del Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales (IDIEM), de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Casilla nº 1420, Santiago, Chile.

1. INTRODUCCIÓN ¹

El fenómeno de epitaxia, por el que una substancia crece sobre otra con una determinada relación cristalográfica, tiene gran interés debido a la aplicación tecnológica de las películas delgadas. El problema de crecimiento preferencial ha sido encarado con técnicas de rayos-X, microscopía y difracción de electrones, observándose que ocurre en películas preparadas por evaporación al vacío, por descarga, ataque químico o depósito electrolítico sobre monocristales e incluso sobre substratos policristalinos o amorfos (1). Los resultados obtenidos han aumentado el interés por dilucidar los factores que intervienen en este fenómeno.

Al estudiar el crecimiento de oro evaporado sobre la plata, éste tiene un carácter "líquido" (2) debido a la gran movilidad de los átomos que se van depositando, de alta energía cinética. Pashley y Stowell (2) y Pashley (3) discuten ampliamente este comportamiento. Si el substrato se calienta, se favorece la movilidad tanto de los átomos individuales como de los núcleos de cristalización que están creciendo. Pashley (3) trabajando con películas de plata depositadas sobre mica clivada, demuestra que hay epitaxia en un amplio rango de temperaturas, dependiendo la orientación tanto de la temperatura del substrato como del grosor de la película. Se ha adoptado el término "temperatura de epitaxia" ya que dentro del rango de temperaturas hay un intervalo dentro del cual la orientación obtenida es la mejor. En un trabajo más reciente, Campbell y Stirland (4) han evaporado oro y plata por el método de descarga sobre monocristales de NaCl a temperatura ambiente, obteniendo epitaxia. Esto se atribuye a que los átomos que llegan por descarga tienen una gran energía cinética, mayor que la de los átomos que llegan por evaporación y a la limpieza iónica de la superficie.

Otro factor importante sobre la orientación es la geometría superficial de las muestras involucradas. Se ha demostrado que la diferencia entre las constantes de las redes cristalinas del substrato y la película influye de gran manera; mientras menor es la diferencia, mejor epitaxia se produce. Sin embargo, Schulz (5) demostró que puede haber crecimiento preferencial con un desajuste en las cons-

¹ Un resumen de este trabajo fue publicado en el Journal of Materials Science, 4, 1969, 89.

tantes de hasta un 27 % para el depósito de haluros alcalinos sobre mica. En la geometría superficial influye también la topografía del substrato; Allpress y Sanders (6) estudiando estructuras de superficie, observaron buena orientación tanto en superficies atómicamente planas como en planos complejos con gran concentración de átomos fuera de su posición de equilibrio. Vermout y Dekeyser (7) investigando la influencia de escalones y otras imperfecciones de la topografía superficial, prepararon réplicas de carbón de haluros alcalinos recientemente clivados, observando crecimiento orientado de la película de plata que evaporaban sobre estos substratos.

En este trabajo se estudia el crecimiento del oro evaporado sobre substratos de plata a temperatura ambiente y sobre réplicas de carbón de estos substratos, con el fin de determinar la importancia de los varios factores que influyen en el fenómeno.

2. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

A. *Policristales de plata.*

Sobre portaobjetos de vidrio se evaporó plata metálica desde un bote de tantalio, a temperatura ambiente y en un vacío de 10×10^{-5} mm de Hg, obteniéndose películas policristalinas de aproximadamente 5μ de espesor. Los policristales se desprendieron en forma mecánica del substrato y una parte de ellos se atacó térmicamente al aire, en un horno a 800°C durante 7.30 horas.

B. *Monocristales de plata.*

Los monocristales de plata se prepararon evaporando plata metálica espectroscópicamente pura desde un bote de tungsteno sobre un substrato de mica recientemente clivada, manteniéndolo a 270°C durante la evaporación y a una presión inferior a 10×10^{-5} mm de Hg. Los monocristales obtenidos eran de orientación $\{111\}$ y de un espesor aproximado de 1000 Å. Un grupo de monocristales se atacó térmicamente al aire, en un horno a 800°C .

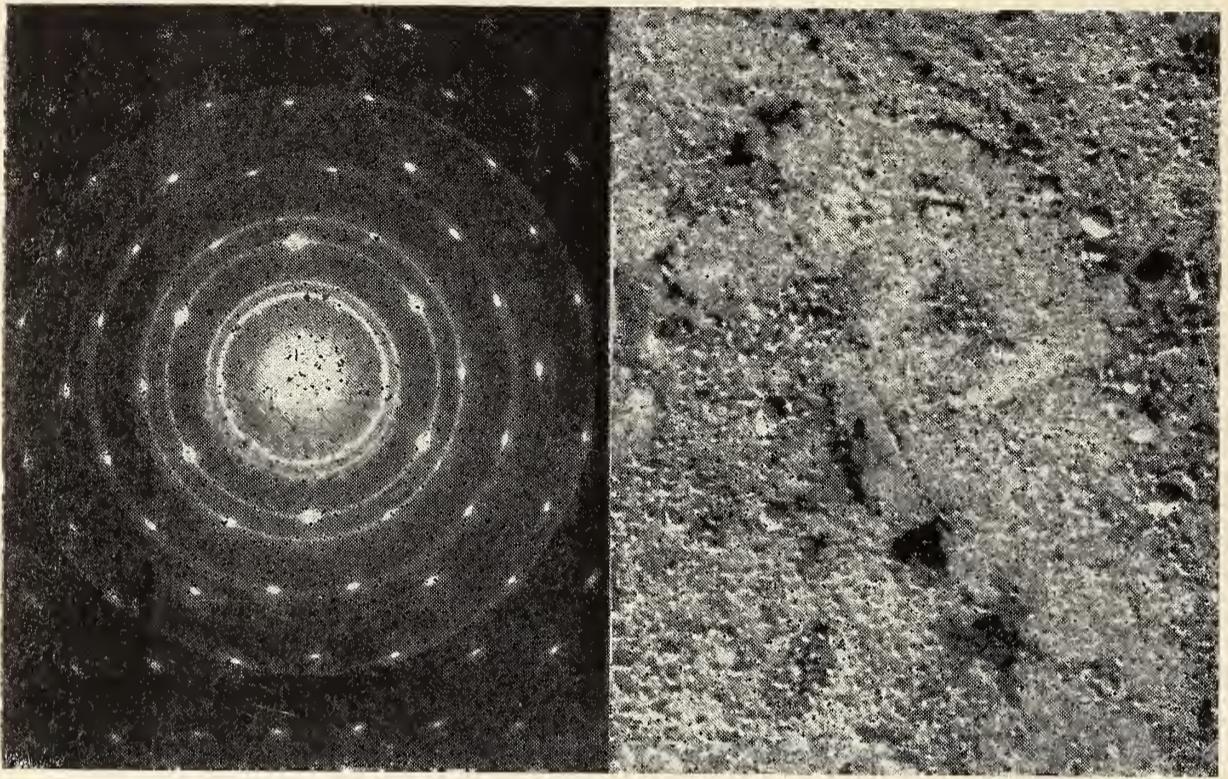


Fig. 1. — Diagrama de difracción de área selecta de oro evaporado sobre un monocristal de plata $\{111\}$ atacado térmicamente. 100 kV. Aspecto de la zona sobre la que se tomó el diagrama. 30.000 \times



Fig. 2. — Diagrama de difracción de oro depositado sobre plata monocristalina, orientación $\{111\}$, sin ataque térmico; 60 kV. Aspecto de la zona correspondiente a este diagrama. 10,000 \times

3. RESULTADO. EXPERIMENTALES

Se llevó a cabo tres tipos diferentes de experiencias con las muestras, pero teniendo como característica común, que se efectuaron a temperatura ambiente y bajo una presión de 10×10^{-5} mm de Hg.

La primera experiencia consistió en evaporar oro directamente sobre las muestras. Se observó un crecimiento orientado excelente de la película de oro condensada sobre monocristales atacados térmicamente, monocristales sin tratamiento y películas policristalinas con ataque térmico. No se observó epitaxia en los policristales de plata sin ataque térmico (Figs. 1, 2, 3, 4).

En la segunda experiencia, se prepararon réplicas de todas las muestras. El material utilizado fue el carbón, que si bien no es el elemento ideal, es el de mejor resolución que podía usarse. Al condensar oro sobre las réplicas y observar los resultados, no se detectó epitaxia en ningún caso (Fig. 5).

En la tercera experiencia se prepararon réplicas de superficies de cloruro de sodio recientemente clivadas y se evaporó plata sobre ellas. Los substratos de cloruro de sodio fueron calentados a 200° C al vacío y luego expuestos al aire antes de depositarles el carbón, siguiendo la técnica descrita por Vermout y Dekeyser (7). Tampoco en este caso se observó epitaxia en las réplicas de las muestras (Fig. 6).

4. DISCUSIÓN

A partir de los resultados de la primera experiencia, se va a considerar la influencia de la temperatura del substrato. Si éste se calienta, se aumenta la movilidad de los átomos de oro que se están depositando. Se ha confirmado que esta temperatura debe ser alta para que se produzca la nucleación. Sin embargo, en este caso, se observó buen crecimiento preferencial, estando los substratos a la temperatura ambiente. De aquí se concluye que las condiciones bajo las cuales crece el oro sobre substratos de plata, no se alteran en forma apreciable por la pérdida en la movilidad de los átomos de oro incidentes.

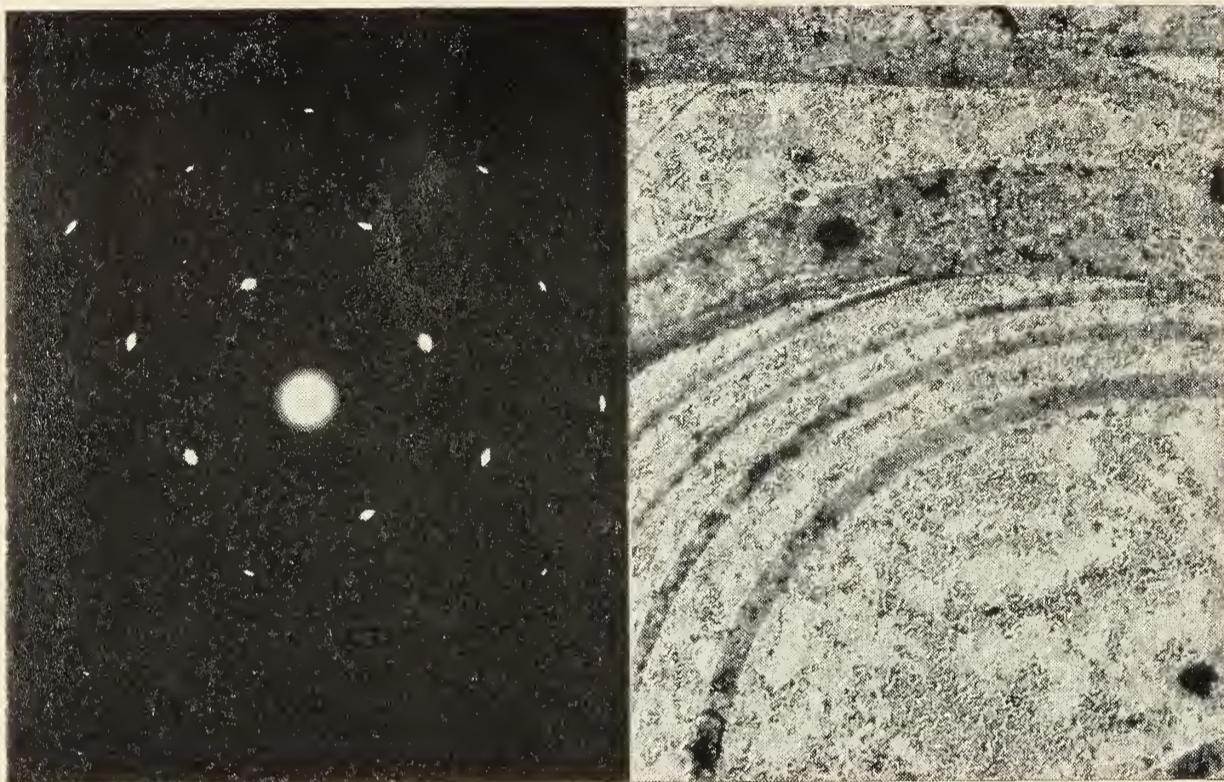


Fig. 3. — Diagrama de difracción de oro evaporado sobre policristal de plata atacado térmicamente. Zona próxima al plano $\{001\}$; 60 kV. Aspecto de la zona correspondiente al diagrama. 22.000 \times

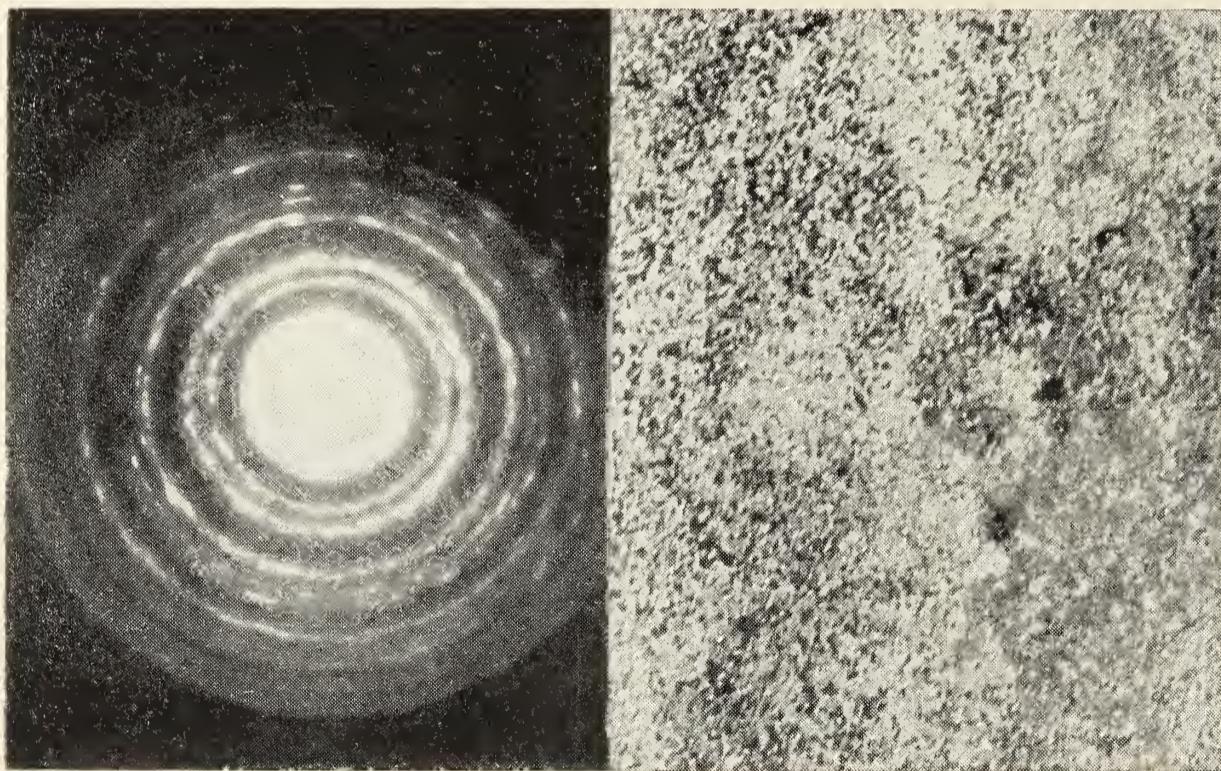


Fig. 4. — Diagrama de difracción de área selecta de oro evaporado sobre plata policristalina sin ataque térmico; 100 kV. Aspecto de la zona que origina este diagrama. 90.000 \times

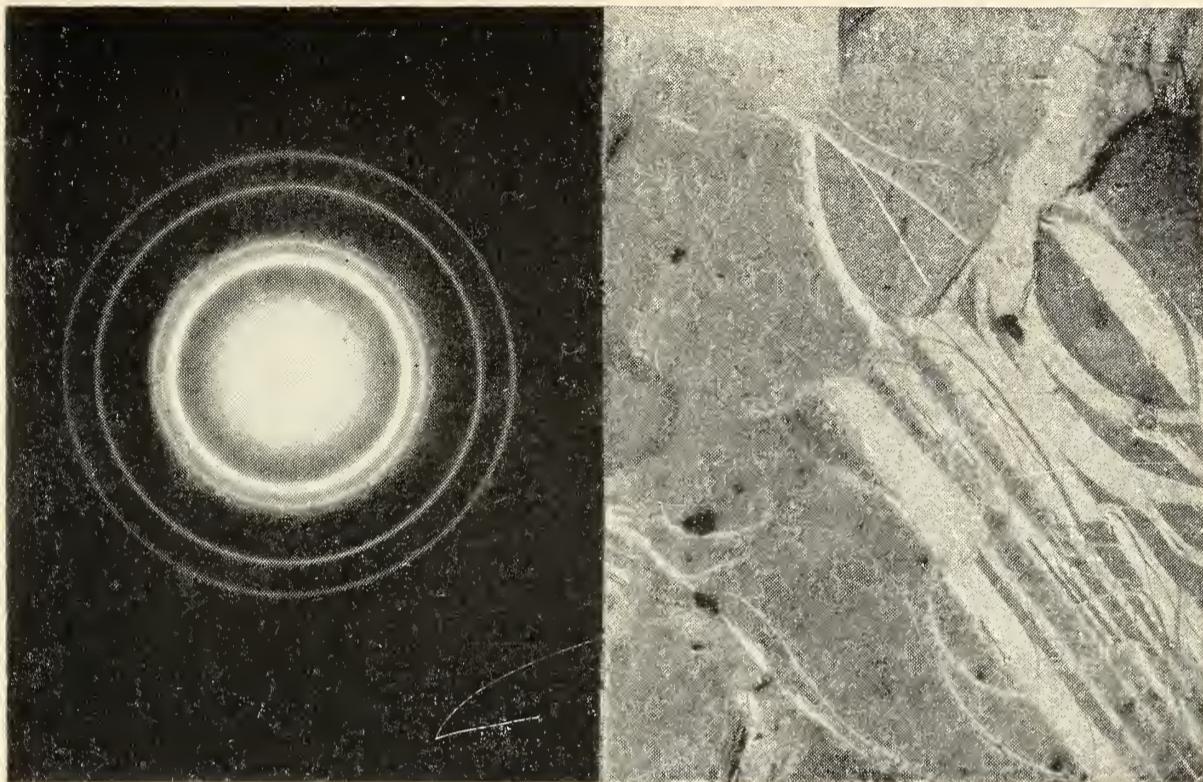


Fig. 5. — Diagrama de difracción de oro depositado sobre una replica de carbón tomada de un policristal de plata atacado térmicamente ; 60 kV. Zona correspondiente a este diagrama. 10.000 \times

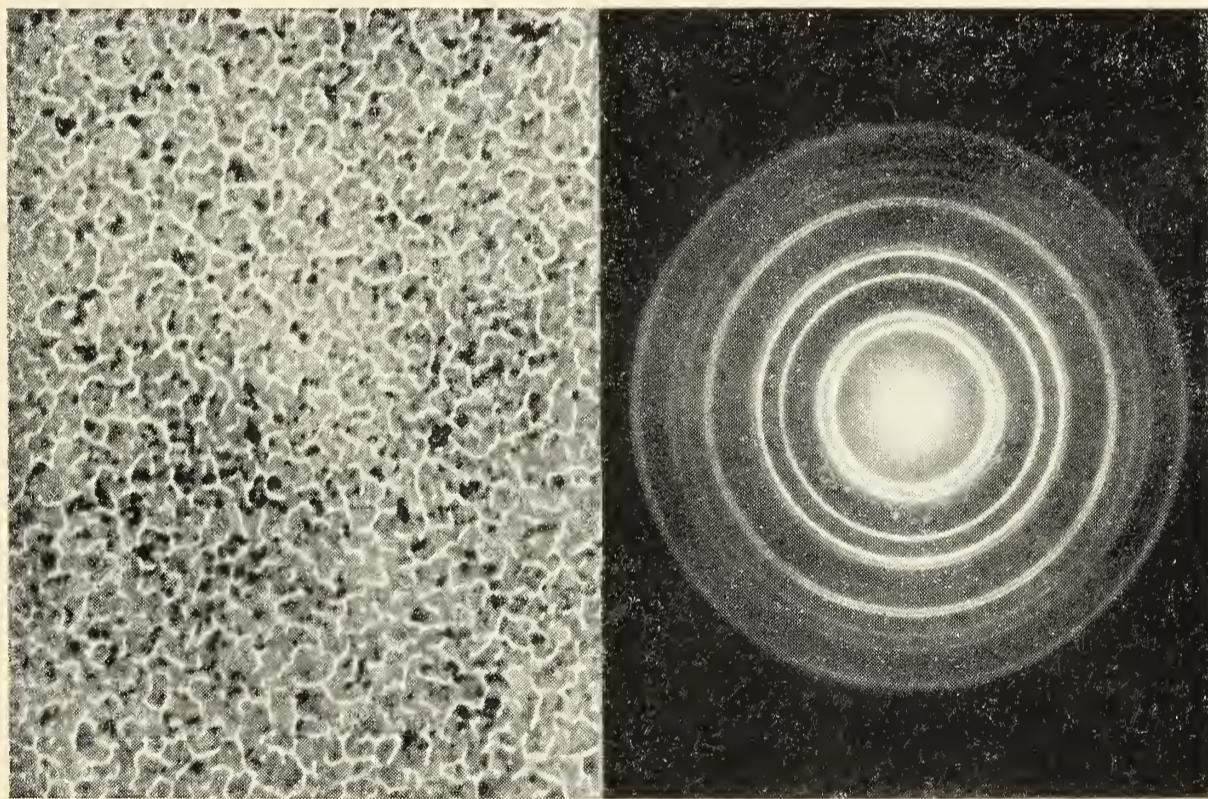


Fig. 6. — Diagrama de difracción de plata depositada sobre una réplica de carbón de un monocristal de NaCl ; 100 kV. Aspecto de la región sobre la que se tomó el diagrama de difracción. 120.000 \times

Al considerar la geometría de la superficie, debe tomarse en cuenta dos factores: uno es el desajuste en las constantes de las redes y otro es la topografía superficial del substrato. Con respecto al desajuste entre las redes del oro y la plata, éste es solamente de un 0,2 %, de modo que el crecimiento orientado se ve altamente favorecido. En cuanto a la topografía superficial, en superficies que descubren planos de orientación compleja, la nucleación del oro (6) es posible gracias a la gran concentración de lugares con átomos fuera de su posición de equilibrio por tener números de coordinación diferentes, donde los átomos de oro son adsorbidos formando seis enlaces con los átomos de plata más próximos. Esto da origen a una película coherente sobre el substrato. Tal es el caso de los policristales de plata atacados térmicamente, cuya superficie consiste en extensas áreas de planos simples rodeadas por planos complejos curvos, ricos en átomos fuera de su posición de equilibrio. En superficies formadas por planos simples, del tipo $\{111\}$, el crecimiento orientado se debe (6) a átomos de oro que se mueven libremente sobre la superficie del substrato, hasta que se produce una sobresaturación alta y se forman núcleos de oro tridimensionales. Estos planos simples presentan escalones monoatómicos debido a dislocaciones emergentes que perforan la superficie y donde hay nucleación preferencial del oro. Tal fue el caso de los monocristales de plata y de los planos simples de los policristales de plata atacados térmicamente. Respecto a los policristales sin ataque térmico, no se observó epitaxia porque los planos adecuados para producirla, no estaban expuestos.

Trabajando sobre réplicas de los especímenes, se eliminó la influencia del ajuste de las redes cristalinas así como también la influencia del campo de los átomos fuera de posición de equilibrio, quedando solamente la influencia de la geometría de escalones y dislocaciones emergentes (7). Como todos los resultados, así como la repetición de la experiencia de Vermout y Dekeyser, fueron negativos, se considera que la epitaxia está influenciada por el campo de los átomos superficiales del substrato antes que por la geometría de los defectos superficiales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Profesor R. W. Cahn de la Universidad de Sussex, Inglaterra, por sugerir el presente trabajo y a los Sres. Enrique

Grünbaum y Germán Kremer, investigadores del Laboratorio de Cristalografía del Instituto de Física de la Universidad de Chile, por las facilidades y la cooperación prestadas para realizar la parte experimental de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Pashley, D. W. y Stowell, M. J. Proceeding of the Fifth International Congress for Electron Microscopy ; S. S. Breese, Academic Press, New York and London, 1962, GG-1.
2. Pashley, D. W. Thin Films ; American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1964, pág. 59.
3. Pashley, D. W. Phil. Mag. 4, 316, 1959 ; Adv. Physics, 5, 173, 1956 ; Phil. Mag. 8, 1605, 1963.
4. Campbell, D. S. y Stirland, D. J. Phil. Mag. 9, 703, 1964.
5. Schulz, L. G. Acta Crys., 4, 483, 1951.
6. Allpress, J. G. y Sanders, J. V. Phil. Mag. 9, 645, 1964.
7. Vermout, P. y Dekeyser, W. Physica 25, 53, 1959.

FE DE ERRATAS

En el trabajo del doctor F. R. Marsicano, *Sobre las superficies de velocidad nula correspondientes al problema de tres cuerpos*, aparecido en la entrega III-IV de este tomo, se han deslizado las siguientes erratas :

Página 119

En las fórmulas I aparece un \bar{u}^2 ; debe ser \bar{u}_2

Página 123

donde dice : « Reemplazando XIV en XIII se observa tanto θ como φ ; debe decir : Reemplazando XIV en XIII se observa que desaparecen tanto θ como φ

Página 124

donde dice $\bar{u}_i = P_{i+2} - P_{i-1}$ debe decir $\bar{u}_i = P_{i+2} - P_{i+1}$

Página 125

donde dice $\pi_1 = \pi_2 \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^4$ debe decir $\pi_1 = \pi_0 \left(\frac{r_1}{r_0} \right)^4$

En la fórmula (P') el primer signo igual, debe ser reemplazado por el signo +.

En la fórmula XXII el m^2 debe ser reemplazado por m_2 .

ENSAYOS DE SEPARACION DE ENTEROBACTERIAS DE ALIMENTOS MEDIANTE ANTIBIOTICOS

POR A. L. MONTES, J. E. D. DE MAZZA, Y M. R. LANDOLFI

RESUMEN

Se han aplicado varios antibióticos para diferenciar Enterobacteriaceae en alimentos y se sugiere un nuevo método para su investigación. El procedimiento consiste en hacer tres cultivos simultáneos de la muestra o su dilución en caldo Mac Conkey a 35°-37° C : uno en el caldo solo, el segundo en este caldo con 30 ppm de pantomicina y el tercero en el mismo medio con una mezcla de 30 : 30 ppm de pantomicina : sulfadiazina. Si el ensayo es positivo se puede completar con otros ensayos con cloranfenicol, tetraciclina o clorotetraciclina y penicilina.

ABSTRACT

Several antibiotics were applied to differentiate Enterobacteriaceae in foods and a new method is suggested for their identification. The procedure consists in running three simultaneous cultures of the sample or its dilution in Mac Conkey broth at 35°-37°C : one in this media alone ; the second in this media and 30 ppm of pantomicine and the third with the same media and a mixture of 30 : 30 ppm pantomicine : sulfadiazina. If the test is positive it may be completed with other tests with chloranphenicol, tetracycline or chlorotetracycline and penicillin.

Las enterobacterias y otros microorganismos vinculados constituyen, en los alimentos, una contaminación, con importante significado higiénico y sanitario. Higiénicamente está vinculada a la flora intestinal humana y es consecuencia, generalmente, del manipuleo no higiénico de las materias primas y de la suciedad de los recipientes. Sanitariamente porque usualmente son microorganismos

¹ Profesor titular. Jefe de trabajos prácticos y ayudante de investigación respectivamente de los Laboratorios de Bromatología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires.

mos patógenos que provocan diferentes enfermedades con distintos grados de virulencia y gravedad.

Poner en evidencia esta contaminación así como elegir algún microorganismo indicador del grupo ha sido preocupación de los microbiólogos por años y hoy día existen numerosos métodos y referencias bibliográficas sobre estos problemas, tanto particulares como sobre simposios en los que han constituido temas de discusión (1-6).

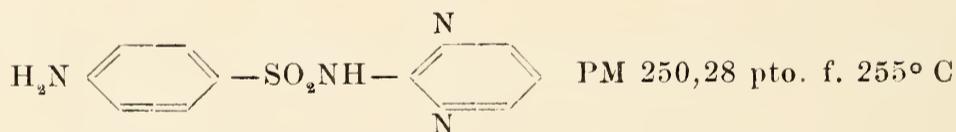
Es discutido el valor de la presencia de *Escherichia coli* como microorganismo indicador de contaminación patógena, aunque es admitido su valor preventivo, especialmente en aguas de consumo. Su presencia entorpece, dada su mayor resistencia general, la investigación de salmonelas y shigelas, y, como consecuencia, se han debido desarrollar numerosos métodos de enriquecimiento y selección para identificar estos géneros de microorganismos (véase la bibliografía (1-6)).

Con el propósito de facilitar la identificación de salmonelas y shigelas en alimentos se ha realizado el presente trabajo, buscando la solución en el uso de antibióticos.

Ya han sido empleados, en los últimos años, diferentes antibióticos y otras sustancias activas, con el fin de facilitar el aislamiento de microorganismos resistentes de otros sensibles e incluso se los ha incorporado, a tal efecto, a medios de cultivo de uso corriente en laboratorios microbiológicos (7-14).

Para los ensayos se dispuso de los siguientes antibióticos:

Penicilina de actividad 1500 U/mg
 Cloranfenicol de actividad 1000 mcg/mg
 Tetraciclina Squib de 1000 U/mg
 Aureomicina Squib
 Pantomicina Abbot de 775 mcg/mg
 Sulfadiazina (2-sulfanilamidapirimidina)



Se emplearon como medios de cultivo:

- 1) Caldo Mac Conkey con púrpura de bromocresol DIFCO B20.
- 2) Caldo nutriente preparado con: extracto de levaduras 3 g, ClNa 7 g; triptona 8 g; PO₄H₂K 1 g e infusión de corazón a 1 litro a pH 7; esterilizado por media hora a 115° C.

Los ensayos se condujeron en tubos de ensayos usando 9 ml del medio de cultivo líquido, más 1 ml de la solución-suspensión del antibiótico en agar 0,1 % en agua destilada en concentración 10 veces superior a la del ensayo (al diluir 1 en 10 tomará la indicada para cada ensayo); cada tubo se inoculó con 0,1 ml de cultivo de 24 hs de cada microorganismo ensayado e incubaron a 35° C por 24 a 48 horas. Se observaron los resultados desde las 6 horas, anotando si se producía turbidez (+) positivo y (-) negativo. En los ensayos de marcha sistemática de los tubos (+) se pasaba 0,1 ml a nuevos tubos con otro antibiótico.

Los microorganismos ensayaron fueron:

<i>Salmonella typhimurium</i> 4066 K10	del cepario de Obras Sanitarias Nac.
<i>Salmonella eopenhagen</i> 3146 K2	» » » » » »
<i>Salmonella oranienburg</i> K42	» » » » » »
<i>Salmonella newport</i> K50	» » » » » »
<i>Salmonella thompson</i>	» » » » » »
<i>Salmonella panama</i>	» » » » » »
<i>Salmonella enteritidis</i>	» » » » » »
<i>Shigella dysenteriae</i>	del cepario de O. S. Nación
<i>Shigella boydii</i>	» » » »
<i>Shigella flexneri</i>	» » » »
<i>Proteus mirabilis</i>	» » Cátedra Microb. Fac. Med.
<i>Proteus morgani</i>	» » » » »
<i>Escherichia coli</i> (coli 2) (coli 3)	» » O. S. Nación
<i>Aerobacter aerogenes</i> I	» » » »
<i>Streptococcus faecalis</i>	
<i>Streptococcus sp.</i>	
<i>Staphilococcus aureus</i> (coag. + + +)	

En los cuadros siguientes se indican los ensayos realizados, la concentración de cada antibiótico usado y los resultados: positivos con una o varias + de acuerdo con la intensidad de la turbidez, negativos con signo - y los dudosos con ±.

CUADRO 1

Cepa ensayada	Antibiótico usado							
	Sulfadiazina				Pantomicina			
	20 ppm		40 ppm		20 ppm		40 ppm	
	6 hs	24 hs	6 hs	24 hs	6 hs	24 hs	6 hs	24 hs
1. <i>Salmonella typhimurium</i>	±	+	±	+	±	++		+
2. <i>Salmonella copenhagen.</i>	±	+	±	+	±	++		++
3. <i>Salmonella oranienburg</i>	±	+	—	+	±	++		+
4. <i>Shigella dysenteriae</i>	—	±	—	±	—	±		—
5. <i>Sigella boydii</i>	—	±	—	±	—	+		—
6. <i>Escherichia coli</i>	±	++	±	++	—	++		+
7. <i>Aerobacter aerogenes</i> ...	±	+++	±	+++	±	+++		++
8. <i>Proteus mirabilis</i>	—	++	—	++	±	++		+
9. <i>Proteus morgani</i>	—	++	—	++	—	+		+
10. <i>Staphilococcus aureus</i> ..	±	++	±	++	—	—		—
11. <i>Streptococcus sp</i>	±	+	—	+	—	—		—
12. <i>Streptococcus foecalis</i> ..	—	+	—	+	—	—		—

CUADRO 2

Cepa ensayada	Antibiótico usado				
	Sulfadiazina 30 ppm			Mezcla Sulfadiazina y Panto- micina (20 : 20 ppm)	
	16 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1. <i>Salmon. typhim</i>	±	±	+	+	+
2. <i>Splmon. copenhag</i>	—	+	+	+	++
3. <i>Salmon. oranienb</i>	—	±	±	±	±
4. <i>Salmon. Newport</i>	±	+	++	+	+
5. <i>Shigella dysent</i>	—	±	±	±	+
6. <i>Shigella boydii</i>	—	—	±	—	±
7. <i>Escherichia coli</i> *....	—	±	—	—	—
8. <i>Aerob. aerogenes</i> *....	—	—	—	—	—
9. <i>Proteus mirabilis</i>	±	+	++	±	+
10. <i>Proteus morgani</i>	±	+	+++	+	++
11. <i>Strep. foecalis</i>				—	—
12. <i>Staph. aureus</i>				—	—

* Nuevas cepas suministradas por O. S. Nación.

CUADRO 3

Cepa ensayada	Antibiótico usado			
	Cloranfenicol 20 ppm		Tetraciclina 30 ppm	
	24 h	48 h	24 h	48 h
1. <i>Salmon. typhimurium</i>	—	—	—	—
2. <i>Salmon. copenhagen</i>	—	—	—	—
3. <i>Salmon. oranienburg</i>	—	++ *	—	++
4. <i>Salmon. newport</i>	—	—	—	—
5. <i>Shigella dysenteriae</i>	—	—	—	—
6. <i>Shigella boydii</i>	—	—	—	—
7. <i>Escherichia coli</i>	—	—	—	—
8. <i>Aerob. aerogenes</i>	—	—	—	—
9. <i>Proteus mirabilis</i>	—	++ *	+	++
10. <i>Proteus morgani</i>	—	—	—	—
11. <i>Streptoc. faecalis</i>	—	—	+	+
12. <i>Staphiloc. aureus</i>	—	—	—	—

* Subiendo la conc. a 30 ppm sigue dando + a las 48 h.

CUADRO 4

Cepa ensayada	Antibióticos ensayados			
	Penicilina 30 ppm		Aureomicina 20 ppm	
	24 h	48 h	24 h	48 h
1. <i>Salmon. typhimurium</i>	±	—	—	—
2. <i>Salmon. copenhagen</i>	—	—	—	—
3. <i>Salmon. oranienburg</i>	—	—	+	—
4. <i>Salmon. newport</i>	—	—	—	—
5. <i>Shigella dysenteriae</i>	—	—	—	—
6. <i>Shigella boydii</i>	+	+	—	—
7. <i>Escherichia coli</i>	—	+	—	—
8. <i>Aerob. aerogenes</i>	+	++	—*	—
9. <i>Proteus mirabilis</i>	—	—	+	—
10. <i>Proteus morgani</i>	+	+	—	—
11. <i>Strep. faecalis</i>	±	+	+	—
12. <i>Staph. aureus</i>	—	—	—	—

* A las 90 h resultado positivo.

En base a los resultados obtenidos, luego de confirmados, se programaron algunas marchas sistemáticas para resolver mezclas de bacterias, según se detalla a continuación:

I) Mezcla de *Escherichia coli*-*Salmonella typhimurium* y *Strep. faecalis*.

Cultivo en caldo nutriente de la mezcla + mezcla de sulfadiazina y pantomicina 20:20 ppm: dio + (salmonela). Se pasó a dos tubos: uno con 30 ppm de penicilina y otro con 20 ppm de aureomicina. Ambos dieron — (confirma la *Salmonella typhimurium*).

Cultivando la mezcla de microorganismos en caldo nutriente con 30 ppm de sulfadiazina dio + (salmonelas y estreptococos). De este cultivo se pasó a 2 tubos: uno con 30 ppm de pantomicina y el otro con 20 ppm de aureomicina; ambos dieron positivo; en el primero habrá quedado salmonela y en el segundo estreptococo. Del primero se pasó a caldo con 30 ppm de cloranfenicol e incubado dio negativo (confirma *Salmonella*). Del segundo se pasó a tubo con caldo nutriente con 30 ppm de cloranfenicol y dio negativo (confirma estreptococo).

II) Mezcla de *Escherichia coli*-*Shigella dysenteriae*-*Staphilococcus aureas* y *Proteus mirabilis*.

La mezcla fue cultivada en caldo nutriente al que se agregó mezcla de sulfadiazina y pantomicina 20:20 ppm. Se incubó a 35° C y dio positivo (corresponde a shigela y proteus).

Se pasó a tubo con 20 ppm de aureomicina e incubó; dio positivo (*Proteus mirabilis*). De este tubo se pasó material a dos tubos: uno con 30 ppm de cloranfenicol y otro con 30 ppm de penicilina. Incubados dio positivo el primero y negativo el segundo lo que confirma al *Proteus mirabilis*.

III) Mezcla de las doce bacterias ensayadas.

Tubo (A) caldo nutriente con mezcla de sulfadiazina y pantomicina 20:20 ppm. Se agregó la mezcla de bacterias e incubó a 35° C. Dio positivo (puede haber quedado salmonelas, shigelas y proteus). Se pasó a otro tubo con 20 ppm de aureomicina e incubó. Dio positivo (pueden haber quedado *Salmonella oranienburg* y *Proteus mirabilis*). Se pasó a otro tubo con 30 ppm de penicilina, se incubó y dio negativo (confirma *Salmonella oranienburg* y *P. mirabilis*).

Tubo (B) con caldo nutriente con 30 ppm de sulfadiazina y la mezcla de bacterias (las cepas de *E. coli* y *A. aerogenes* eran las sensibles a sulfamida). Se incubó a 35° C y dio positivo (habrán quedado todas las bacterias menos *E. coli* y *Aerob. aerogenes*).

De (B) se pasó a dos tubos: (C) con 30 ppm de pentomicina y (D) con 20 ppm de aureomicina. Se incubaron ambos y resultó:

Tubo (C) positivo (quedan eliminados *Strep. foecalis* y *Staph. aureus* y vivos *Shigella*, *Salmonella* y *Proteus*). De (C) se sembraron dos tubos (C₁) y (C₂) el primero con 30 ppm de penicilina y el segundo con 30 ppm de cloranfenicol y se incubaron. Ambos dieron positivo. En (C₁) pueden haber sobrevivido *Shigella* y *P. morganii*; pasando material a un tubo con 30 ppm de cloranfenicol e incubando dio negativo. lo que confirma aquello.

En (C₂) pueden haber sobrevivido *Salmonella oranienburg* y *P. mirabilis*; se pasó material a tubo con 30 ppm de penicilina y se incubó; dio negativo lo que confirma la posibilidad mencionada.

Tubo (D) positivo (pueden haber sobrevivido *Strep. foecalis*, *Salmonella oranienburg* y *P. mirabilis*. Se pasó material a dos tubos: (D₁) con 30 ppm de cloranfenicol y (D₂) con 30 ppm de penicilina y se incubaron. El (D₁) dio positivo (puede haber sobrevivido *Salmonella oranienburg* y *P. mirabilis* se pasó a tubo con 30 ppm de penicilina y dio negativo lo que confirma eso.

El tubo (D₂) dio positivo (puede haber sobrevivido *Strep. foecalis*): se pasó material a otro tubo con 30 ppm de cloranfenicol e incubó; dio negativo lo que confirma era *Strep. foecalis*.

Posteriormente se recibieron otras cepas de *Salmonellas* y *shigellas* y se ensayaron frente a los mismos antibióticos que las anteriores, con los resultados siguientes:

CUADRO 5

Cepa ensayada	Antibiótico ensayado					
	Sulfadiazina 30 ppm		Pantomicina 30 ppm		Mezcla de ambos	
	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1. <i>Salmon. thompson</i> . . .	+	+++	±	+	±	+
2. <i>Salmon. panama</i>	+	+++	±	+	±	+
3. <i>Salmon. enteriditis</i> . .	++	++	+	+	±	+
4. <i>Shigella frexneri</i>	+	+	+	+	—	—

CUADRO 6

Cepa ensayada	Antibiótico ensayado					
	Penicilina 30 ppm		Cloranfenicol 30 ppm		Tetraciclina 30 ppm	
	25 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
1. <i>Salmon. thompson</i> . . .	—	+	—	—	—	—
2. <i>Salmon. panama</i>	—	—	—	—	—	—
3. <i>Salmon. enteriditis</i> . .	+	++	—	—	—	—
4. <i>Shigella flexneri</i>	—	++	—	—	—	—

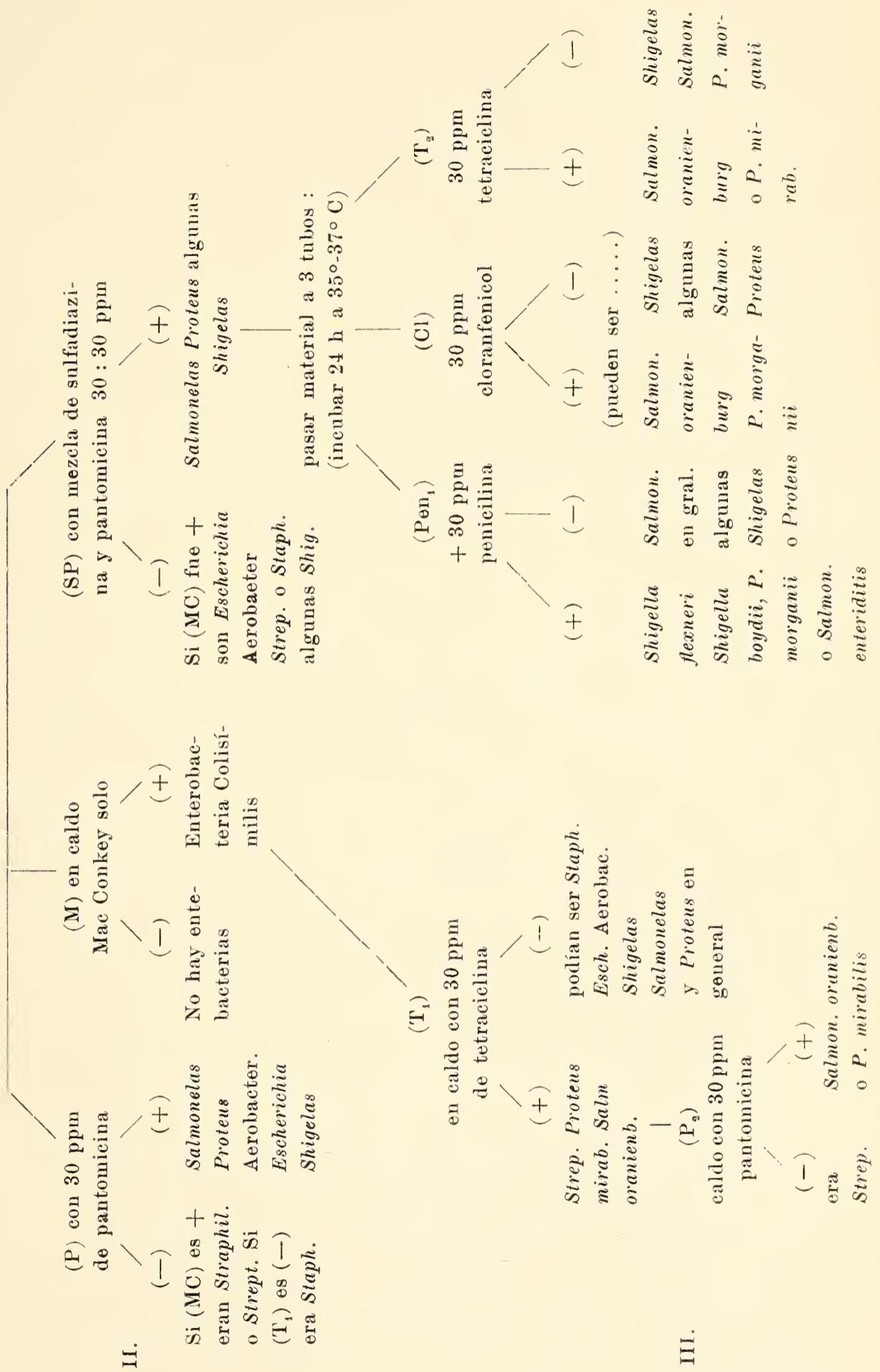
De los ensayos efectuados puede sacarse en conclusión que resultará útil incorporar al caldo Mac Conkey la mezcla de sulfadiazina y pantomicina en las proporciones indicadas, con lo que en un primer paso se pueden eliminar la *Escherichia coli* y el *Aerobacter aerogenes*, los estreptococos y el *Staphilococcus aureus*, quedando en el medio vivos las salmonellas las shigellas en general (aunque debilitadas) y los proteus. Si al caldo Mac Conkey se incorpora solamente pantomicina se eliminan los estreptococos y estafilococos. Entonces se puede programar una marcha que se iniciará con tres ensayos simultáneos: uno en caldo Mac Conkey que servirá para separar enterobacterias de otros microorganismos presentes. Si da negativo no hay enterobacterias y se da por terminada la investigación. Si da positivo hay enterobacterias *. Los otros dos ensayos simultáneos (realizados para ganar tiempo si el resultado del anterior es positivo) se hacen en el mismo caldo; pero a un tubo se agrega 30 ppm de pantomicina y al otro la mezcla de sulfadiazina y pantomicina (30:30 ppm). Con los tubos que acusen resultado positivo se podrá luego proseguir ensayando con otros antibióticos.

Los resultados positivos se pueden observar en general ya a las 6 horas de cultivo y entonces se puede proseguir con los pasos siguientes, sin perder el tiempo. Los resultados negativos requieren de 24 a 48 hs. de incubación para estar seguro del resultado.

* Si la reacción es netamente ácida (color amarillo) hay *E. coli* o *A. aerogenes*. Las otras bacterias ensayadas dan reacción neutra o ligeramente ácida (verde amarillento).

ESQUEMA DE LA MARCHA PARA SEPARAR ENTEROBACTERIAS

I. Dilución de la muestra (1 ml) en 9 ml de caldo Mac Conkey en la 3 formas indicadas, se incuba a 35°-37° C por 24 horas si es necesario



CUADRO 7. — Ensayos e

Cepa ensayada	Sulfadiazina						Panton
	20 ppm		30 ppm		40 ppm		20 pa
	6 h	24 h	24 h	48 h	6 h	24 h	6 h
SALMONELLA							
1. <i>S. thyphimuriun</i>	±	+	±	+	±	+	±
2. <i>S. copenhagen</i>	±	+	±	+	±	+	±
3. <i>S. oranienburg</i>	±	+	±	+	—	+	±
4. <i>S. newport</i>			+	++			±
5. <i>S. thompson</i>			+	+++			
6. <i>S. panama</i>			+	+++			
7. <i>S. enteriditis</i>			++	++			
SHIGELLA							
8. <i>Sh. dysenteriae</i>	—	±	±	±	—	±	—
9. <i>Sh. boydii</i>	—	±	—	±	—	±	—
10. <i>Sh. flexneri</i>			+	+			
COLI							
11. <i>Escherichia coli</i>	±	++	± ²	— ²	±	++	—
12. <i>Aerob. aerogenes</i>	±	+++	— ²	— ²	±	+++	±
PROTEUS							
13. <i>P. mirabilis</i>	—	++	+	++	—	++	±
14. <i>P. morgani</i>	—	++	+	+++	—	++	—
COCOS							
15. <i>Streptococcus sp</i>	±	+			—	+	—
16. <i>Strep. faecalis</i>	—	+			—	+	—
17. <i>Staphiloc. aureus</i>	±	++			±	++	—

¹ 40 ppm ; ² Otra cepa.

ENSAYOS DE SEPARACION DE ENTEROBACTERIAS DE ALIMENTOS 197

iferentes antibióticos

Antibiótico	Mezcla S + P				Penicilina		Cloranfenicol		Tetraciclina	
	20 + 20 ppm		30 + 30 ppm		30 ppm		30 ppm		30 ppm	
48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
	+	+			±	-	-	-	-	-
	+	++			-	-	-	-	-	-
	±	±			-	-	-	++	-	++
	+	+			-	-	-	-	-	-
+			±	+	-	+	-	-	-	-
+			±	+	-	-	-	-	-	-
+			±	+	+	++	-	-	-	-
	±	±			-	-	-	-	-	-
	-	±			+	+	-	-	-	-
+			-	-	-	++	-	-	-	-
	-	-			-	+	-	-	±	-
	-	-			+	++	-	-	-	-
	±	+			-	-	-	++	+	++
	+	++			+	+	-	-	-	-
					±	+	-	-		
	-	-			±	+	-	-	+	+
	-	-			-	-	-	-	-	-

CUADRO 7. — Ensayos de

diferentes antibióticos

Cepa ensayada	Sulfafiazina						Pantoténico		Mezcla S + P		Penicilina		Cloranfenicol		Tetraciclina	
	20 ppm		30 ppm		40 ppm		20 ppm		20 + 20 ppm		30 + 30 ppm		30 ppm		30 ppm	
	6 h	24 h	24 h	48 h	6 h	24 h	6 h	24 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h	24 h	48 h
SALMONELLA																
1. <i>S. thyphimurium</i>	±	+	±	+	±	+	±	+	+	+	±	-	-	-	-	-
2. <i>S. copenhagen</i>	±	+	±	+	±	+	±	+	±	±	-	-	-	-	-	-
3. <i>S. oranienburg</i>	±	+	±	+	-	+	±	+	±	±	-	-	++	-	-	++
4. <i>S. newport</i>			+	+++			±	+	+	+	-	+	-	-	-	-
5. <i>S. thompson</i>			+	+++			+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
6. <i>S. panama</i>			+	+++			+	+	+	+	-	+	-	-	-	-
7. <i>S. enteritidis</i>			++	++							±	+	++	-	-	-
SHIGELLA																
8. <i>Sh. dysenteriae</i>	-	±	±	±	-	±	-	±	±	±	-	-	-	-	-	-
9. <i>Sh. boydii</i>	-	±	-	±	-	±	-	±	-	±	+	+	-	-	-	-
10. <i>Sh. flexneri</i>			+	+							-	-	++	-	-	-
COLI																
11. <i>Escherichia coli</i>	±	++	± ¹	- ²	±	++	-	+	-	-	-	+	-	-	±	-
12. <i>Aerob. aerogenes</i>	±	+++	- ¹	- ²	±	+++	±	++	-	-	+	++	-	-	-	-
PROTEUS																
13. <i>P. mirabilis</i>	-	++	+	++	-	++	±	+	±	+	-	-	-	++	+	++
14. <i>P. morganii</i>	-	++	+	+++	-	++	-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
COCOS																
15. <i>Streptococcus sp.</i>	±	+			-	+	-	+	-	-	±	+	-	-	-	-
16. <i>Strep. faecalis</i>	-	+			-	+	-	+	-	-	±	+	-	-	+	+
17. <i>Staphiloc. aureus</i>	±	++			±	++	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

¹ 40 ppm; ² Otra cepa.

DISCUSION

De los resultados obtenidos con los diferentes microorganismos frente a los diversos antibióticos ensayados se destaca:

- 1º la acción de la mezcla de sulfodiazina y pantomicina sobre las bacterias coli forme (*Escherichia coli* y *Aerobacter aerogenes*) y los cocos (*Streptococcus sp.*, *Streptococcus foecalis* y *Staphilococcus aureus*) y algunas *Shigella*. Esto favorece la identificación de *Salmonella*, sin olvidar que pueden estar presentes algunas *Shigella* y *Proteus*. Esto permite aplicar el ensayo inicial propuesto.
- 2º la acción de la pantomicina sobre los cocos (*Streptococcus foecalis* y *Staphilococcus aureus*) que da otro medio de separación de un grupo de posibles contaminantes y permite completar la primera serie de ensayos propuesta.
- 3º la acción de la sulfadiazina sobre *E. coli* y *A. aerogenes* es interesante; pero la variabilidad de respuesta de estas especies a su acción impide su empleo en una marcha de separación.
- 4º el cloranfenicol resultó el antibiótico más activo frente a las enterobacterias, manifestándose resistentes solamente dos de las ensayadas: la *Salmonella oranienburg* y el *Proteus mirabilis*, fenómeno que puede aprovecharse a fines de identificación de especies.
- 5º La aureomicina y la tetraciclina Squib resultó activa frente a todas las *Shigella* ensayadas y a seis de las *Salmonella* (resistente la *S. oranienburg*); frente a *E. coli* y *A. aerogenes*, al *P. morganii* y al *Staphilococcus aureus*; esto último muy útil para la diferenciación entre la última especie y el Strep. foecalis que le es resistente. La resistencia del *P. mirabilis* resulta útil a los fines de identificación.
- 6º la penicilina se mostró menos efectiva frente a las enterobacterias ensayadas resultando activa frente a menor número que los dos antibióticos anteriores; pero la diferente actividad frente a *Salmonella*, *Shigella* y *Proteus* puede aprovecharse a los fines de su diferenciación. Esto ha sido aprovechado en la marcha de separación propuesta.

El triple ensayo inicial propuesto resulta muy útil para la diferenciación y separación de las enterobacterias que pueden hallarse en alimentos y puede ser completado en sucesivos pasos indicados en la marcha sistemática propuesta.

Si los tres ensayos iniciales dan resultado netamente positivo ello indica la presencia de *Salmonella* o *Proteus*. Para resolver entre ambos géneros podría aplicarse el ensayo con agar-hierro de Kligler (15).

CONCLUSIONES

El empleo de antibióticos en la separación de enterobacterias que pueden contaminar los alimentos, para facilitar la identificación de *Salmonella*, *Shigella* y *Proteus*, ha dado resultados útiles, en base a los cuales se recomienda una marcha inicial, en el análisis bacteriológico, con tres ensayos (descritos en el texto) que ayudará a resolver el problema en forma relativamente sencilla. Podría, el triple ensayo propuesto, reemplazar, en diversos alimentos, la búsqueda de coli por los métodos habituales, con un significado más preciso desde el punto de vista sanitario; por ejemplo en huevos congelados, cremas a base de huevo, hamburguesas, pasteles y empanadas, ostras, etc. La aplicación completa de la marcha sistemática propuesta en el texto permitirá avanzar más aún en la identificación de las bacterias presentes.

BIBLIOGRAFIA

1. *Rendiconti Istituto Superiore di Sanità*. 1^{er} Simposio Internazionale sotto Microbiologia degli Alimenti. Roma 1963.
2. Slanetz L. W. Chichester C. O. y otros; Editors: *Microbiological Quality of Foods*. Academic Press N. Y. (1963)p. 50-102-113 y 119.
3. Lewis, R. H. y Angelotti, R. Ed.: *Examination of Foods for Enteropathogenic and Indicator Bacteria*. U. A. Dept of Health, Ed. & Welfare. Wash. 1964.
4. Mossel, D. A. A.: *Ecological principles and Methodologica Aspects of the examination of Foods for indicator microorganisms*. Journal of the A. O. A. C. 50, 91 (1967).
5. FAO/OMS: Informe N° 399: *Les aspects microb. de l'hygiene des denrées alimentaires*. Roma 1968.
6. Johnso, J. G. -Kunz, L. J. etc: *Biochemical differentiation of the Enterobacteriaceae with the aid of lysine-iron-agar*. Appl. Microb. 14, 212(1966).

7. Jeffries, L. : *Sensitivity to novobiocin and lysozime in the classif. of micrococca-
ceae.* J. of Appl. Bact. 31, N° 4 (1968),
8. Krugers Dagneaux (uso de oxitetraciclina en medio de cultivo para hongo)
Chem. Weekblad 67, 453 (1966).
9. Kazanas N. : (uso de penicilina en media de cultivo) Appl. Microb. 14, 957
(1966)
10. Mossel, D. A. A. *The role of Microb. and Hig. in the manuf. of margarine*
(uso de polimixin, kanamicin y oxitetraciclina en medios de cultivo)
Central Institute of Nutr. and Food research TNO Zeist-The Hetherlands
(1968).
11. Bourgeois, L. D. y otros en Appl. Microb. 15, 1070 (1967).
12. Johuston, M. A. & Thatcher, F. S. : Appl. Microb. 15, 1223 (1967)
13. Lee, J. S. (uso clorotetraciclina en cultivos) Appl. Microb. 15, 543 (1967)
14. la misma cita (3) p. 114.
15. la misma cita (6) p. 213.

Buenos Aires, mayo 1969.

BIBLIOGRAFIA

PAQUETTE, LEO A.: *Principles of Modern Heterocyclic Chemistry*. W. A. Benjamin Inc., New York, 1968, 401 páginas.

El abundante uso de esquemas moleculares torna al libro fácilmente comprensible. Está destinado a los alumnos universitarios que cursan los primeros años de Química y forma parte de las series de monografías cortas, concebidas como suplementos de nivel intermedio para los que comienzan.

El autor no ha pretendido ofrecer ni un examen completo de los métodos de síntesis existentes, ni tampoco de todas las reacciones características de un determinado núcleo heterocíclico, se propone, más bien, presentar un panorama general.

Con el fin de llamar la atención del lector sobre los compuestos de importancia biológica y fisiológica, el Capítulo II trata de "algunos heterocíclicos de interés biológico" y lo hace de manera muy accesible.

Los Capítulos, que contienen ejercicios y una profusa bibliografía, incluyen: Anillos de tres miembros con un heteroátomo; Anillos de tres miembros con dos heteroátomos; Los heterocíclicos de cuatro miembros; Furan, pirrole y tiofene; Heterocíclicos condensados de cinco miembros; Los azoles; El grupo piridina; Quinolina e isoquinolina; Las diazinas y s-triazinas; Principios recientes de síntesis heterocíclica y Algunos heterocíclicos de interés biológico. — *Emilio L. Díaz.*

DE FINA, A. L.; GIANNETTO, F. y SABELLA, L. J.: *Difusión geográfica de cultivos índices en Tierra del Fuego y sus causas*. Publicación N° 13 del Instituto de Suelos y Agrotecnia del I.N.T.A., Buenos Aires, 1969, 43 páginas, con cuadros y mapas.

La presente es la decimosexta publicación de la serie sobre cultivos índices en provincias argentinas.

Se hizo el reconocimiento agroecológico de 12 localidades de la Isla Grande, mediante los 18 cultivos índices adoptados, respecto de los cuales se analizó su difusión geográfica y comportamiento. El estudio del clima abarca 133 lugares (mapa n° 20) e incluye altura, temperaturas medias de enero y julio, precipitación media anual y de los trimestres diciembre-enero-febrero y junio-julio-agosto.

Fueron delimitados 9 distritos agroclimáticos. En el cuadro III se señalan los cultivos factibles con indicación de los distritos donde los mismos son viables. Los cultivos posibles comprenden solamente 54 plantas, distribuidas

en las siguientes categorías: cereales, forestales, forrajeras, frutales, hortalizas e industriales.

La falta de verano propiamente dicho, en Tierra del Fuego, reduce los cultivos posibles. De los 18 cultivos índices sólo 4 se hacen presentes y con comportamiento pobrísimo (peral, manzano, avena y cebada) en particular en lo que se refiere a maduración.

Es una publicación muy útil para el agricultor y para quienes se interesan en estos temas. Puede ser obtenida gratuitamente en el Instituto de Suelos y Agrotecnia, Cerviño 3101, Buenos Aires. — *Emilio L. Díaz.*

Interstellar ionized hydrogen, editado por Yervant Terzian. W. A. Benjamin Inc. New York, 1968, 774 páginas, con numerosos gráficos.

El volumen contiene 32 trabajos presentados al Simposio sobre Regiones HII, que tuvo lugar en Charlottesville (Virginia, EE. UU.) en diciembre de 1967, y que fuera organizado por el National Radio Astronomy Observatory y por el Arecibo Ionospheric Observatory (Universidad de Cornell). El simposio trató de reunir a astrónomos que trabajan en los campos teórico, óptico, infrarrojo y de radio, para analizar los recientes progresos sobre materia interestelar. A continuación de cada artículo se da un resumen del debate del mismo.

Las sesiones cubrieron los siguientes temas: Observaciones vinculadas a regiones donde se forman estrellas; Evolución de las estrellas y de las regiones HII; Observaciones ópticas y de radio en las regiones HII; Líneas de radio-recombinación; Las temperaturas electrónicas en las regiones HII; Distribución global de las regiones HII y; Emisión OH.

Es llamativo lo que dice el Sr. Gert Westerhout (notas finales, observaciones radio, página 771): 'Vine a esta conferencia pensando que no sabía gran cosa de las regiones HII. Creo que la conferencia ha sido sumamente exitosa, porque ahora no entiendo nada de las regiones HII'. Termina señalando que las observaciones radio se encontrarán pronto en un callejón sin salida, a menos de comenzar con el uso de interferómetros; llama también la atención sobre la gran cantidad de trabajo que espera a los astrónomos ópticos y teóricos.

El libro es de gran interés para los astrónomos y físicos. — *Emilio L. Díaz.*

GENTILE, RICHARD J. *Influence of structural movement on sedimentation*, University of Missouri Press, Columbia, Missouri, U.S.A., 1968, 84 páginas, con fotografías e ilustraciones.

Se trata de una investigación referida al período pennsylvaniano y localizada en el Missouri Occidental.

El trabajo de campaña fue realizado entre 1960 y 1965 y se funda, en gran medida, en material estratigráfico. Expresa el autor que las variaciones en las características físicas de muchas de las delgadas unidades litológicas del Missouri Occidental, se explican mejor suponiendo deformaciones estructurales de la superficie de deposición, contemporáneas con la sedimentación; y que las variaciones mayores ocurren en las vecindades de los anticlinales suaves y anchos, de dimensión regional, de arrumbamiento noroeste.

Los capítulos incluyen: Estratigrafía descriptiva; Geología estructural; Va-

riaciones físicas de las secuencias cíclicas en la zona del condado de Bates; Relaciones entre los movimientos estructurales y la estratigrafía; Paleogeografía y; Conclusiones.

La obra aporta sugerencias útiles y puede ser un buen elemento de comparación. — *Emilio L. Díaz.*

Saline deposits, editado por Richard B. Mattox y publicado por The Geological Society of America, 1968, 701 páginas, con numerosas ilustraciones.

Contiene 29 trabajos, así como resúmenes de otros, presentados a la Conferencia Internacional sobre Depósitos Salinos, realizada en 1962, en los Estados Unidos. Cubren los siguientes capítulos: Zonas de campaña; Estratigrafía y geología estructural; Geoquímica; Propiedades físicas e; Informes sobre las Sesiones de Trabajo.

La Conferencia tuvo por objeto lograr un máximo de intercambio de información científica, teniendo en cuenta que el conocimiento sobre depósitos salinos es vital desde el punto de vista científico y para las exigencias del desarrollo nacional. Los depósitos están íntimamente vinculados a las deformaciones estructurales y pueden constituir importantes agentes causales de aspectos tectónicos.

Los asistentes a la Conferencia visitaron la Cuenca Paradox, en Utah Suroriental, la Cuenca Pérmica de Texas Occidental y la región de domos de sal de la Costa del Golfo de Méjico.

El volumen ofrece un muy considerable cúmulo de información actualizada y es un elemento de sumo valor para el geólogo. — *Emilio L. Díaz.*

BERTEIN, FRANÇOIS. *Bases de l'Electronique Quantique*. Volumen 2, Editions Eyrolles, Paris, 1969, 601 páginas, con gráficos.

La obra se propone, fundamentalmente, analizar el comportamiento de la materia en presencia de campos electromagnéticos, desentrañando las propiedades y métodos de estudio más importantes. Las aplicaciones sólo se examinan respecto de sus características esenciales. Se presta especial atención al dominio de los campos electromagnéticos de radiofrecuencias (incluidas las ultrafrecuencias). En lo que se refiere a los cuerpos considerados, en principio se trata de los monoatómicos, con algunas nociones sumarias sobre moléculas y cristales.

Los capítulos incluyen: Nociones sobre sólidos y moléculas; Transiciones debidas a perturbaciones; Radiación, fórmulas fundamentales de interacción con una partícula; Estados de mezcla, gas en equilibrio termodinámico; Emisión espontánea de radiación por un gas; Absorción dipolar de un gas; Absorción dipolar magnética de los nodos y de los iones en los cristales; Estudio de la absorción con ayuda de circuitos eléctricos; Activación por "bombeo"; Masers; Lasers; Dos propiedades asociadas a los lasers. Anexos: Entropía de un gas en equilibrio; Funciones aleatorias, densidades espectrales; Evolución del campo electromagnético en presencia de materia; El ruido de los circuitos lineales pasivos; Aplicación de las representaciones de grupos de simetría; Modos de un resonador óptico. Cada capítulo lleva ejercicios al final del mismo.

El tratamiento de los temas es profundo, con considerable aparato matemático. La obra es particularmente útil para investigadores.—*Emilio L. Díaz.*

ROBERTS, J. D. and CASERIO, M. C. *Modern Organic Chemistry*, W. A. Benjamin Inc., New York, 1967, 844 páginas, con numerosos gráficos.

El libro es esencialmente didáctico, destinado a alumnos que se inician en el estudio de la química a nivel universitario. Contiene un mínimo de expresiones matemáticas y provee gran número de ejercicios. Se ha tratado de dar al instructor las más amplias facilidades para seleccionar lo que desee enseñar y la forma de hacerlo.

La obra responde a las ideas modernas, en el sentido de que un químico orgánico es alguien versado en la gama que va desde la química física hasta la química biológica. Se ha prestado especial consideración a la termoquímica, como una ayuda para comprender las reacciones orgánicas. La aplicación de la espectroscopía a los problemas de la química orgánica ha sido motivo de especial énfasis.

De entre los 35 capítulos, pueden citarse los vinculados a la espectroscopía de las moléculas orgánicas, a los hidrocarburos saturados, unión de moléculas orgánicas (modelos atómicos orbitales), olefinas, acetilenos, aplicación del método de resonancia, desplazamiento nucleofílico, compuestos organometálicos, alcoholes y éteres, aldehídos y cetonas, carbohidratos, compuestos orgánicos nitrogenados, aminoácidos, péptidos, proteínas y enzimas, serie aromática, compuestos halógenos aromáticos, derivados aromáticos, tintes y fotoquímica, polímeros, química de los productos naturales y compuestos orgánicos de silicio, fósforo y boro.

La redacción es clara y accesible, con un adecuado grado de recurrencia de los conceptos, a fin de la buena fijación de los conocimientos.—*Emilio L. Díaz.*

LIGHT, ROBLEY J. *A Brief Introduction to Biochemistry*, W. A. Benjamin, Inc., New York, 1968, 166 páginas con ilustraciones.

El volumen es uno de los aproximadamente quince de la Serie de Monografías de Química General. Esta serie responde a un intento de satisfacer el hecho de que ningún libro puede abarcar todos los temas que un instructor considera importantes y que ningún autor puede enfocar con autoridad todos los tópicos. El énfasis ha sido puesto en los principios generales y en una teoría unificadora, sin descuidar los experimentos.

El libro está destinado a los alumnos de primer año de química y de biología, presentándoles los principios básicos del tema. Es útil, también, para los que desean aprender algo de lo que trata la bioquímica.

De su contenido, cabe citar la siguiente frase que puede contener un pronóstico: "La base química de la memoria, por ejemplo, puede resultar aún más compleja e interesante que la base química de la herencia".

La obra se compone de los siguientes capítulos, redactados con lenguaje claro y directo y con indicaciones de material de lectura: El organismo vivo; Catálisis; Energía; Metabolismo; Transferencia de información; Mecanismos de control; Perspectivas y un Apéndice sobre concentración del ión hidrógeno.—*Emilio L. Díaz.*

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS
DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

NOTA PRELIMINAR SOBRE DISTRIBUCION DE LOS CEFALOPODOS
DEL ATLANTICO SUDOCCIDENTAL

LISTA DE ESPECIES INCLUYENDO LAS DEL SECTOR ANTARTICO

POR ZULMA J. A. DE CASTELLANOS Y ROBERTO MENNI

RESUMEN

Los autores han realizado un estudio preliminar sobre la distribución de los Cefalópodos del Atlántico sudoccidental, usando los datos de las investigaciones que se efectuaron con la colección del «Walther Herwig», las colecciones del Museo de La Plata y Museo Argentino de Ciencias Naturales y con el auxilio de la bibliografía existente. La distribución está basada, cuando ha sido posible, en las características hidrológicas de la zona.

La distribución de *Loligo brasiliensis*, *L. gahi*, *Illex argentinus* y *Martialia hyadesi* y los pulpos *Octopus tehuelchus* y los grupos específicos del género *Benthoctopus* y *Paraeledone* se discute en especial. Una lista sistemática de las especies incluso las del sector antártico completan el trabajo.

ABSTRACT

The authors had made a sketch of the distribution of cephalopods in the South west Atlantic using data from the systematic investigation of material belonging to the «Walther Herwig» expedition, the collections at the Museo de La Plata and Museo Argentino de Ciencias Naturales, and bibliography. This distribution was based, when possible, on the hydrological characteristic.

The distribution of Decapoda *Loligo brasiliensis*, *Loligo gahi*, *Illex argentinus* and *Martialia hyadesi*, the Octopoda *Oetopus tehuelehus* and the groups of genus *Benthoctopus* and *Paraeledone* is especially discussed. A systematic list with species of the Antarctic Sector is included.

Si bien la confección de mapas de distribución es sólo el primer paso en la zoogeografía moderna, respecto a los cefalópodos del Atlántico sudoccidental, aún este mapa no ha sido trazado, no conociéndose hasta el momento si las especies se distribuyen o no conforme a las provincias malacológicas clásicas, conocidas para los restantes moluscos.

Los registros de cefalópodos, en esta parte del Atlántico, son escasos, y algunos tiene datos imprecisos respecto a la procedencia de la muestra, la temperatura, profundidad, tipo de agua, distancia a la costa, etc.; exceptuando los de valor comercial, o los que por ser eslabones en las cadenas tróficas de determinados peces explotables son habituales en las capturas realizadas con finalidad pesquera.

Con motivo del estudio de parte de los cefalópodos del "Walther Herwig", los autores han podido disponer de datos un poco más amplios sobre distribución de especies habituales y hasta de formas ocasionales para la fauna argentina, algunas de las cuales ya fueron citadas en publicaciones anteriores. El simple mapeo de los datos disponibles hasta el momento (materiales del "W. Herwig", colección del Museo de La Plata y colección del Museo Argentino "Bernardino Rivadavia") presenta un panorama de gran interés, quizá por ser el primero, y cuyas implicancias no podrán ser desarrolladas hasta que se lleve a cabo un muestreo importante de esta fauna, en el mar argentino y fuera de él.

Es imprescindible hacer una diferencia entre la distribución de octópodos y decápodos. Los primeros, de predominio bentónico, se agrupan en líneas paralelas a la costa a lo largo del litoral, y los de profundidad o plataforma media son mucho menos conocidos, pues los arrastres pesqueros acostumbrados no se hacen directamente sobre el sustrato. No obstante, para los pulpos litorales de predominio subtropical, podría decirse que su distribución llega hasta donde lo hagan las aguas residuales o costeras, tal como sucede con *Eledone massyae* y *Octopus tehuelchus*; y para los de predominio subantártico, como el género *Benthoctopus*; con varias especies del sur magallánico, hasta donde lleguen las aguas frías de influencia antártica.

Para los pulpos de plataforma media, y de profundidad, es posible una distribución más amplia.

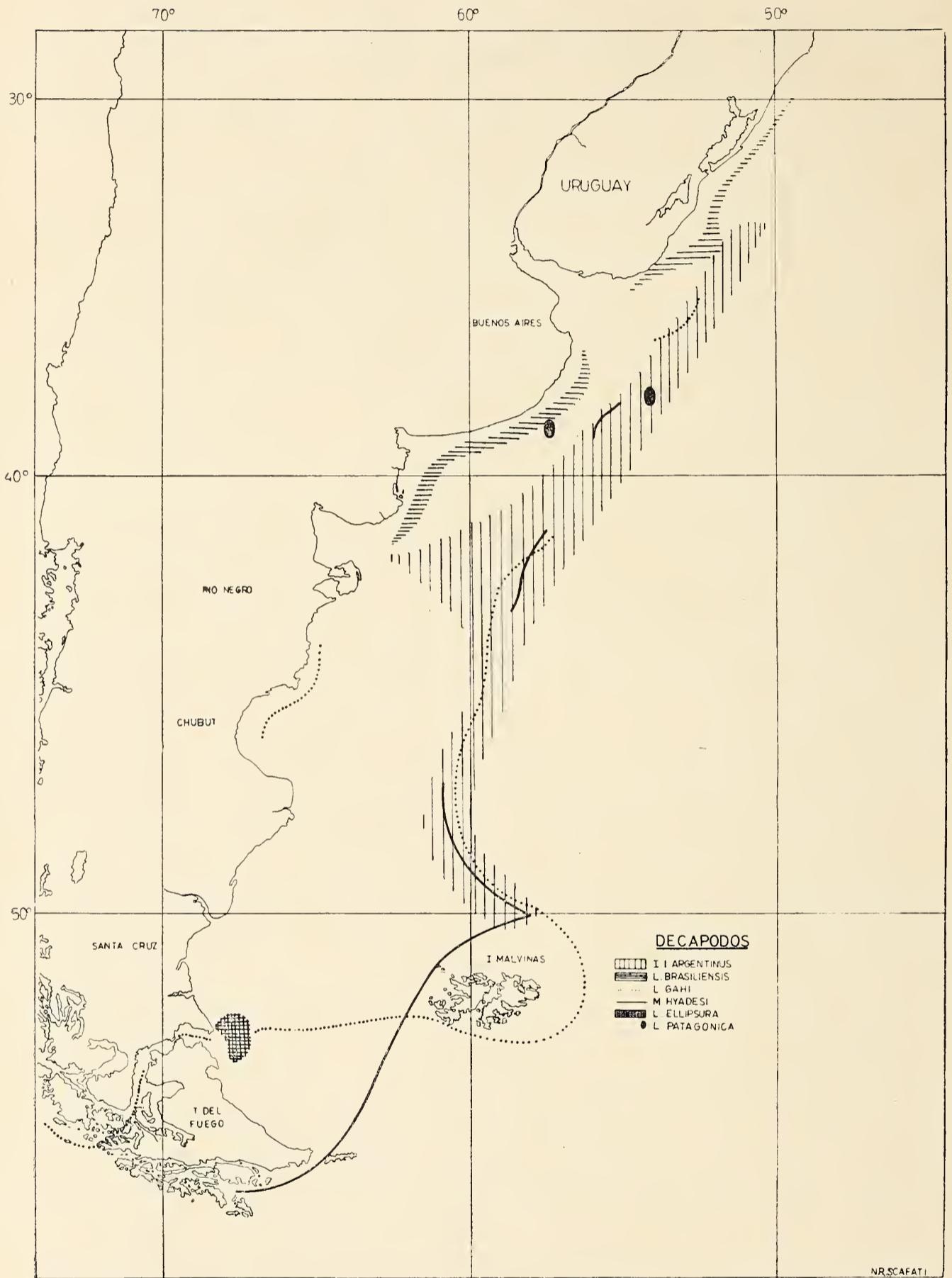
Respecto a los decápodos, dado su carácter nadador, nerítico o pelágico, con mayores posibilidades de desplazamiento, llegan muchas veces al cosmopolitismo, u ocupan áreas relativamente o muy extensas, con límites variados; pero en general disponiéndose con

relativo acuerdo a las diferentes corrientes marinas. Sería prematuro establecer un porcentaje de endemismo en los casos citados, pero puede adelantarse el cuadro adjunto, común a los decápodos y octópodos más representativos.

<i>Octopus tehuelchus</i>		Aguas residuales de plataforma
<i>Eledone massyae</i>	<i>Loligo brasiliensis</i>	
<i>Benthoctopus magallanicus</i>	<i>Loligo patagonica</i>	Aguas frías costeras
<i>Benthoctopus eureka</i>	<i>Loligo ellipsura</i>	
	<i>Illex argentinus</i>	Aguas frías profundas
	<i>Martialia hyadesi</i>	
<i>Joubinia fentaintana</i>	<i>Loligo gahi</i>	
	<i>Heteroteuthis tenera</i>	
	<i>Onychoteuthis banksi</i>	Cosmopolitas
	<i>Pterigioteuthis giardi</i>	
	<i>Moroteuthis ingens</i>	

Otro problema de interés, es el de la distribución vertical de los cefalópodos nectónicos. De datos recogidos en sucesivos trabajos sobre merluza (Angelescu y otros), sobre la pesca de centolla (Angelescu y otros), sobre langostín (Boschi), del muestreo del Herwig y de registros publicados en obras extranjeras, puede concluirse que en rango de distribución vertical es, salvo excepciones, de gran amplitud.

La especie explotable del mar argentino, *Illex argentinus*, como consecuencia de la multiplicidad de muestreo, lo que se debe en gran parte a la concordancia con el área pesquera de la merluza, permitió dar a conocer algunos aspectos de su biología (Castellanos) 1964, y actualmente gracias a la amplitud del área de prospección del "Walther Herwig", puede asegurarse que se distribuye de NE a SW siguiendo el talud continental y hasta 800 metros de profundidad (Est. 426 WH) considerándose que su hábitat natural comprende una extensa área cuyo límite inferior está por lo menos a latitud 50° 10' S, según datos sobre contenido intestinal de merluza proporcionados por el Dr. Angelescu, lo que significa que el sector más austral de su distribución se curva hacia el Este en las cercanías de Malvinas siguiendo el talud. (Est. 311, 315, 318, 323 WH). Seguramente no está presente en aguas entre Tierra del Fuego y Malvinas. Por otra parte, en las estaciones realizadas por el Herwig dentro de la plataforma y en forma de zig-zag hacia la costa, no se ha capturado *Illex argentinus*, lo que indicaría



que el gran calamar argentino no penetra en la plataforma (Est. 272, 271, 364, 362, 382, WH) salvo para desovar? (Est. 281 WH), haciendo la salvedad que para la época del año (invernal) en esta estación hay aguas frías de la corriente de Malvinas. Es interesante destacar que *Illex coindetti*, de Africa occidental, también prefiere aguas del talud (Adam, 1952).

Otra especie el gran calamar violáceo, *Martialia hyadesi*, posiblemente vinculado a formas del Pacífico, penetra de Sur a Norte por el Cabo de Hornos, de donde es la cita original (Bahía Orange), rodeando Malvinas hacia el NW y distribuyéndose sobre el talud en forma algo discontinua (según el muestreo) especialmente alrededor de los 200 metros, mostrándose relativamente estenobática respecto a la especie anterior y perdiéndose a los 38° 55' S. Podría esperarse su hallazgo en aguas de la corriente de Malvinas, hasta donde éstas llegaran, pues la consideramos estenoterma de aguas frías.

El calamar *Ornithoteuthis antillarum*, de marcada estirpe tropical, conocido desde Antillas, se ha encontrado en aguas profundas, 800 metros, a la altura de Uruguay. Es posible que siguiendo la corriente de Brasil alcance Sud Africa, donde Voss registró el género en contenido intestinal de *Alepisaurus ferox* y posiblemente se trate de la misma especie. Es de esperar que nuevas capturas permitan comprobar su acentuada euribatia: 6 brazas en Antillas (Voss), 500 metros en Sud Africa (Voss) y 800 metros en Uruguay (Castellanos-Menni).

En cuanto a los Miópsidos del género *Loligo*, se destaca por su abundancia *L. brasiliensis* cuyo límite norte no podemos precisar exactamente, suponemos que proviene de Brasil, aun cuando ha sido citado más al Norte. De acuerdo al muestreo del W. Herwig, su presencia es real desde Uruguay, no habiendo sido capturado en aguas afuera del Río de la Plata, lo cual indica en el mapa una aparente discontinuidad. Normalmente se encuentra *L. brasiliensis* en la zona costera marplatense en el mismo habitat hidrobiológico de *Hymenopenaeus mülleri* y *Artemesia longinaris*, por lo cual es bien conocido en la zona. Su límite sur debe sufrir variaciones estacionales de acuerdo a la distribución de las aguas residuales o de plataforma. La cita más austral es hasta el presente Lat. 42° Sur.

La especie de *Loligo* que concuerda aproximadamente con el habitat de *Illex argentinus*, pero con penetración de Sur a Norte opuesta a la de *Illex*, es *L. gahi* que penetra desde el Pacífico

por el Estrecho de Magallanes o bien por el Cabo de Hornos a aguas de Tierra del Fuego, intentando dos vías de penetración por el Atlántico, una de ellas costera, que según el muestreo de Operación Centolla, año 1960, afloraría en Golfo San Jorge y Rawson, y la otra, de la que contamos con un muestreo casi continuo (Exp. WH) asciende bordeando Malvinas y por el borde de la plataforma y talud llega a latitudes de 36° S. a profundidades entre 200 y 600 metros y más especialmente entre 200 y 400 metros. La discontinuidad que se observa en el mapa entre las latitudes 36° S y 42° S se debe, pensamos, o a ausencia casual en el muestreo o a que forma parte del material que no ha llegado a nuestras manos.

Otras especies de *Loligo*, al parecer de áreas restringidas, son *L. patagonica* y *L. ellipsura*, citadas para el sur Patagónico y magallánico, según lista específica adjunta.

Los pulpos costeros muestran, según manifestábamos anteriormente, ciertas limitaciones de acuerdo a las condiciones físicas, hidrobiológicas y sedimentológicas. Según Angelescu y Boschi (Estudio Biol. Pesq. del langostino, 1959), "La batimetría de la región costera (de Mar del Plata) es armónica y las isobatas de 10 a 20 brazas, cuando más se avanza al norte, se alejan de la línea del litoral, abriéndose en forma de abanico, particularidad que permite pescar a profundidades reducidas en lugares distanciados de la costa. "La naturaleza del fondo, con respecto a sus constituyentes es uniforme, y dominan los depósitos arenosos mezclados".

Ello probablemente condicione su distribución.

Es notable que mientras el límite de los octópodos litorales concuerda con lo que tradicionalmente es el límite entre las regiones malacológicas argentina y magallánica, para los de profundidad, que han sido capturados sobre la plataforma media, o en el borde de la plataforma, los límites se extienden más al sur, no correlacionándose estrictamente con el límite de los litorales.

La especie explotable *O. tehuelchus* se distribuye desde Uruguay hasta el Golfo San Matías, siendo abundante en la costa bonaerense, especialmente en Bahía San Blas, bajo piedras. (Loc. típica).

En Puerto Lobos, y Bahía Craker, aparece un pulpo de habitat restringido, pero abundante y de explotación local, se trata de *O. lobensis*, de evidente afinidad con *O. tehuelchus* y con *O. joubini*, especie de aguas someras de Brasil. Pensamos que *O. joubini*, *O. tehuelchus* y la especie de Puerto Lobos, son la resultante de un problema de especiación concluido.

Otra forma litoral de límites más o menos estrictos es *Eledone massyae*, que se distribuye de Antillas hasta Chubut, también en aguas de plataforma; por lo tanto su distribución está influida por las variaciones que éstas sufren. Es lógico entonces su presencia en Chubut, y lo sería hasta Golfo San Jorge.

Entre los pulpos de plataforma media y talud, contamos a *Tetrapheledone spinicirrus* (entre los 200 y 580 metros), que proveniente de aguas cálidas de Antillas se pierde a la altura de Golfo San Jorge, (Est. 305 WH) en profundidades entre 100 y 800 metros.

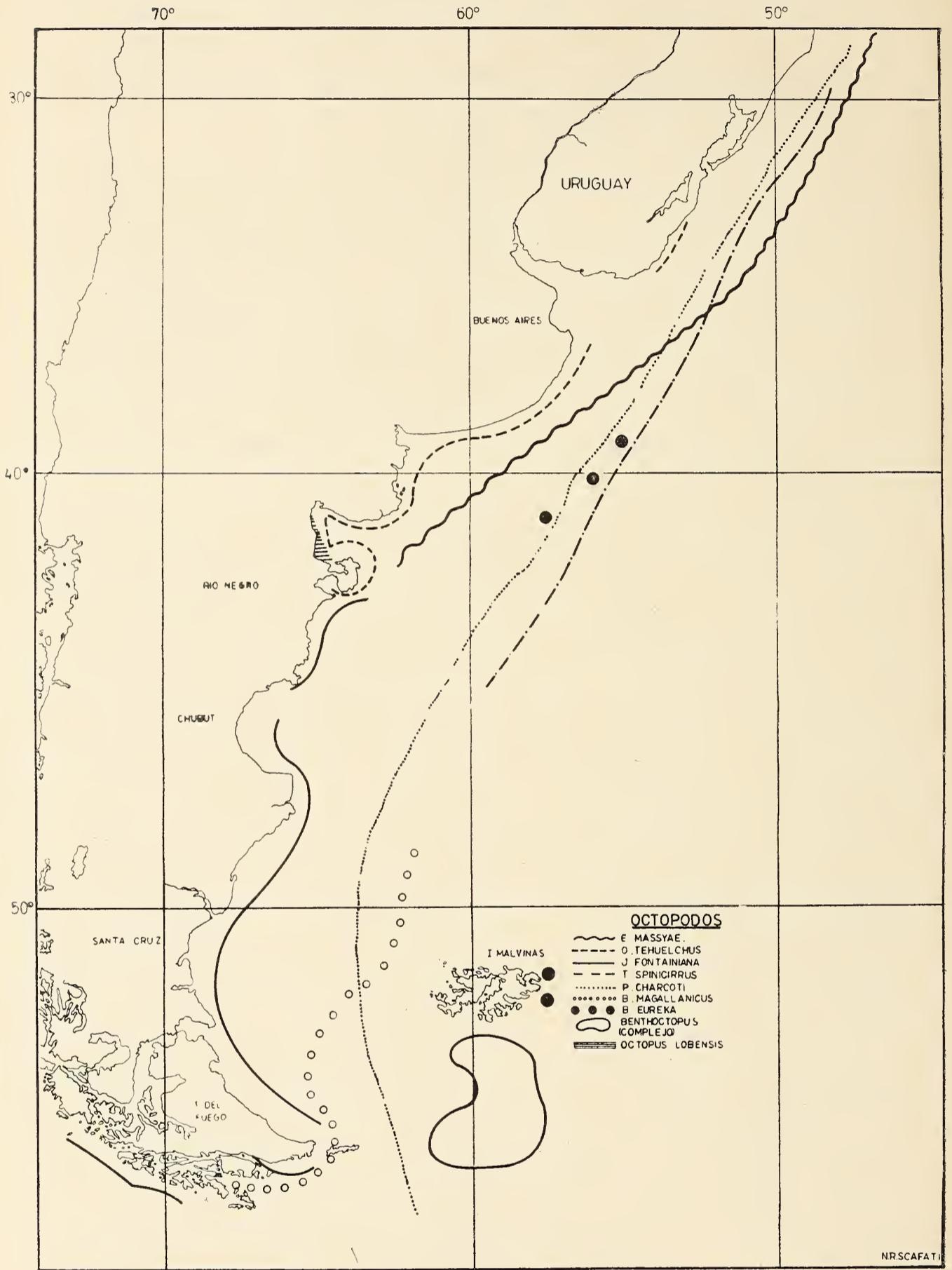
Entre las especies cosmopolitas de pulpos, podemos mencionar a *Joubinia fontainiana*, que penetra desde el Pacífico hasta la altura de Pto. Madryn en distribución litoral, y *Pteroctopus tetracirrus*, también cosmopolita, que ha sido hallado a latitud $34^{\circ} 37' S.$ y longitud $52^{\circ} 15' W.$ a profundidades de 120 metros, aunque en Antillas se presenta hasta 1.200 metros.

El complejo octopodiano del Sur es, a la altura de nuestros conocimientos poco descifrable. Los géneros *Benthoctopus* y *Enteroctopus* parecen ser, en el sur magallánico, el centro de dispersión de una serie de formas, principalmente dentro de la plataforma (tal vez algún *Benthoctopus* alcance mayor profundidad) en una área casi circular que comprende Tierra del Fuego, Malvinas y el Banco Burdwood. Gilbert Voss, (com. personal) estudiando pulpos de esa área, encuentra "problemas importantes y difíciles de interpretar" que publicará próximamente.

Los eledónidos, con *Paraeledone*, *Graneledone* y *Bentheledone* parecen formas radiadas de un núcleo antártico, que a pesar de la fosa de Drake y de la convergencia antártica, han penetrado ganando una distribución subantártica siguiendo la corriente de Malvinas, aunque en realidad, *Paraeledone turqueti* y *P. charcoti* llegan a latitudes bonaerenses, y aún brasileras (Massy).

El material con que contamos es exiguo y no nos permite mayor elaboración. La lista sistemática y de distribución que se adjunta, incluyendo formas del Sector Antártico, tiene la finalidad de aunar registros aislados y actualizar su distribución, al menos para esta parte del Atlántico.

Robson, había manifestado en 1929-32, que formas como *O. tuelchus*, de cuya existencia dudaba, eran "desconocidas y enigmáticas". Más recientemente, Adam, 1956, afirma que la fauna de cefalópodos de las costas americanas del Atlántico, es de todas ma-



neras, demasiado poco conocida para discutir sus relaciones zoogeográficas”.

Esperamos que este primer acceso al problema sea de utilidad, y constituya la base para nuevas argumentaciones.

OCTOPODA

Octopus tehuelchus D'Orb. 1846

Loc. tipo: Bahía San Blas, Pcia. de Buenos Aires. *Sintipo*: no traced.

Distribución: Uruguay y costa bonaerense hasta Golfo San Matías.

Según Carcellos, 1944: “Sur de Brasil hasta Golfo Nuevo, 42° 43' S, 65° 02' W.

Octopus lobensis Castellanos-Menni

Loc. tipo: Puerto Lobos, Golfo San Matías.

Distribución: Puerto Lobos y Bahía Cracker, Golfo San Matías, Golfo Nuevo.

Serie tipo: Museo de La Plata, Argentina.

Octopus patagonicus Lömberg 1898

Holotipo: Zool. State. Mus Stockholm.

Loc. tipo: Punta Arenas y Pto. Churruca, Patagonia.

Distribución: Sur de Patagonia.

Observaciones: Según Robson, después de revisado el tipo, coincide con *Enteroctopus megalocyatus*.

Octopus brucei (Hoyle) 1912

Loc. tipo: Burdwood Bank, aguas afuera de Tierra del Fuego.

Distribución: Malvinas, Canal de Beagle.

Octopus pentherinus Roch. y Mab. 1887

Loc. tipo: Bahía Orange.

Distribución: Punta Arenas, Falso Cabo de Hornos.

Observaciones: No se halló el tipo en el Museo de París. (Robson).

Joubinia fontainiana (D'Orb.) 1835

Holotipo: Museo de Historia Natural, París.

Loc. tipo: Valparaíso, Chile.

Distribución: Patagonia, Comodoro Rivadavia, Pto. Madryn, Ushuaia, Perú, Chile, Ceylan, Islas Sandwich.

Enteroctopus megalocyatus (Gould) 1852

Loc. tipo: Bahía Gregorio, Estrecho de Magallanes.

Distribución: Bahía Orange; Sólo conocido en esa zona.

Enteroctopus membranaceus (Roch. y Mab.) 1891

Holotipo: desconocido.

Loc. tipo: Bahía Orange, Cabo de Hornos.

Distribución: Sólo conocido en la localidad típica.

Benthoctopus januarium (Hoyle) 1885

Holotipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Barra Grande, Brasil, y posiblemente Argentina hasta Tierra del Fuego. Según Dall, (Challenger Report) Cocos Island: 5° 26' S. Este del Japón. Lat. 34° N, en el Pacífico Norte.

Benthoctopus magallanicus Robson 1929

Loc. tipo: Bahía Orange.

Distribución: Falso Cabo de Hornos, Malvinas, Patagonia, Tierra del Fuego.

Benthoctopus eureka Robson 1932

Loc. tipo: Islas Malvinas.

Sintipo: en el Royal Scottish Museum, Edinburgo.

Distribución: Malvinas. Nuevo material de: 39° 40' lat. S, 56° Long. Oeste.

Bentoctopus laevis (Hoyle) 1885

Loc. típica: Islas Heard. Posiblemente Malvinas.

Distribución: 52° 59' Lat. S, 79° 33' Long. W. Océano Indico. 75 brazas.

Pteroctopus tetracirrhus (delle Chiaje) 1830

Loc. tipo: Mediterráneo.

Tipo: Museo de Historia Natural de París.

Distribución: Mediterráneo; Costa este y oeste de Africa; Cuba; Florida; Golfo de Méjico; Brasil hasta 34° 37' Lat. S, 52° 15' Long. W.

Grimpoteuthis gracialis (Robson) 1930

Tipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Canal Schollaert, Arch. Palmer.

Distribución: Archipiélago Palmer, hasta 273 brazas.

Stauroteuthis sp. Hoyle 1885

Loc. tipo: 66° 40' Lat. S, 40° 35' Long. W.

Distribución: Mar de Weddell, a más de 2.000 brazas.

Eledone massyae Voss 1954

Loc. tipo: Río de Janeiro. Cabo Frío.

Tipo: Dep. Sec. Agr. Sao Paulo.

Distribución: Antillas, Isla Trinidad, costa argentina hasta Rawson, Chubut.

Tetracheledone spinicirrus Voss 1955

Loc. tipo: Matanzas, Cuba, a 145-190 brazas.

Holotipo: Museum of Comparative Zoology.

Distribución: Florida, Golfo de Méjico, norte y sud de Cuba, Brasil, hasta Argentina

Bentheledone rotunda (Hoyle) 1885

Loc. tipo: 53° 55' Lat. S, 108° 35' Long. E.

Tipo: Museo Británico.

Distribución: Sur de Patagonia, Región Magallánica; Sud Georgia; Marion y Eduardo; Kerguelen; Valparaíso, Australia. De 1950 a 2225 brazas.

Graneledone setebos Robson 1930

Tipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Mc Murdo, Cabo Evans, Antártida.

Distribución: Sólo conocido en la localidad tipo.

Thaumaedone gunteri Robson 1930

Loc. tipo: Sud Georgia, 53° 48' Lat. S, 53° 37' Long W, a 22 hasta 219 brazas.

Holotipo: Museo Británico.

Distribución: Sólo conocida de la localidad típica. Kerguelen, según Carcelles.

Thaumaedone brevis Hoyle 1885

Holotipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Montevideo, 600' brazas.

Distribución: 37° 19' Lat. S, 53° 12' Long. W.

Paraeledone polymorpha (Robson) 1930

Tipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Sud Georgia.

Distribución: Sud Georgia, 149 brazas.

Paraeledone turqueti (Joubin) 1905

Holotipo: Museo de Historia Natural, París.

Loc. tipo: Isla Wandel, Bahía Cartago, 65° 05' Lat. S.

Distribución: Antártida, Arch. Palmer; Bahía Almirantazgo; Mc Murdo; Costa Danco; Georgias, Shetlands. Hasta aguas afuera de Río de Janeiro, Brasil, en fondo de arena a 40 brazas (e-gún Massy) 25 metros en la loc. típica.

***Paraeledone charcoti* (Joubin) 1905**

Tipo: Museo de Historia Natural de París.

Loc. tipo: Isla Wandel, Antártida.

Distribución: Subantártica; Isla Georgias del Sur; Orcadas; Shearlands; Mc Murdo; Tierra de la Reina María. Aguas afuera de Río de Janeiro, Brasil, en fondo de arena a 40 brazas, (según Massy). A lo largo de corriente de Malvinas.

DECAPODA

***Heteroteuthis tenera* (Verrill) 1880**

Holotipo: Quizá en le Museo Peabody, de la Universidad de Yale.

Loc. tipo: off Newport, Rhode Island.

Distribución: Este del Atlántico Norte de Europa, Irlanda, Oeste del Atlántico Norte, Florida, Golfo de Méjico, Caribe, Brasil y Argentina.

***Loligo brasiliensis* Blainville 1923**

Distribución: Cuba, Antillas, Brasil según D'Orb.; Uruguay (Montevideo según Hoyle) y Argentina hasta Golfo de San Matías.

Habitat: Costero, posiblemente hasta 135 metros, en la zona de influencia de las aguas residuales, muy común en la zona pesquera bonaerense, hasta 100 metros.

***Loligo ellipsura* Hoyle 1885**

Loc. tipo: 52° 20' Lat. S, 67° 31' Long W; a la altura de Cabo Vírgenes, Patagonia. 55 brazas, en arena.

Distribución: Sólo conocido en la loc. típica.

Loligo patagonica Smith 1881

Loc. tipo: Alert Harbour, Trinidad Channel, costa oeste de Patagonia.

Distribución: 38° 15' Lat. S, 54° 20' Long. W (44-55 brazas), 39° S, 57° 10' W, según nuestro material. Según Hoyle, Patagonia de 45 a 97 brazas.

Loligo gahi D'Orb. 1835

Distribución: Perú; Valparaíso, Chile; por el Atlántico desde Tierra del Fuego hasta Golfo San Jorge y por el talud y fuera de él hasta 36° Lat. S y 52° 58' Long W. Región Patagónica según Hoyle. Entre 87 y 600 metros.

Illex argentinus Castellanos 1960

Holotipo: Museo de La Plata.

Distribución: Desde 35° a 47° Lat. S y desde 52° a 61° Long. W.

Habitat: de 200 a 800 metros.

Martialia hyadesi Roch. y Mab. 1891

Loc. tipo: Bahía Orange, Falso Cabo de Hornos.

Distribución: Sur de Patagonia e Islas Malvinas. Atlántico sudoccidental 40° a 43° Lat. S (WH). Entre 100 y 800 metros, sobre el talud.

Ornithoteuthis antillarum Adam 1957

Holotipo: Inst. Royal Sc. Nat. Belgique.

Loc. tipo: Basse Terre, Guadalupe, Antillas.

Distribución: Antillas, 5 brazas (Voss), Brasil, Uruguay, 800 metros, Sud Africa (Voss, *Ornithoteuthis* sp.).

Moroteuthis ingens (Smith) 1881

Loc. tipo: Puerto Río Frío, Patagonia.

Distribución: Región Magallánica, Sur de Patagonia (según Hoyle), Archipiélago Antártico; Orcadas del Sur; Ushuaia; 60° 10' Lat. S, 42° 35' Long. W (Hoyle, 1912).

Pterigioteuthis giardi Fisher 1895

Tipo: Probablemente en la colección de la Exp. del "Talismán". Fisher no cita la localidad típica.

Distribución: Estrecho de Magallanes hasta Panamá; Galápagos; por el Atlántico hasta Río de la Plata; Montevideo. Según Dall: Golfo de Panamá, Galápagos, norte de Guayana, Méjico.

Onychoteuthis banksii (Leach) 1818

Holotipo: Museo Británico.

Loc. tipo: No estipulada.

Distribución: Cosmopolita en aguas cálidas y templada o frías. África Oeste, Noruega a Cabo de Hornos. Golfo San Jorge; área de pesca de la merluza.

Bathyteuthis abyssicola Hoyle 1885

Holotipo: Museo Británico.

Loc. tipo: Entre Islas Marion e Islas Crozet.

Distribución: Tierra de Coats; 71° 22' Lat. S, 18° 15' Long. W "Scotia". Este de los Estados Unidos; Golfo de Méjico; Panamá; sur de Ciudad del Cabo; Norte de Sumatra; Sud de Ceylán; Océano Indico.

Architeuthis sp. Steenstrup 1856

Distribución: Mares Atlánticos y antárticos. Según Carcelles, Islas Elefante y Orcadas del Sur.

Taonius sp. (Lesueur) 1821

Posiblemente *taonius pavo*.

Localidad típica: Sandy Bay, Mass.

Distribución: Newfoundland, Canadá; fuera de Madeira. Citado como *Desmoteuthis* sp. por Hoyle, para 68° 32' Lat. S, 49° 07' Long. W, aguas afuera de Río Grande, Sud América.

Galiteuthis suhni (Hoyle) 1886

Loc. tipo: Posiblemente 47° 25' Lat. S, 130° 22' Long. E.

Distribución: Mar de Weddell; Sur de Australia; Atlántico Ecuatorial en la corriente de Guinea; Mar Mediterráneo y hasta 600 brazas. Citada también a 2.150 brazas.

Alluroteuthis antarcticus Odner 1923

Loc. tipo: 63° 25' Lat. S, 45° 39' Long. W.

Distribución: Mar de Weddell.

Gonatus fabrici Lichtenstein 1818

Loc. tipo: Estrecho Davis, costa de Groenlandia.

Distribución: Irlanda; Norte de las costas de Francia; Cabo de Buena Esperanza; Nueva Scottia; Patagonia; Punta Arenas; Japón; California. Cosmopolita.

BIBLIOGRAFIA

- ADAM, W. 1957. *Bull. Inst. Royal Sci. Nat. Belgique* 33 (7): 3-9.
- ANGELESCU, V. y otros. 1958. La merluza del mar argentino. — *Serv. Hidrog. Naval. PUBL. H.* 1004: 1-224.
- ANGELESCU, V. y BOSCHI, E. 1959. Est. Biol. Pesq. del langostino. *SH. Naval H1* 017.
- BERRY, S. 1910. *Bull. of Bureau Fish.* XXX.
- BOLTOVSKOY, E. 1966. La Zona de la convergencia subtropical subantartica en el Oceano Atlántico, parte occidental. — *Ser. Hidrog. Naval H* 640.
- CASTELLANOS, Z. A. DE. 1960. Un nuevo calamar argentino *Neotropica*. 6 (20).
- 1964. Contribución al conocimiento biológico del calamar argentino. *Bol. Inst. Biol. Mar del Plata*, N° 8.
- 1967. Contribución al estudio biológico de *Loligo brasiliensis* *Bol. Inst. Biol. Mar del Plata*, N° 14.
- 1967. Rehabilitación del género *Martialia* Roch. y Mab. 1887, *Neotropica* 13 (42).
- 1968. Estado poblacional de *Loligo brasiliensis* en Enero de 1967. *Com. Inv. Cient. Pcia. Bs. As. NOTAS*. Vol. V, N° 9.
- CASTELLANOS, Z. A. y MENNI, R. C. 1967. La presencia de *Ornithoteuthis antillarum* en aguas uruguayas. *Neotropica*: 13 (42).
- 1968. Los cefalopodos de la Expedición « Walther Herwig », *Com. Inv. Cient. Pcia. Bs. As. NOTAS*, Vol. VI, N° 2.

- CARCELLES, A. R. 1950. Catálogo de los moluscos marinos de la Patagonia *Anales del Museo Nahuel Hnapi*, II Bs. As.
- 1944. Catálogo de los moluscos marinos de Pto. Quequén. *Rev. Mus. La Plata*, (NS) Sec. Zool. Tomo III : p. 233-309.
- CARCELLES, A. R. y WILLIAMSON, S. I. 1951. Catálogo de los moluscos marinos de la Provincia Magallánica. *Rev. Mus. Arg. de C. Nat. Ciencias Zoológicas*, II, N° 5, Buenos Aires.
- DALL, W. H. 1910. Report on a collection of Shells from Peru ... *Proc. U. S. Mus.* XXXVII, Washington.
- DELL, R. K. 1952. The recent cephalopoda of New Zealand. *Dominium Museum Bulletin*, N° 16, Wellington.
- D'ORBIGNY, A. 1835-1847. *Voy. Ameriq. Merid.* V Moll.
- FISCHER, P. 1887. *Man de Conchiol.* Paris, 10 VI, 544.
- FISHER, H. 1895. *Journal de Conchiol.* XLIII, N° 4.
- HOYLE, W. E. 1886. Cephalopoda. *Report of the Scientific results of the Voy. A. M. S. « Challenger »*, XVI, London.
- 1912. *Trans. Roy. Soc. Edinburg*, 48 P II : 273.
- JOUBIN, L. 1900. *Res. Camp. Sc. Alberto I. Ceph. Camp. « P. Alice »*, Fasc. XVII, Monaco.
- 1905. *Mem. Soc. Zool. de France* XVIII, 1905.
- MASSY, A. L. 1916. Cephalopoda. *British Antarctic. (« Terra Nova ») Exp. Zoology, Mollusca*, II (7) London.
- OKADA, Y. K. 1927. *Bull. Inst. Oceanog. Monaco*, 449 : 315.
- ROBSON, J. B. 1929-1932. A Monograph of the recent *Cephalopoda*. Part. I y II. London.
- 1930. *Ann. Mag. Nat. Hist.* 10, V, 330.
- ROCHEBRUNNE, A. T. *Mis. Cap. Horn. Mollusques*, Zool. Vi, H 2. Pl. L, fig. 1-6.
- ROPER, C., LU, C. C. y MANGOLD, K. 1969. *Proc. Biol. Soc. Wash.*, 82 : 295-322.
- SASAKI, M. 1915. *Journ. Coll. Agric. Tohoku, Imp. Univer.* 6 : 138.
- THIELE. 1934. *Hand. der Syst. Weich.* Teil Jena.
- THOMSEN, H. 1962. Masas de agua características del Océano Atlántico. Parte Sudoeste. *Serv. Hidrog. Naval. H.* 632.
- TRYON, G. W. A. *Manuel of Conchology*, I. P. 119, Pl. 27, fig. 17.
- VERRILL, A. E. 1887. *Connecticut Acad. Arts and Sci.* V part. (2).
- VOSS, G. 1954. Cephalopoda of the Gulf of Mexico. *Fish. Bull. of the Fish. and Wildlife Service* Vol. 55, N° 89.
- 1955. The cephalopoda obtained by the Harvard-Havana expedition off the coast of Cuba in 1938-39. *Bull. of Mar. Sci. of the Gulf and Carib.* Vol. 5, N° 2 : 81-115.
- 1956. A checklist of the cephalopods of Florida. *The Quarterly Journal of the Florida Acad. Of Sciencis.* Vol. 19, N° 4.
- 1957. *Bull. Mar. Sci. Gulf and Carib.* 7 (4) : 370-378, f. 2.
- 1958. The cephalopods collected by the R/V Atlantis during the West Indians cruise of 1954. *Bull Of Marine Science of the Gulf. and Carib.* Vol. 8, N° 4 : 369-389.
- 1964. A note on some cephalopods from Brazil with a description of a new species of Octopod, *Eledone massyae*. *Bull. of Mar Sci. of the Gulf and Carib.* Vol. 14, N° 3, pp. 511-516.

INDICE GENERAL DEL TOMO CLXXXVIII

SERIE I, CIENCIAS

MARIO PABLO MODESTO TOZZINI, La función de Lagrange y los sistemas conservativos.....	17
M. A. COPELLO Y E. A. DORFMAN, Contribución al estudio de los derivados iodados de la propanona y butanona. Dilucidación del mecanismo de reacción y estudio de las fórmulas estructurales.....	81
HILDA PEZZANO Y LIDIA COSCIA, Estudio por espectrometría EPR (Resonancia del Spin electrónico) de la unión del ión cúprico con el ácido ribonucleico.....	99
F. R. MARSICANO, Sobre las superficies de velocidad nula correspondientes al problema de tres cuerpos.....	117

SERIE II. CIENCIAS APLICADAS

M. FRIDMAN, Notas suplementarias sobre las propiedades eléctricas de óxido manganeso dopado con litio.....	3
JORGE A. TRENCH, ROBERTO SUAYA Y JOSÉ F. WESTERKAMP, Estudios de relajación dieléctrica en la región de microondas en cloroanilinas....	161
I. DÜMLER Y P. KITTL, Influencia del estado superficial en la epitaxia del oro sobre la plata.....	177
A. L. MONTES, J. E. D. DE MAZZA Y M. R. LANDOLFI, Ensayos de separación de enterobacterias de alimentos mediante antibióticos.....	187
BIBLIOGRAFÍA.....	201

ANALES DE LA COMISION DE INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

SILVIA GARZOLI, Estudio de la estructura del hemisferio occidental galáctico en la zona de Carina..... 47,	127
ZULMA J. A. DE CASTELLANOS Y ROBERTO MENNI, Nota preliminar sobre distribución de los cefalópodos del atlántico sudoccidental. Lista de especies incluyendo las del sector antártico.....	205

**Comisión de Redacción de los
ANALES DE LA SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA**

Ing. Agr. Arturo Burkart
Dr. Horacio H. Camacho
Ing. Roberto D. Cotta
Cap. de Fragata Luis M. de la Canal
Ing. Agr. Arturo E. Ragonese
Clmte. Rodolfo N. M. Panzarini
Ing. Agr. José A. Pastrana
Dr. Luis A. Santaló
Dr. Otto Schneider
Dr. Andrés O. M. Stoppani
Dr. Máximo Valentinuzzi
Dr. José Federico Westerkamp

NORMAS PARA LOS AUTORES

1. ANALES publica unicamente trabajos originales e inéditos ; solamente por excepción podrá incluir trabajos cuya noticia se haya dado por otra publicación.
2. La publicación en ANALES es gratuita. Las separatas que soliciten los autores (o las entidades a que estén vinculados) son con cargo a los mismos. El requerimiento deberá hacerse por escrito y antes de iniciar la impresión.
3. Los autores son personalmente responsables de la tesis y del contenido de sus trabajos y deberán realizar las correcciones de las pruebas de imprenta de dichos trabajos.
4. La Sociedad Científica Argentina se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo que sea sometido para publicación en ANALES, si así lo considerara conveniente.
5. Los trabajos deberán ser presentados escritos a máquina, a doble espacio, en papel tamaño oficio o carta, utilizando una sola de las caras del papel y redactados en castellano. Las fórmulas podrán ir manuscritas y deberán ser suficientemente claras para la labor de la imprenta. Los gráficos se dibujarán en tinta china, o por otro medio, de manera tal de permitir la fácil y buena preparación de los clisés ; esto último es aplicable a todo tipo de ilustración. La cantidad será la mínima compatible con las necesidades de la buena comprensión del trabajo.
6. Los trabajos, luego de su título, llevarán un resumen en castellano y otro en idioma extranjero, éste último de no más de 150 palabras. Dichos resúmenes deberán señalar el problema planteado, la indicación de los procedimientos y procesos y las conclusiones a que se arribe, y hacer referencia sobre la precisión de los resultados, todo ello de manera sintética.
7. Los escritos originales, destinados a la Dirección de ANALES, serán remitidos a la Administración de la Sociedad, Avenida Santa Fe 1145, Capital Federal, a efectos de registrar fecha de entrega y posterior envío al Director.
8. La publicación de los trabajos, una vez aceptados, estará sujeta a las posibilidades de la Sociedad y a las exigencias de diagramación de ANALES. La Sociedad se reserva el derecho de determinar la entrega de ANALES en la cual aparecerán los trabajos.

Correo
Argentino
Central «B»

Franqueo pagado
Concesión N° 1186

Tarifa reducida
Concesión N° 6247





SMITHSONIAN INSTITUTION LIBRARIES



3 9088 01357 3704