

REVISTA  
DE LA  
**ACADEMIA DE CIENCIAS**  
EXACTAS, FISICO-QUIMICAS Y NATURALES  
DE  
ZARAGOZA

SERIE 2.<sup>a</sup>

TOMO V

FASCICULO 1.<sup>o</sup>



1950

## ÍNDICE

### DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<i>Página</i>
Personal de la Academia: Junta de Gobierno .. . . . .	5
Académicos numerarios .. . . . .	5
Académicos correspondientes nacionales	7
Académicos correspondientes extranjeros	8
“Las propiedades físicas en las series homólogas”: I. Densidad y volumen molecular.—II. Índice de refracción e índice de re- fracción molecular. Por el profesor Dr. Vicente Gómez Aranda.	9
“Preparación del aurotiosulfato de bario cristalizado”, por Julián Ibáñez Jané .. . . . .	103
“Aplicación del análisis de la varianza a un ensayo de lucha contra los adultos de <i>Leptinotarsa decemlineata</i> ”, por Agustín Alfaro	119
“Contribución al estudio Anatómico y Fisiológico de los Efipigeri- nos de la Sierra del Guadarrama, en especial del cuerpo adiposo y del Corpus Allatum”, por Horacio Marco Moll .. . . . .	127
“Necrología”, por José María Iñiguez .. . . . .	193

## PERSONAL DE LA ACADEMIA

EN 1.<sup>o</sup> DE JUNIO DE 1950

### JUNTA DE GOBIERNO

PRESIDENTE HONORARIO .....	<i>Excmo. Sr. D. Pedro Ramón y Cajal</i>
PRESIDENTE .....	<i>" " D. Francisco Pascual de Quinto</i>
VICEPRESIDENTE .....	<i>Ilmo. Sr. D. Mariano Tomeo Lacrué</i>
TESORERO .....	<i>" " D. José Estevan Ciriquián</i>
BIBLIOTECARIO .....	<i>" " D. Fernando Cámará Niño</i>
SECRETARIO GENERAL ...	<i>" " D. José M.<sup>a</sup> Iñiguez Almech</i>
VICESECRETARIO .....	<i>" " D. Julián Bernal Nievas</i>

### ACADEMICOS NUMERARIOS

#### SECCIÓN DE EXACTAS

PRESIDENTE .....	<i>Ilmo. Sr. D. Teodoro Ríos Balaguer.</i> (Medalla núm. 25). 20 de enero de 1929. Independencia, 25.
VICEPRESIDENTE .....	<i>Ilmo. Sr. D. José M.<sup>a</sup> Iñiguez Almech.</i> (Medalla núm. 19). 24 de marzo de 1933. Bolonia, 4, 3. <sup>o</sup>
SECRETARIO .....	<i>Ilmo. Sr. D. José Estevan Ciriquián.</i> (Medalla núm. 4). 24 de octubre de 1945. Valencia, 6, 1. <sup>o</sup>
ACADEMÍCOS .....	<i>Ilmo. Sr. D. Santiago Amado Lóriga.</i> (Electo el 11 de noviembre de 1946). Requeté Aragonés, 14.
	<i>Ilmo. Sr. D. Roberto Araujo García.</i> (Electo el 11 de noviembre de 1946). Avenida de Teruel, 31.
	<i>Ilmo. Sr. D. Juan Marco Montón.</i> (Electo el 3 de febrero de 1949). Independencia, 24.

SECCIÓN DE FÍSICO-QUÍMICAS

- PRESIDENTE ..... *Ilmo. Sr. D. Vicente Gómez Aranda.* (Medalla núm. 5).  
24 de octubre de 1945. Independencia, 18.
- VICEPRESIDENTE. *Ilmo. Sr. D. Mariano Velasco Durández.* (Medalla número 14). 24 de octubre de 1945. Ruiseñores, 1 A.
- SECRETARIO ..... *Ilmo. Sr. D. Juan Martín Sauras.* (Medalla núm. 11).  
24 de octubre de 1945. Calvo Sotelo, 25.
- ACADÉMICOS ..... *Ilmo. Sr. D. Juan Cabrera Felipe.* (Medalla núm. 23).  
18 de marzo de 1934. Plaza de Santa Engracia, 1.  
*Ilmo. Sr. D. Julián Bernal Nievaz.* (Medalla núm. 2).  
24 de octubre de 1945. Plaza de Aragón, 10.  
*Ilmo. Sr. D. Mariano Tomeo Lacrué.* (Medalla núm. 8).  
24 de octubre de 1945. General Mola, 45.  
*Ilmo. Sr. D. Juan Bautista Bastero Beguiristain* (Medalla núm. 17). 24 de octubre de 1945. Coso, 61.  
*Ilmo. Sr. D. Gonzalo González Salazar y Gallart.* (Elegido el 20 de febrero de 1947). Capitán Portolés, 20.

SECCIÓN DE NATURALES

- PRESIDENTE ..... *Ilmo. Sr. D. Pedro Ferrando Mas.* (Medalla núm. 12).  
27 de marzo de 1916. General Mola, 9.
- VICEPRESIDENTE. *Ilmo. Sr. D. Agustín Alfaro Moreno.* (Medalla núm. 27).  
24 de octubre de 1945. Zumalacárregui, 10.
- SECRETARIO ..... *Ilmo. Sr. D. Ramón Esteruelas Rolando.* (Medalla número 15). 24 de octubre de 1945. Independencia, 4.
- ACADÉMICOS ..... *Excmo. Sr. D. Pedro Ramón y Cajal.* (Medalla núm. 18).  
27 de marzo de 1916. Costa, 12.  
*Excmo. Sr. D. Francisco Pascual de Quinto.* (Medalla núm. 30). 24 de octubre de 1945. General Mola, 32.  
*Ilmo. Sr. D. Pedro Ramón Vinós.* (Medalla núm. 9).  
24 de octubre de 1945. Costa, 12.  
*Ilmo. Sr. D. Fernando Cámara Niño.* (Medalla núm. 21).  
24 de octubre de 1945. Almagro, 7, 2.<sup>o</sup>  
*Ilmo. Sr. D. Jesús Sáinz y Sáinz-Pardo.* (Elegido el 20 de febrero de 1947). Moncasi, 12.  
*Ilmo. Sr. D. José Sinués Urbiola.* (Elegido el 17 de junio de 1949). Sanclemente, 26.

## ACADEMICOS CORRESPONDIENTES NACIONALES

### SECCIÓN DE EXACTAS

- D. *José Gabriel Alvarez Ude*. (3 de abril de 1916). Moreto, 7. Madrid.
- D. *Julio Rey Pastor*. (3 de abril de 1916). Yerbal, 898. Buenos Aires (República Argentina).
- D. *Pedro María González Quijano*. (1 de abril de 1922). Serrano, 57. Madrid.
- D. *Rafael Benjumea Burín, Conde de Guadalhorce*. (5 de marzo de 1926). Madrid.
- D. *Manuel Lorenzo Pardo*. (24 de octubre de 1945). Monte Esquinza, 22. Madrid.
- D. *Pedro Abellanas Cebollero*. (4 de noviembre de 1949). Francisco Silvela, 71, 6.<sup>o</sup> B. Madrid.

### SECCIÓN DE FÍSICO - QUÍMICAS

- D. *Manuel Martínez Risco*. (4 de noviembre de 1916). 8, Rue Rampal. París. XIX (Francia).
- R. *P. Eduardo Victoria*. (16 de noviembre de 1921). Dr. Amigant, 14. Sarriá. Barcelona.
- D. *Simón Benítez Padilla*. (28 de febrero de 1934). Pérez Galdós, 9. Las Palmas.
- D. *José Casares Gil*. (11 de noviembre de 1946). Diego de León, 22. Madrid.
- D. *José Romero Ortiz de Villacián*. (20 de febrero de 1947). Almagro, 3, Madrid.
- D. *Julio Palacios Martínez*. (20 de febrero de 1947). Avda. Duque d'Avila, 124, 1.<sup>o</sup>, Lisboa (Portugal).
- D. *Emilio Gimeno Gil* (20 de febrero de 1947). Marqués de Urquijo, 34. Madrid.
- D. *José M.<sup>a</sup> Albareda Herrera*. (20 de febrero de 1948). Serrano, 119, Madrid.
- D. *José M.<sup>a</sup> González Barredo*. (17 de junio de 1949). Universidad, Chicago. (Estados Unidos).

SECCIÓN DE NATURALES

- D. *Jesús M.ª Bellido Golferich*. (4 de noviembre de 1918). Montpellier (Francia).
- D. *Manuel Aulló Costilla*. (24 de mayo de 1923). Velázquez, 80. Madrid.
- R. P. *Jaime Pujiula*. (23 de diciembre de 1925). Dr. Amigant, 14. Sarriá. Barcelona.
- D. *Ricardo del Arco*. (26 de octubre de 1931). Huesca.
- D. *Alfonso Osorio Rebellón*. (4 de diciembre de 1933). Princesa, 15. Madrid.
- D. *Carlos Rodríguez y López-Neyra*. (3 de abril de 1935). Director del Instituto Nacional de Parasitología. Granada.
- D. *Rafael Ibarra Méndez*. (24 de octubre de 1945). Plaza de Alonso Martínez, 2. Madrid.
- D. *José Cruz Lapazarán Beguiristain*. (24 de octubre de 1945). Ferraz, 57. Madrid.
- D. *José M.ª Dusmet Alonso*. (24 de octubre de 1945). Plaza de Santa Cruz, número 6. Madrid.
- D. *Maximino San Miguel de la Cámara*. Ponzano, 73. Madrid.

ACADEMICOS CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS

SECCIÓN DE NATURALES

- Dr. *Alberto Einstein*. Princeton (Estados Unidos).
- Dr. *Gastón Julia*. Versalles (Francia).

SECCIÓN DE FÍSICO-QUÍMICAS

- Dr. *Charles Henry*. París (Francia).

SECCIÓN DE NATURALES

- Dr. *Eugenio Seguy*. París (Francia).

- Dr. *Henry Gausseen*. Toulouse (Francia).

# LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

## I. DENSIDAD Y VOLUMEN MOLECULAR — II. INDICE DE REFRACTION E INDICE DE REFRACTION MOLECULAR

por el Prof. Dr. VICENTE GOMEZ ARANDA

### INTRODUCCION

Desde que se estudian las primeras lecciones de Química Orgánica se aprende que las propiedades físicas varían con cierta regularidad a lo largo de las series homólogas de compuestos orgánicos. Recordemos, solamente a título de ejemplo, lo siguiente:

Grignard y Doeuvre, en el capítulo dedicado a hidrocarburos saturados, de la obra "Traité de Chimie Organique", París, 1935, publicada bajo la dirección del primero, dice refiriéndose a la densidad de aquéllos: "La densidad es siempre inferior a la unidad, crece regularmente con el peso molecular y, a partir del undecano, aumenta lentamente".

Señalan también la regularidad de variación en los puntos de fusión y de ebullición, regularidad que indujo a varios investigadores a establecer fórmulas empíricas que quieren representar dicha variación. Recordemos las de Tsakalotos (1) para los de fusión, o las de Young (2) o Nekrassow (3) para los de ebullición.

Otras relaciones entre el punto de ebullición y el peso molecular son señaladas por Walker (4), Ramage (5), Sugden (6) y Plummer (7).

Del índice de refracción y de la viscosidad, dice Grignard en la obra arriba indicada: "El índice de refracción aumenta con el peso molecular; pero no es posible actualmente dar reglas relativas a estas variaciones. Las mismas observaciones se aplican a la viscosidad".

Esta regularidad en las variaciones de las propiedades físicas de las series homólogas de parafinas, se repite en todas las otras series homólogas conocidas, y si en ocasiones se ha dado alguna fórmula que trata de relacionar dicha regularidad con la magnitud molecular, se trata de relaciones empíricas y muy lejos de la interpretación general de este fenómeno.

Como prueba de la generalidad del fenómeno presentamos algunos ejemplos:

### CALOR DE FORMACIÓN Y DE COMBUSTIÓN

En los compuestos orgánicos el calor de formación y el calor de combustión se comportan aditivamente.

La aditividad de los calores de combustión puede ser formulada de muy diferentes maneras, Thomson (1886); Weinberg (1919) da la fórmula

$$w = 96c + 3h$$

(c = n.º de C; h = n.º de H)

para calcular el calor de combustión de la serie de parafinas del etano al octano.

W. Swientoslavski (1909-10) estableció muchas constantes para el cálculo por aditividad de los calores moleculares.

Para diferentes series homólogas (hidrocarburos, alcoholes, ácidos monobásicos y bibásicos) el calor de combustión crece por cada grupo  $\text{CH}_2$  en valores que oscilan entre 150 y 161 calorías. Para los términos inferiores de la serie de hidrocarburos saturados se encuentra que el calor de combustión crece por cada grupo  $\text{CH}_2$  en 158 calorías por término medio.

### CALOR ESPECÍFICO DE LOS HIDROCARBUROS

Mabery y Goldstein (8) determinan el calor específico de muchos hidrocarburos entre 0 y 50°. Encuentran regularidad en el crecimiento en la serie de parafinas. La regularidad se acentúa a partir del eptano, y el aumento de calor específico correspondiente al paso de un término al siguiente es de 6,8 calorías (valor medio).

Kauffmann (9) recalcula los datos numéricos de Mabery y Goldstein apoyándose en datos más modernos, y fija para incremento medio del calor específico molecular correspondiente a los grupos  $\text{CH}_2$ , el valor 6,72.

Echiff (10) establece la misma regularidad en la serie de los ácidos grasos monobásicos y en la de los esteres. Para la primera deduce como incremento correspondiente al grupo  $\text{CH}_2$ , 6,7 calorías, y para la segunda 6,5.

### COEFICIENTE DE IMANTACIÓN MOLECULAR

Henrischen (11) comprobó que el coeficiente de imantación molecular en los términos sucesivos de varias series homólogas crece según una ley lineal. El grupo  $\text{CH}_2$  debe, pues, aportar una contribución constante  $\chi_{\text{CH}_2}$  al coeficiente de imantación molecular que ha sido fijada en:

$$\chi_{\text{CH}_2} = -10,3 \cdot 10^{-6} \text{ a } -12,8 \cdot 10^{-6}$$

Pascal (12) ha estudiado la variación de la constante de imantación molecular en series homólogas de alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos,

aminas grasas, aminas aromáticas y sulfuros, y por el método de los promedios encuentra el valor

$$\chi_{\text{CH}_2} = -11,86 \cdot 10^{-6}$$

Es muy notable que este valor medio se puede calcular sumando los módulos atómicos de Pascal (13), o el del diamante, fijado por Kamerling Oness,

$$\chi_{\text{CH}_2} = \chi_C + 2 \chi_H = -(6,0 + 2 \times 2,93) 10^{-6} = -11,86 \cdot 10^{-6}$$

Bitter encuentra una variación lineal en los primeros términos de la serie de hidrocarburos metánicos, pero un valor mayor para el incremento correspondiente al grupo  $\text{CH}_2$ , lo cual ha sido confirmado por Cabrera y Fahlenberg (14) y otros.

#### VISCOSIDAD

Pribram y Handl (15) observan en las series homólogas que la viscosidad crece proporcionalmente al peso molecular, y Gartenmeister (16) prueba que este crecimiento se verifica proporcionalmente al cuadrado del peso molecular. El material experimental de que dispusieron ambos investigadores era poco abundante y un tanto dudoso para ser seguro fundamento de un principio de carácter general.

La viscosidad es una propiedad que depende no ya de la molécula considerada en sí misma, sino de la relación dinámica entre moléculas. Por esta circunstancia entendemos que el hecho que señalamos, si bien tiene un indudable valor en apoyo del punto de vista general que establece una regularidad en la variación de las propiedades de los términos de una serie homóloga, no debe ser considerado desde nuestro punto de vista, sin que por ello sufra lo más mínimo la generalidad del principio que rige la variación de propiedades en las series homólogas.

#### REFRACCIÓN MOLECULAR

El carácter aditivo de esta propiedad fué establecido hace ya mucho tiempo, y es, sin duda alguna, la propiedad sobre la que se han hecho un conjunto más amplio de investigaciones. Recordemos solamente los nombres de Eisenlohr (17) y Swarts, quienes establecieron el valor de la refracción molecular del grupo  $\text{CH}_2$ , con lo que quedó establecido el principio de que esta propiedad varía en las series homólogas según una ley lineal.

#### PARACOR MOLECULAR

Desde los trabajos de Sugden (18) quedó establecido el carácter aditivo de esta propiedad, que, como la refracción molecular, está fuertemente impregnada en influencias constitucionales. Fijado el módulo de paracor

correspondiente al grupo  $\text{CH}_2$ , queda también establecido que en las series homólogas el parámetro varía según una ley lineal.

\* \* \*

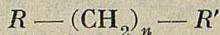
Del examen de los antecedentes que acaban de ser citados y de nuestras propias observaciones, llegamos a las siguientes conclusiones:

- 1) *Las propiedades de los términos de las series homólogas varían con regularidad.*
- 2) *Cuando se trata de propiedades moleculares (refracción molecular, parámetro molecular, volumen molecular) la variación sigue una ley sensiblemente lineal.*
- 3) *Cuando se trata de propiedades no moleculares, sino específicas (densidad, índice de refracción, tensión superficial), la propiedad varía con una regularidad no lineal. Puede observarse siempre que la variación decrece progresivamente en intensidad a medida que se alcanzan los términos superiores.*

#### INTERPRETACION GENERAL DE LA REGULARIDAD DE VARIACION DE LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

Si consideramos el principio general de formación de los diferentes términos que forman una serie homóloga de compuestos orgánicos y lo relacionamos con la regularidad de variación de las propiedades físicas a lo largo de todas las series, podremos fácilmente formular un principio general que interpreta dicha regularidad.

Se dice que pertenecen a una misma serie homóloga aquellos compuestos que, poseyendo el mismo grupo funcional, se diferencian solamente en el número de grupos metílenos que forman la cadena de átomos de carbono que completa la molécula. Así, pues, podemos dar una fórmula general con validez para cualquier serie homóloga de compuestos:



$R$  y  $R'$  constituyen los extremos de una molécula cuya parte central la forma una cadena polimetilénica. Estos extremos pueden ser grupos funcionales iguales o distintos, o agrupaciones atómicas características, que dan especificidad a las diferentes series. El caso más frecuente, en la práctica, es el de compuestos cuyos extremos están formados por un grupo  $\text{CH}_3$ , y por otro grupo funcional.

Dando a  $n$  valores enteros sucesivos (1, 2, 3, ...,  $n$ ) tendremos términos sucesivos de la serie. Cada término se forma aumentando en un grupo  $-\text{CH}_2-$  la longitud de la cadena de carbonos del anterior.

Las propiedades de las moléculas resultarán de integrar las que correspondan a cada uno de los átomos, con las alteraciones que sobre éstas

puedan producir las diferentes maneras de estar enlazados los átomos entre sí.

Como el principio de formación de los términos de las series homólogas es permanente, podremos dejar al margen cualquier influencia derivada del modo de unión de los átomos, ya que, aunque exista, operará siempre en el mismo sentido y con igual intensidad.

Si un átomo o grupo de átomos —el grupo  $CH_2$  en este caso— se repite sucesivamente y de un modo idéntico a sí mismo y en su relación con los otros grupos de átomos en una serie de moléculas en las que todo lo demás permanece invariable, las propiedades de estas moléculas evolucionarán por la influencia creciente de los grupos  $—CH_2$ — cuyas características se harían notar tanto más fuertemente cuanto mayor sea el número de dichos grupos, superponiéndose a la influencia derivada de los grupos funcionales.

Como inmediata consecuencia de lo que acabamos de exponer, deducimos que, a la uniformidad del principio de formación de los términos de las series homólogas, debe corresponder un solo principio capaz de interpretar todas las regularidades observadas en la variación de las propiedades físicas de los términos sucesivos de dichas series.

La ley que rige estas variaciones debe ser, sin duda, única y sencilla, como corresponde a la sencillez de la ley que rige la variación de la composición molecular en los términos de una serie homóloga.

Sin hacer ninguna hipótesis sobre la forma y dimensiones reales de las moléculas y dejando al margen toda influencia de carácter constitucional, ya que el principio de formación de las series homólogas nos permite considerarlas como inoperantes, podemos suponer que en toda propiedad molecular se cumple el principio de aditividad.

Por consiguiente, si:

$\mathcal{P}_n$  = Valor de una propiedad determinada para el término  $n$ , y  
 $\mathcal{P}_{(n+1)}$  = Valor de la misma propiedad para el término  $(n+1)$ ,  
 será

$$\mathcal{P}_{(n+1)} - \mathcal{P}_n = \mathcal{P}_{CH_2}$$

en donde

$\mathcal{P}_{CH_2}$  = Valor con que el grupo  $—CH_2$ — contribuye a formar la propiedad,  $\mathcal{P}$ .

Podremos, pues, formular la siguiente expresión:

$$\mathcal{P}_M = \mathcal{P}_F + \mathcal{P}_{CH_2} \times z' \quad [1]$$

en la que,

$\mathcal{P}_M$ , representa una propiedad molecular cualquiera (peso molecular, vol. mol., refrac. mol., paracor mol., etc.).

$\mathcal{P}_F$ , representa el valor de dicha propiedad correspondiente a los grupos funcionales que forman los extremos de la molécula o que caracterizan a la serie homóloga.

$\mathcal{P}_{\text{CH}_2}$ , representa el valor con que el grupo  $-\text{CH}_2-$  contribuye a la formación de la propiedad en la molécula entera.

$z'$ , representa el número de grupos  $-\text{CH}_2-$  de la molécula considerada.

El peso molecular  $M$  de los términos de una serie homóloga vendría expresado por

$$M = m + 14 \times z'$$

donde  $m$  representa el peso molecular de los grupos funcionales que forman los extremos de la molécula o caracterizan a la serie, y 14 es el peso molecular del grupo  $\text{CH}_2$ .

Dividiendo la expresión [1] por  $M$  ( $M$  = peso molecular), tendremos

$$\mathcal{P}_E = \frac{\mathcal{P}_M}{M} = \frac{\mathcal{P}_F + \mathcal{P}_{\text{CH}_2} \times z'}{m + 14 z'} \quad [2]$$

expresión que nos da la variación de la propiedad específica  $\mathcal{P}_E$  correspondiente a la propiedad molecular  $\mathcal{P}_M$ .

La expresión [1] es lineal y de ella se deduce que *las propiedades moleculares varían a lo largo de las series homólogas proporcionalmente al alargamiento de la cadena, es decir, al número de átomos de carbono, o al peso molecular de los términos de aquélla.*

La expresión [2] nos da la variación de una propiedad específica a lo largo de la serie homóloga.

Del estudio de esta expresión matemática se deduce:

- La diferencia entre los valores numéricos que miden cada propiedad específica en dos términos consecutivos de una serie homóloga, disminuye a medida que se avanza en la serie, esto es, a medida que aumenta el peso molecular;*
- Toda propiedad específica tiende a un valor límite cuando se pasa a los términos superiores de cualquiera serie homóloga, y este valor viene en cada caso determinado por*

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \mathcal{P}_E = \frac{\mathcal{P}_{\text{CH}_2}}{14}$$

Es decir, que el valor límite a que tienden las propiedades específicas en las series homólogas resulta de dividir por 14 (peso molecular del grupo  $\text{CH}_2$ ) el valor con que el grupo  $-\text{CH}_2-$  contribuye a la formación de la propiedad molecular correspondiente.

Si tenemos en cuenta que las expresiones [1] y [2] son precisamente las mismas que rigen las variaciones de volumen y de concentración en el problema clásico de las mezclas de disoluciones, podremos asimilar la influencia que el grupo  $-\text{CH}_2-$  ejerce sobre las propiedades de los términos de una serie homóloga a la de un diluyente que acaba por imponer a la molécula entera —en el límite— sus propias propiedades específicas.

Examinemos ahora qué significación tienen los parámetros  $\mathcal{P}_F$  y  $\mathcal{P}_{CH_2}$  que aparecen en las expresiones [1] y [2].

El parámetro  $\mathcal{P}_F$  es característico de la propiedad que se considere y de los grupos funcionales a que afecte. Varía para cada serie y cada propiedad.

El parámetro  $\mathcal{P}_{CH_2}$  es característico de la propiedad en cuestión para los grupos  $-CH_2-$ . Su valor varía para cada propiedad, pero es invariable para todas las series que puedan considerarse.

### EL PESO ESPECIFICO Y EL VOLUMEN MOLECULAR

El peso específico es una de las constantes físicas más importantes y características de los cuerpos.

Se conoce el de casi todos los compuestos orgánicos líquidos. Esto nos da abundante material experimental, si bien esta abundancia se encuentra contrarrestada por una cierta inseguridad en los datos.

La técnica de la determinación del peso específico de líquidos no es fácil y basta enumerar las circunstancias que pueden influir en su precisión para darse cuenta de ello.

Calibrado de las vasijas (picnómetros) y de los termómetros; equilibrio térmico de toda la masa líquida que se pesa; errores en la lectura de temperaturas; errores de las pesadas. Todo contribuye a hacer del peso específico una constante de determinación delicada. Unanese a esto los errores personales. No obstante, hoy se determina el peso específico con gran precisión.

Pero, además de todo esto, hay que contar con el grado de pureza de la sustancia sobre la que se experimenta.

Un error de  $0,1^\circ C$  en la apreciación de la temperatura repercute en la segunda decimal del volumen molecular.

Veamos algunos ejemplos de datos que figuran en la literatura científica:

Octano- <i>n</i>	$D_{20} = 0,7011$ ; $V_m = 162,60$	(13)
	0,7023      162,32	(14)
	0,7034      162,03	(15)
	0,7040      161,93	(16)
	0,7025      162,27	(173)
	0,7024      162,30	(174)
Etanoico	$D_{20} = 1,0489$ ; $V_m = 57,20$	(133)
	1,0492      57,18	(134)
	0,0514      57,07	(135)

En general, puede admitirse que la exactitud, más allá de la tercera cifra decimal, es insegura en el peso específico; y en el volumen molecular es dudosa la exactitud de la primera cifra decimal.

Para este trabajo sólo son útiles las medidas hechas a 20° C. En la literatura aparecen datos a muchas temperaturas, siendo las más frecuentes las de 0°, 15°, 20° y 25°. Nosotros hemos utilizado solo medidas directas, sin emplear en ningún caso fórmulas de corrección de temperaturas, ni métodos de extrapolación o interpolación.

El VOLUMEN MOLECULAR se define como producto del peso molecular por el volumen específico, o cociente del peso molecular por el peso específico:

$$V = M \frac{1}{D}$$

Se ha encontrado que el volumen molecular de los líquidos es bastante independiente de la temperatura de comparación elegida; sea ésta una temperatura cualquiera, 0°, 15°, 20° ó 25°, sean temperaturas correspondientes, sea el punto de ebullición a la presión atmosférica, la temperatura crítica o el cero absoluto, las reglas empíricas de aditividad tienen aproximadamente el mismo grado de validez y aproximadamente las mismas relaciones con la constitución.

La aditividad del volumen molecular, en general, es sólo aproximada, y una interpretación teórica de las reglas empíricas es por ahora muy difícil. En el volumen molecular influyen las fuerzas de cohesión (dependientes de muchas variables) y la agitación térmica.

H. Kopp (1889), uno de los primeros investigadores que estudiaron la aditividad de los volúmenes moleculares a la temperatura de ebullición, estableció ya el carácter constitutivo de esta propiedad. Fijó para el grupo  $\text{CH}_2$  el valor medio 22 y determinó los valores numéricos del volumen atómico de varios elementos.

Estos datos (volumen atómico) no tienen un valor absoluto y ni siquiera gozan de cierta generalidad, puesto que su determinación hay que hacerla apoyándose en medidas de peso específico, y el peso específico de un compuesto es función no sólo de la temperatura y presión, sino también de la necesidad de espacio de sus moléculas, de las relaciones intermoleculares que determinan las fuerzas de cohesión y la agitación térmica, etc. Por esto, al no ser iguales estas circunstancias en todas las moléculas, los volúmenes atómicos que se calculan como diferencia entre volúmenes moleculares nos dan un sistema de valores cuya aplicación exacta no puede sacarse del grupo de cuerpos en que se repiten las circunstancias arriba enumeradas, con iguales características.

\* \* \*

En las series homólogas, que es donde mejor se cumple la aditividad de los volúmenes moleculares, podemos notar bien claramente, no ya las influencias constitutivas, que por ser constante el principio de variación en la serie es también constante aquella influencia y, por lo tanto, inoperante sobre la variación de volumen molecular cuando se pasa

de un término al siguiente de la serie homóloga, sino las influencias que nacen de las relaciones intermoleculares.

En principio, la diferencia de volumen molecular entre dos términos consecutivos de una serie homóloga debe permanecer constante e igual al volumen molecular del grupo  $-\text{CH}_2-$ . Pues bien, ya Kopp, que fija el volumen molecular del grupo  $-\text{CH}_2-$  en 22 a la temperatura de ebullición, señala que este valor varía según las sustancias; así, tiene los valores 20,5 en las aminas, 22,7 en las parafinas, 24,4 en los esteres de ácidos grasos y aumenta dentro de cada serie regularmente. Por ejemplo, de 21,1 a 26,7 en la serie de esteres de ácidos grasos desde el término en  $\text{C}_2$  al  $\text{C}_{16}$ .

La aditividad se manifiesta mejor, en general, a otra temperatura de comparación, al parecer porque las influencias debidas a relaciones intermoleculares tienen una intensidad menor que en el punto de ebullición, aunque en algunos casos ocurra precisamente lo contrario, como por ejemplo, con los dobles enlaces.

#### LEY DE VARIACIÓN DEL VOLUMEN MOLECULAR EN LAS SERIES HOMÓLOGAS

Según la hipótesis formulada anteriormente, el volumen molecular de los términos de una serie homóloga podrá ser calculado por la expresión

$$V_{20} = A M + B \quad [3]$$

siendo:

$V_{20}$  = volumen molecular a  $20^\circ\text{C}$

$M$  = peso molecular

$A$  } = constantes.  
 $B$  }

Como en las series homólogas,  $M$  puede calcularse muy fácilmente en función del número de átomos de carbono ( $z$ ), es posible la sustitución, y así tendremos:

$$V_{20} = az + b \quad [4]$$

Esta expresión ofrece la ventaja de que, por ser  $z$  un número entero y siempre pequeño, los cálculos se hacen con más sencillez.

Mayores ventajas aún se encuentran si tomamos en consideración el elemento que realmente varía a lo largo de la serie, como es el número de grupos  $-\text{CH}_2-$ . Entonces el volumen molecular podrá calcularse por la fórmula

$$V_{20} = az' + b' \quad [5]$$

en la que  $z'$  representa el número de grupo  $-\text{CH}_2-$  y  $a$  y  $b'$  son constantes.

Precisemos antes el sentido físico que podemos atribuir a  $a$  y  $b'$ .

La ecuación [5] la representamos gráficamente por una recta (Fig. 1).

Sea:  $P$  el volumen molecular del compuesto de  $n_1$  carbonos y  $Q$  el del de  $(n_1 + 1)$  carbonos;

$$a \text{ (coeficiente angular)} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{RQ}{PR};$$

$RQ$  = diferencia de los volúmenes moleculares de los compuestos en  $Cn_1$  y  $C(n_1 + 1)$   
 $PR = 1$ .

Resulta,

$a = RQ = \text{incremento de volumen molecular correspondiente a } -CH_2-$ .

La constante  $a$  debe ser común para todas las series homólogas.

$b'$  (ordenada en el origen) representa el volumen molecular de los grupos funcionales, o de los grupos terminales que caracterizan a la serie.

Se nos presenta ahora el problema de calcular los valores numéricos que hemos de dar a las constantes  $a$  y  $b'$ .

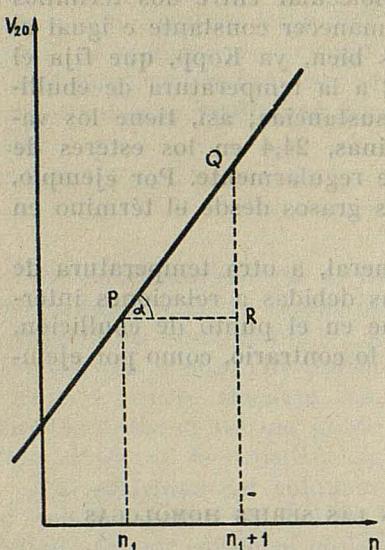


Fig. 1

#### VOLUMEN MOLECULAR DEL GRUPO $-CH_2-$ EN LAS SERIES HOMÓLOGAS

El problema fundamental a resolver es el de determinar el volumen molecular del grupo  $-CH_2-$ , es decir, el valor numérico de la constante  $a$ .

En la literatura científica existen varios antecedentes sobre este punto, que se exponen a continuación.

En la obra fundamental de Kauffmann, "Beziehungen zwischen physikalischen Eigenschaften und chemischer Konstitution" (Stuttgart, 1920), aparece el

$$\text{Volumen molecular de } CH_2 \text{ a } 20^\circ C = 16,27$$

cuyo valor ha sido calculado aplicando el método de los mínimos cuadrados a la serie de  $V_{20}$  de las parafinas normales (loc. cit. págs. 60-61).

A lo largo de la obra se repite este valor aplicado a diferentes series (esteres, derivados halogenados, etc., etc.).

Este valor coincide con el hallado por nosotros para la serie de parafinas normales (21).

Hemos de hacer la objeción de que para determinarlo no se han tenido en cuenta más datos que los que suministra la serie de hidrocarburos saturados normales y, por lo tanto, consideramos improcedente la generalización.

Este mismo valor aparece citado en la obra de R. Kremann, "Physi-

calische Eigenschaften und Chemische Konstitution" (Dresden, 1937). No indica su origen ni hace comentarios sobre el mismo.

En 1930, Stoll y Stoll-Compte proponen el

$$\text{Vol. mol. de } \text{CH}_2 \text{ a } 20^\circ \text{ C} = 16,21$$

(19) Este valor resulta del cociente  $\frac{14}{0,864} = 16,21$ , siendo:  $14 = \text{peso}$

mol. del grupo  $\text{CH}_2$ , y 0,864 la ordenada de la asintota que corresponde a la curva experimental de densidades de las parafinas. No se discute el modo cómo ha sido fijado este valor, 0,864, pero sí está claro que para su determinación no se han tomado en cuenta otros datos que los de la serie de hidrocarburos parafínicos normales.

Debe hacerse notar, que en otro trabajo anterior de la misma escuela (20) se da el valor 16,1 para vol. mol. de  $\text{CH}_2$  apoyándose también en la serie de parafinas, y 16,4 tomando como base la de cetonas alifáticas.

Todos estos valores adolecen, a juicio nuestro, de no tomar en consideración más que datos referentes a una sola serie.

En 1936, Gómez Aranda publicó su primera nota acerca de este tema (21) y propuso el

$$\text{Vol. mol. de } \text{CH}_2 = 16,17$$

cuyo valor fué determinado tomando en consideración varias series de hidrocarburos.

Posteriormente, en una nota del mismo autor, sobre el mismo tema (22), y tomando en consideración diecinueve series homólogas, se propuso para

$$\text{Vol. mol. de } \text{CH}_2 = 16,34$$

En 1941, M. L. Huggins (23) propuso el

$$\text{Vol. mol. de } \text{CH}_2 = 16,49$$

para las series de parafinas e isoparafinas.

En 1946, Corbin, Alexander y G. Egloff (24), estudiando diferentes series de hidrocarburos aromáticos mononucleares, proponen valores distintos que varían de 14,56 a 17,14.

En el tomo III del "Traité de Chimie Organique", de Grignard, página 492, Ruzicka atribuye al grupo  $\text{CH}_2$  el vol. 16,3 deducido del estudio de la variación de dicho valor en los compuestos cíclicos polimetilénicos (hidrocarburos, cetonas). Debe relacionarse este dato con la serie de trabajos de Ruzicka y sus discípulos, publicados en *Helv. Ch. Acta*, bajo el título general "Zur Kenntnis des Kohlenstoffringes".

Como objeción general a todos los valores anteriores debemos oponer la de no haberse tomado en consideración suficiente número de datos y el no haber hecho la deducción tras un estudio sistemático de las variaciones del vol. mol. de  $\text{CH}_2$  a lo largo de diferentes series.

Por nuestra parte, y por considerarlo como el punto capital de todo este trabajo, hemos procedido a una cuidadosa selección de datos y a un estudio sistemático de la variación del vol. mol. del grupo  $-\text{CH}_2-$  en numerosas series homólogas.

**ESTUDIO SISTEMÁTICO DE LA VARIACIÓN DEL VOL. MOL. DE  $\text{CH}_2$  A LO LARGO DE DIFERENTES SERIES HOMÓLOGAS**

Llamamos vol. mol. del grupo  $\text{CH}_2$  a  $20^\circ\text{C}$  a la diferencia de vol. mol. a  $20^\circ$  entre dos términos sucesivos de una serie homóloga.

Del estudio de los datos que aparecen en los cuadros de las páginas 32 a 44, se deduce:

a) En todas las series, y para la casi totalidad de los términos de las mismas, el  $V_{\text{CH}_2}^{20^\circ}$  está comprendida entre 16 y 17.

b) Se observan anomalías producidas por errores en las determinaciones experimentales de la densidad y que acusan un apartamiento radical de toda regularidad.

c) Se observan también diferencias anormales entre los valores correspondientes al primero y segundo términos de cada serie; éstas se observan siempre más o menos acentuadas (benceno, cicloexano, ioduro de metilo, bromuro de metilo, metanol, ácido fórmico, etc.) y deben atribuirse a que lo que hemos dado en llamar primer término de la serie homóloga no puede considerarse como perteneciente a la misma, ya que en el paso de este supuesto primer término al segundo, si bien se verifica por incremento de un  $\text{CH}_2$ , existe simultáneamente modificación de la categoría de un átomo de carbono de la cadena, lo que, a nuestro juicio, altera el sentido estricto de la homología.

d) En todas las series puede observarse una variación sistemática del volumen molecular, creciente en unos casos y decreciente en otros.

Esta variación es creciente en las series de parafinas-n, olefinas, acetilenos, homólogos del cicloexano y del ciclopentano.

Es decreciente en las de bromuros y ioduros de alquilo, alcoholes, cetonas, ácidos, esteres, nitrilos.

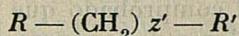
Y no podemos señalar una variación sistemática, ya sea por disponer de pocos datos, ya porque los que poseemos no acusan ninguna regularidad en la variación, en las series de cloruros de alquilo, éteres óxidos, aldehidos, cloruros de ácidos y aminas primarias.

e) En las variaciones del volumen molecular dentro de cada serie, puede señalarse que esta variación alcanza la máxima desviación en los primeros términos, que disminuye rápidamente en no más de tres o cuatro términos, y que después sigue con una variación pequeña, pero siempre mantenido la tendencia general creciente o decreciente que hemos señalado.

Estas observaciones nos llevan a considerar la enorme influencia que en la necesidad de espacio de las moléculas (circunstancia que, entre otras, condiciona su densidad) ejercen las fuerzas intermoleculares (de cohesión

o repulsión, de van der Wals) que ponen en juego los grupos funcionales o grupos atómicos que caracterizan las series homólogas y que son, en general, distintas de las que corresponden a las cadenas de grupos  $\text{CH}_2$ .

La fórmula general de cualquier compuesto orgánico que forme parte de una serie homóloga, es:



siendo  $R$  y  $R'$  los extremos activos ( $\text{CH}_3$ , o grupos funcionales) en cada uno de los cuales interviene un determinado número de átomos de carbono. Si llamamos  $h$  al número de átomos de carbono de los grupos  $R$  y  $R'$  será,  $h = \text{constante}$ , y en todo momento la relación de los grupos  $\text{CH}_2$  a los

grupos funcionales, será  $\frac{z'}{h}$

Cuando la magnitud molecular crezca y con ella  $z'$ , se acentuará cada vez más la influencia de los grupos  $\text{CH}_2$ .

Esto explica que esta influencia perturbadora del grupo funcional sea muy intensa en los primeros términos de cada serie y que rápidamente se atenúe en los términos siguientes. En otro trabajo anterior, ya citado (22), se recoge esta observación diciendo que la divergencia sistemática observada en la serie de los alcoholes y aun más acentuada en la de los ácidos y sus derivados, es solo apreciable en los términos inferiores y tanto mayor cuanto menor es su peso molecular. Puede encontrarse una explicación de esta anomalía en el fenómeno de asociación molecular. Según Traube (25), en las series homólogas de compuestos orgánicos la asociación crece cuando el peso molecular decrece, y alcanza en algunas series valores muy grandes para los términos inferiores; se advierte también que el grupo OH es el que determina con más energía el fenómeno de la asociación molecular.

Pero tenemos que admitir que sobre esta acción perturbadora, muy intensa en los primeros términos y que decrece muy rápidamente, se superpone otra de menor intensidad pero de acción más profunda, que se mantiene decreciendo lentamente en todos los términos asequibles de muchas series homólogas. Nada se opone, por otra parte, a que estas dos acciones que acabamos de señalar sean manifestaciones de un único fenómeno.

No es fácil, al menos para nosotros, descubrir la ley de variación de estas acciones. La falta de este conocimiento que nos daría un medio prácticamente exacto de determinar el volumen molecular del grupo  $-\text{CH}_2-$ , lo suplimos con la utilización de un amplio conjunto de datos experimentales y un estudio crítico de los mismos, de mayor alcance, a nuestro juicio, de lo que ha sido realizado en ocasiones anteriores.

Tomando en consideración los valores del volumen molecular a 20° C del grupo  $\text{CH}_2$  pertenecientes a aquellas series en que se observa una mayor regularidad en su variación, tanto creciente como decreciente, y los de aquellas otras en las que no se observa una tendencia de variación

sistemática, adoptamos como  $V_{CH_2}^{20}$  el valor medio de los incrementos observados en todas ellas. (Ver Tabla pág. 44).

Así encontramos

$$\boxed{\text{Vol. mol. de } CH_2 \text{ a } 20^\circ C = 16,34}$$

Como complemento se ha comprobado que este valor es sensiblemente el límite a que tienden los valores de los incrementos del volumen molecular en todas aquellas series no tomadas en cuenta para su cálculo, cuando el número de átomos crece.

#### LEY QUE RIGE LA VARIACIÓN DE VOL. MOL. EN LAS SERIES HOMÓLOGAS

En la fórmula general [4]

$$V_{20} = az + b \quad [4]$$

conocemos ya,  $a = 16,34$ .

En la práctica utilizamos la fórmula [4] en la que  $z$  representa el número de átomos de carbono de la molécula, y no la fórmula [5] en la que  $z'$  representa el número de grupos  $-CH_2-$  de la misma.

Para el cálculo de  $b$  seguimos un procedimiento análogo, teniendo en cuenta parecidas restricciones y adoptamos en cada caso el valor medio de las diferencias

$$b = V_{20} - az$$

correspondientes a los distintos términos de cada serie.

De este modo han sido calculados los valores de  $b$  contenidos en la tabla (pág. 45).

Estamos, pues, ya, en condiciones de calcular, mediante la fórmula [4], el volumen molecular de cualquier término de una serie homóloga cuya característica conozcamos.

Igualmente podremos calcular el peso específico, por la relación

$$V = \frac{M}{D}$$

Pero si aplicamos la fórmula [4] con los valores de  $b$  que corresponden a  $a = 16,34$ , encontraremos que la coincidencia entre los valores calculados y observados de  $V_{20}$  ó  $D_{20}^4$  no es muy buena en algunas series.

Teóricamente  $a$  debe ser constante, independientemente de la serie homóloga. Ahora bien, es un hecho de experimentación que en muchas series el valor medio de  $V_{CH_2}^{20}$  para el conjunto de términos conocidos es próximo a 16,34, pero distinto. Relacionese con esto lo que decimos en las páginas anteriores.

Podemos modificar la anterior fórmula introduciendo un término de corrección  $h$ , que variará para cada serie. Así, resulta

$$V_{20} = (16,34 + h) z + b''$$

En rigor este término  $h$  no es constante, sino una función de  $z$  que satisface las condiciones de que

$$\begin{aligned} h &= f(z) \\ h &\rightarrow 0; z \rightarrow \infty \end{aligned}$$

La falta de regularidad en la variación de los incrementos de volumen molecular para  $\text{CH}_2$  no nos ha permitido establecer la forma de la función  $h = f(z)$ . Desde un punto de vista práctico las variaciones de  $h$  en cada serie (prescindiendo de los primeros términos que presentan desviaciones excepcionales) son tan pequeñas que no se comete error apreciable dentro del pequeño intervalo de valores de  $z$  a que es necesario atenerse tomando,  $h = \text{constante}$ , dentro de dicho intervalo.

Las diferencias entre los valores de  $V_{20}$  calculados por

$$V_{20} = (a + h) z + b''$$

y los observados que se han adoptado como más seguros, es menor que las que se observan para distintos valores observados entre sí y mucho menor que las que corresponden a los errores admitidos en determinaciones experimentales como el peso específico.

\* \* \*

Al admitir,  $h = \text{constante}$ , admitimos para cada serie un valor distinto en el incremento del grupo  $\text{CH}_2$ .

Pero no puede admitirse en rigor que el grupo  $\text{CH}_2$  tenga un volumen molecular distinto en cada serie homóloga, ya que el principio de constitución de las mismas es invariable.

La necesidad de espacio de las moléculas es la única circunstancia que condiciona la densidad de un cuerpo.

Los términos de una serie homóloga se componen de una cadena polimetilénica terminada en grupos  $\text{CH}_3$  u otros grupos funcionales.

Entre los grupos funcionales o grupos metilos terminales de las distintas moléculas de un líquido se ejercen acciones de intensidad variable (fuerzas de cohesión, de van der Waals), diferentes a las que se ejercen entre los grupos  $\text{CH}_2$  de las cadenas polimetilénicas. Estas acciones producirán una perturbación sobre la necesidad de espacio de las moléculas, cuya acción disminuye a medida que se alarga la cadena de grupos  $\text{CH}_2$ . Por esto, en todas las series homólogas se observan las mayores desviaciones en los términos inferiores, en tanto que en los superiores la regularidad en la variación de volumen del  $\text{CH}_2$  se hace mayor y éste se aproxima más y más al valor límite 16,34 que hemos señalado.

La influencia del grupo funcional en el volumen molecular es más intensa en aquellos casos en que los grupos funcionales poseen mayor actividad química ( $-\text{OH}$ ;  $-\text{COOH}$ ) y alcanza tanto más profundamente a la serie cuanto mayor es dicha actividad.

Si se calculan los volúmenes mol. o los pesos específicos de los térmi-

nos de distintas series homólogas, tomando siempre 16,34 como volumen molecular de  $-\text{CH}_2-$  mediante la fórmula:

$$V_{20} = 16,34 z + b$$

se observa no solo una falta de coincidencia entre valores observados y calculados, sino que se observa también que dicha falta de coincidencia es sistemática (exáminense los cuadros de resultados que presentamos en nuestro anterior trabajo (22) ya citado).

Esta observación ha sido hecha por otros autores y para salvarla proponen introducir un término de corrección,  $f(z)$ , y resulta,

$$V_{20} = a z + b + f(z)$$

siendo  $f(z)$  una función empírica, a veces muy complicada, de  $z$ .

Así proceden Kauffmann (9), Huggins (23) y Egloff (24). Este último hace notar que la estructura de la molécula en total afecta al incremento en el volumen por la acción de un grupo  $-\text{CH}_2-$ , encuentra que la expresión lineal de la forma ( $V = a z + b$ ) es aplicable a las series de hidrocarburos aromáticos mononucleares, si bien da a  $a$  valores distintos para cada serie. En los hidrocarburos alifáticos de cadena corta encuentra una gran desviación de la relación lineal, que pretende corregir con el término adicional  $29/n$ .

$$f(z) = \frac{29}{n}$$

Por nuestra parte, con el fin de lograr la mayor coincidencia posible entre los datos observados y los calculados, hemos creído conveniente distinguir para los grupos  $\text{CH}_2$  un volumen molecular límite y otro aparente.

El volumen molecular límite,  $a = 16,34$  es constante e independiente de la serie.

El volumen molecular aparente,  $a'$  varía, no solo con la serie, sino dentro de cada serie con el número de átomos de C.

El volumen molecular límite es el límite a que tiende el volumen molecular aparente de  $-\text{CH}_2-$  en todas las series a medida que aumenta  $z$ .

Dentro del escaso número de términos que son asequibles en cada serie, podemos admitir que el volumen molecular aparente es constante y tomar por tal el valor medio de los incrementos de  $V_{20}$  en los términos de cada una que puedan tomarse en consideración.

Así, resulta:

$$a' = a + h$$

$h$ , es característica de cada serie.

Las diferencias entre los valores de  $V_{20}$  y  $D_{20}^4$  observados y calculados por la fórmula

$$V_{20} = \frac{M}{D_{20}^4} = (a + h) z + b'' \quad [6]$$

están dentro de las que producen los errores de observación admisibles.

Debemos recordar, sin embargo, que  $h = f(z)$  es una función que satisface las siguientes condiciones:

- 1)  $h$  es prácticamente constante para valores pequeños de  $z$ .
- 2)  $h \rightarrow 0$  cuando  $z \rightarrow \infty$ .

EL PESO ESPECÍFICO EN TODAS LAS SERIES HOMÓLOGAS TIENDE A UN VALOR LÍMITE

De (6) deducimos:

$$D_{20}^4 = \frac{M}{(a + h)z + b''}$$

y por tanto, siendo  $M = 14z + m$ , y  $a = 16,34$ ; y pasando al límite, tendremos,

$$\lim_{z \rightarrow \infty} D_{20}^4 = \frac{14}{16,34} = 0,8568$$

El peso específico de los términos de todas las series homólogas tiende a un valor límite, común a todas las series, y que a 20°C es 0,8568.

CÁLCULO DE LAS DIMENSIONES REALES DEL GRUPO CH<sub>2</sub>

Los numerosos trabajos que tratan de la estructura de las cadenas alifáticas, Seville (26), Alex Müller (27), Katz (28), Stewart (29), Shaerer (30) y otros, nos permiten imaginar las moléculas de los hidrocarburos en estado líquido como formadas por una sucesión de átomos de C dispuestos en zigzag sobre una recta, y aquéllas dispuestas paralelamente entre sí. Sobre los átomos de C se sitúan los de H, envolviendo al eje central de carbonos; la longitud de la molécula se compondrá de la de la cadena de C más los dos H terminales. Sobre estos supuestos, y siguiendo el razonamiento de Stoll y Stoll-Compte (31), estableceremos una ecuación que nos da el peso específico de las parafinas-n, conocidas las dimensiones reales de la molécula.

Sean:

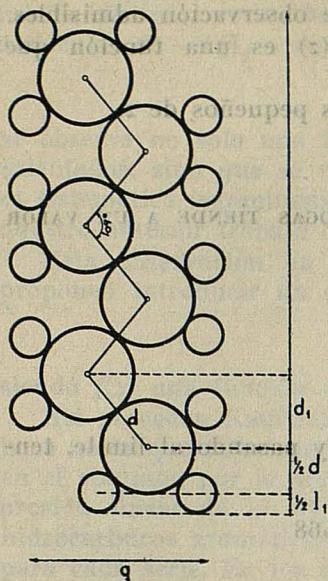
$d = 1,55 \text{ \AA}$ , el diámetro del átomo de C.

$d_1 = d \cdot \operatorname{sen} \frac{109^\circ}{2} = 1,25 \text{ \AA}$ , la proyección de  $d$  sobre el eje longitudinal de la molécula.

$l_1$  longitud de los átomos de H terminales en la dirección del eje longitudinal de la molécula.

$q$  = sección recta de la molécula.

$z$  = número de átomos de carbono de la molécula.



$m$  = peso molecular del grupo  $\text{CH}_2 = 14$ .

El volumen de una molécula de parafina normal con  $z$  átomos de  $C$  será:

$$V = q[(z-1)d_1 + d + l_1] 10^{-24} \text{ cm}^3$$

Su peso molecular será:

$$M = z m + 2$$

y su peso absoluto en gramos:

$$p = \frac{z m + 2}{0,666 \cdot 10^{24}}$$

El peso específico del hidrocarburo será:

$$D = \frac{P}{V} = \frac{z m + 2}{0,666 \cdot 10^{24}} \times$$

$$\times \frac{1}{q[(z-1)d_1 + d + l_1] 10^{-24}} \text{ gr/cm}^3$$

de donde se deduce:

$$0,666 D z q d_1 + D q (d + l_1 - d_1) 0,666 - z m = 2 \quad [7]$$

La fórmula encontrada por nosotros para calcular el  $V_{20}$  ó  $D_0$  de las parafinas es:

$$V_{20} = \frac{M}{D_{20}^4} = (16,34 - 0,07) z + 31,97$$

de la que se deduce

$$16,27 D z + 31,97 D - 14 z = 2 \quad [8]$$

Las ecuaciones [7] y [8] son de igual forma respecto a  $D$  y  $z$ , y siendo iguales los segundos miembros, podemos establecer la igualdad de los coeficientes correspondientes de los primeros miembros, lo que nos da el siguiente sistema de ecuaciones:

$$\begin{cases} 0,606 q d_1 = 16,27 \\ 0,606 (d + l_1 - d_1) q = 31,97 \\ m = 14 \end{cases} \quad [9]$$

Siendo conocidos,  $d = 1,55 \text{ \AA}$ ; y  $d_1 = 1,25 \text{ \AA}$ ; las dos primeras ecuaciones nos permitirán calcular  $q$  y  $l_1$ .

$$q = \frac{16,27}{0,606 \cdot 1,25} = 21,48 \text{ \AA}^2$$

$$l_1 = \frac{31,97 - 0,606 (d - d_1) q}{0,606 q} = 2,16 \text{ \AA}$$

La coincidencia de estos valores con los que Stewart (32) y Stoll (31) encuentran para las mismas magnitudes, es correcta. Véase comparación:

	Stoll	Stewart	Calculado por el autor
$q =$	21,4 $\text{\AA}^2$	21,6 $\text{\AA}^2$	21,48 $\text{\AA}^2$
$l_1 =$	2,39 A	2,20 A	2,16 A

Como el volumen del grupo  $-\text{CH}_2-$  depende sólo de sus dimensiones  $d$ ,  $d_1$  y  $q$ , la coincidencia entre el valor encontrado por nosotros para  $q$ , y los hallados por Stewart y Stoll siguiendo otros procedimientos, la consideramos como una prueba que avala la bondad del método que hemos seguido.

Como el volumen del grupo  $-\text{CH}_2-$  depende sólo de sus dimensiones  $d$ ,  $d_1$  y  $q$ , la coincidencia entre el valor encontrado por nosotros para  $q$ , y los hallados por Stewart y Stoll siguiendo otros procedimientos, la consideramos como una prueba que avala la bondad del método que hemos seguido.

INDICE DE REFRACTION MOLECULAR:  $(n)_m$ 

Denominamos índice de refracción molecular al producto del peso molecular por el índice de refracción. Eisenlohr, en 1920-21, hace las primeras indicaciones sobre este concepto.

En las series homólogas el índice de refracción molecular crece según una ley lineal. La diferencia entre los valores del índice de refracción molecular correspondientes a dos términos consecutivos, lo fijamos en 20,57, número que representa el índice de refracción molecular del grupo  $\text{CH}_2$ .

Para la determinación de este valor se han seguido normas idénticas a las indicadas en el volumen molecular. (Véanse las tablas, págs. 62 a 75).

Podremos, pues, calcular el índice de refracción molecular por la ecuación

$$n_D^{20} \times M = kz + l \quad [10]$$

$$k = 20,57$$

Al igual que en los casos anteriores, al aplicar esta fórmula a diferentes series tenemos que rectificar el valor de  $k$  sumándole un término de corrección  $p$

$$k' = k + p$$

cuyo término  $p$  es prácticamente constante para valores pequeños de  $z$  y se hace nulo cuando  $z$  toma valores muy grandes. Con estas sustituciones la fórmula [10] se transforma en la siguiente:

$$n_D^{20} \times M = k'z + l' \quad [11]$$

En la tabla (págs. 75 y 76) se encuentran los valores de  $k$ ,  $p$ ,  $k'$  y  $l'$ , correspondientes a varias series homólogas.

## INDICE DE REFRACTION

De la fórmula [11] se deduce,

$$n_D^{20} = \frac{k'z + l'}{M} \quad [12]$$

expresión que nos permite calcular el índice de refracción de un compuesto si se conocen las constantes  $k'$  y  $l'$  de la serie homóloga a que pertenece.

La coincidencia entre los valores de  $n_D^{20}$  observados y los calculados por la fórmula [12] alcanza a la tercera cifra decimal y muchas veces a la cuarta. (Véanse las tablas, págs. 77 a 91).

#### ÍNDICE DE REFRACCIÓN LÍMITE

De la fórmula [12] puede deducirse el índice de refracción límite.

Puesto que,

$$n_D^{20} = \frac{20,57 z + l}{14 z + m}$$

cuando  $z$  crezca:

$$\lim_{z \rightarrow \infty} n_D^{20} = \frac{20,57}{14} = 1,4693$$

Por consiguiente, el índice de refracción a que se acerca el de todos los compuestos orgánicos cuando se alarga la cadena polimetilemica fundamental es constante e igual a 1,4693, para la raya  $D$  del espectro del sodio y a 20° C.

#### IMPORTANCIA DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN MOLECULAR

La precisión de las medidas del índice de refracción nacida de la perfección de los aparatos de que disponemos para realizarla, de la sencillez y de la rapidez de su manejo, confiere a esta magnitud un valor práctico superior al de la densidad como constante de aplicación a la resolución de problemas de estructura, análisis de mezclas, etc.

La fórmula

$$(n)_m = M \times n_D^{20} = (k + p) z + l'$$

para cálculo de índices de refracción es de aplicación general en todas las series estudiadas y prescindiendo de los primeros términos da coincidencias con los valores experimentales que superan los límites de error admisibles.

En las series de parafinas y olefinas, de las que sólo poseemos datos desde el pentano y penteno, la máxima desviación se observa en este término; desde el  $C_6$  la coincidencia es perfecta.

En las series que hemos considerado desde su primer término (homólogos del ciclopentano, del ciclohexano, del benceno, ioduros, alcoholes, ácidos) se observa que éste se aparta profundamente del valor calculado.

En las series de alcoholes y de ácidos en que la asociación molecular es importante, los términos segundo y tercero también se apartan del valor calculado y a partir del cuarto la coincidencia entra ya en los límites de error admisibles.

expression de nos meilleures calculs. Si l'indice de refraction est un combinaison  
qui se compose des constantes  $\nu$  et  $\lambda$  des émissions fondamentales et des émissions  
qui correspondent entière ou partiellement à des émissions à des températures  
qui sont dans [12] de 1000 à 1500 degrés Celsius, il n'y a pas de température  
qui soit nécessaire pour la réaction.

## BIBLIOGRAFIA

- (1)  $\Delta = \frac{85 - 0,01882(n-1)^2}{n-1}$ ; C. R. 143, 1235 (1906).
- (2)  $\Delta = \frac{144,86}{T^{0,0148} \sqrt{T}}$ ; Phis. Mag. 9, 1 (1905) J. Ch. Soc. 110, ii, 550 (1916).
- (3)  $T \times \frac{M - R_m}{\sqrt{R_m}}$  = constante. (Significando:  $T$ , temp. abs. de eb.;  $R_m$ , refracción molecular;  $M$ , peso molecular). Zeit. Ph. Chem. (A) 140, 343 (1929); 141, 378 (1929); 148, 216 (1930).
- (4) J. Chem. Soc. 65, 193 (1894).
- (5) J. Chem. Soc. 86, 467 (1904).
- (6) Chem. News. 107, 135 (1913).
- (7) Phis. Mag. 32, 371 (1916).
- (8) Anm. 28, 66 (1902).
- (9) Bez. zwis. phis. Eigensch. u. chem. Konst.
- (10) A. 234, 310 (1886).
- (11) Wied. Ann. 34, 186 (1888).
- (12) Traité de Chimie Org. Grignard 2, 555.
- (13) Ann. Phys. Chim. (8) 16, 531 (1909).
- (14) An. Soc. Esp. F. y Q. 32, 543 (1934).
- (15) Sitzungsber. d. Akad. Wiss. Wien. 84, II, 783 (1881).
- (16) Phys. Ch. 6, 540 (1890).
- (17) Z. Phys. Chem. 75, 585 (1911).
- (18) J. Chem. Soc. 125, 1177 (1924).
- (19) Helv. Ch. Acta. 13, 1185 (1930).
- (20) Ruzicka y Colab. Helv. Ch. Acta, 9, 508 (1926).
- (21) Rev. Acad. Ciencias. Madrid, 33, 141 (1936).
- (22) An. Soc. Esp. F. y Q. 35, 45 (1939).
- (23) J. Am. Ch. Soc. 63, 116 (1941).
- (24) Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 38, 6, 610 (1946).
- (25) Ber. 28, 410, 2728, 2924 (1895).
- (26) Soc. 127, 591 (1925).
- (27) Soc. 127, 599 (1925); Proc. Roy. Soc. (A) 120, 437 (1928); Nature 116, 45 (1925).
- (28) Z. Angev. Chem. 41, 337 (1928).
- (29) Physical. Rev. (2) 32, 153 (1928).
- (30) Trans. Chem. Soc. 123, 315 (1923).
- (31) Helv. Ch. Acta, 13, 1185 (1930).

- (32) Physical Rev. (2) 32, 153 (1928).  
 (33) Z. Phys. Chem. 75, 585 (1911).  
 (34) J. Chim. Phys. 20, 30 (1922).  
 (35) Z. Phys. Chem. 83, 429 (1913).  
 (36) J. An. Chem. Soc. 42, 1945 (1920).  
 (37) Z. Phys. Chem. (A) 156, 397 (1931).  
 (38) G. Aranda. An. Soc. Esp. F. y Q. 34, 513 (1936).  
 (39) Marder. Oel u. Kohle. 11, 1,5 (1935).  
 (40) G. Aranda y M. Marder. An. Soc. Esp. F. y Q. 34, 312 (1936).

ПОДГОТОВКА РОЖДАНИЯ СЕМЬИ К ПОСЛЕДНИМ ДЕНЬЯМ

## DENSIDAD Y VOLUMEN MOLECULAR

### VARIACION DEL VOLUMEN MOLECULAR EN DIFERENTES SERIES HOMOLOGAS

#### HIDROCARBUROS SATURADOS NORMALES

Hidrocarburos saturados nor- males	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Pentano .....	72	0,6278	114,68	15,74
Exano .....	86	0,6603	130,42	15,86
Eptano .....	100	0,68367	146,28	16,02
Octano .....	114	0,7024	162,30	16,06
Nonano .....	128	0,71766	178,36	16,15
Decano .....	142	0,73005	194,51	16,29
Undecano .....	156	0,7400	210,80	15,90
Duodecano .....	170	0,7498	226,70	16,70
Tridecano .....	184	0,7559	243,40	16,00
Tetradecano ...	198	0,7632	259,40	16,80
Pentadecano .....	212	0,7672	276,20	16,20
Exadecano .....	226	0,7729	292,40	16,20
Eptadecano ....	240	0,7777	308,60	16,60
Octadecano .....	254	0,7810	325,20	
Incremento entre C <sub>7</sub> y C <sub>18</sub> .....			16,27	

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

HIDROCARBUROS MONOLEFINICOS — 1

Hidrocarburos monoolefinicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Penteno — 1 .....	70	0,6406	107,96	
		0,6563		16,74
		0,6736		
Exeno — 1 .....	84	0,6666	124,50	
	98	0,6972	140,56	
Epteno — 1 .....	112	0,7151	156,62	16,06
Octeno — 1 .....	126	0,7293	172,76	16,06
Noneno — 1 .....	140	0,7408	188,98	16,14
Deceno — 1 .....	154	—	—	16,22
Undeceno — 1 .....				2 $\times$ 16,18
Duodeceno — 1 .....	182	—	—	
Tetradeceno — 1 ...	192	—	—	4 $\times$ 16,34
Pentadeceno — ...	210	—	—	
Exadeceno — 1 .....	224	0,7812	286,73	
Eptadeceno — 1 ...	338	—		
Octadeceno — 1 ...	252	0,7891	319,35	2 $\times$ 16,31
Incremento medio entre $C_5$ y $C_{18}$ .....			16,27	

HIDROCARBUROS ACETILENICOS — 1

Hidrocarburos — 1 — monoacetylénicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Pentino — 1 .....	68	0,6908	98,43	
Exino — 1 .....	82	0,7156	114,58	16,15
Eptino — 1 .....	96	0,7325	131,06	16,48
Octino — 1 .....	110	0,7460	147,40	16,34
Incremento medio entre $C_5$ y $C_8$ .....			16,34	

HIDROCARBUROS MONOACETILENICOS — 1

HIDROCARBUROS ACETILENICOS — 2

Hidrocarburos 2-monoacetylénicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
C <sub>4</sub>	54	0,6913	78,11	
C <sub>5</sub>	68	0,7104	95,72	
C <sub>6</sub>	82			3 × 16,36
C <sub>7</sub>	96			
C <sub>8</sub>	110	0,7596	144,81	
Incremento medio entre C <sub>5</sub> y C <sub>8</sub> .....				16,36

CICLOPENTANO Y HOMOLOGOS

Hidrocarburos ciclopentánicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Ciclopentano .....	70	0,74538	93,91	
Metil-ciclopentano .....	84	0,74860	112,20	18,29
Etil-ciclopentano .....	98	0,7654	128,03	15,83
Propil-ciclopentano .....	112	0,77625	144,28	16,25
Butil-ciclopentano .....	126			3 × 16,81
Pentil-ciclopentano .....	140			
Exil-ciclopentano .....	154	0,7903	194,86	
Incremento medio entre C <sub>7</sub> y C <sub>11</sub> .....				16,71

CICLOEXANO Y HOMOLOGOS

Hidrocarburos cicloexánicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Cicloexano .....	84	0,77855	107,89	19,48
Metil-cicloexano .....	98	0,76936	127,37	15,48
Etil-cicloexano .....	112	0,7840	142,82	15,95
Propil-cicloexano .....	126	0,79349	158,79	16,18
Butil-cicloexano .....	140	0,8001	174,97	17,04
Pentil-cicloexano .....	154	0,802	192,01	16,42
Exil-cicloexano .....	168	0,806	208,43	15,59
Eptilcicloexano .....	182	0,8124	224,02	
Octil-cicloexano .....	196			
Nonil-cicloesano .....	210			$5 \times 16,28$
Decil-cicloexano .....	224			
Undecil-cicloexano .....	238			
Duodecil-cicloexano .....	252	0,8250	305,45	
Incremento medio de $C_8$ a $C_{18}$ .....			16,27	

BENCENO Y HOMOLOGOS

Fórmula general $C_n H_{2n-6}$	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
$C_6$	78	0,87903	88,73	17,38
$C_7$	92	0,8670	106,11	16,13
$C_8$	106	0,8671	122,24	16,97
$C_9$	120	0,86198	139,21	16,49
$C_{10}$	134	0,8606	155,70	16,64
$C_{11}$	148	0,8588	172,34	15,99
$C_{12}$	162	0,8601	188,33	17,03
$C_{13}$	176	0,8570	205,36	
Incremento medio de $C_7$ a $C_{13}$ .....			16,52	

CLORUROS DE ALQUILo

Cloruros de alquilo	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Cloropropano .....	78,5	0,8890	88,30	16,11
Clorobutano .....	92,5	0,8859	104,41	16,32
Cloropentano .....	106,5	0,8821	120,73	16,45
Cloroexano .....	120,5	0,8784	137,18	16,25
Cloroheptano .....	134,5	0,8766	153,43	15,62
Cloroctano .....	148,5	0,8748	169,05	17,64
Clorononano .....	162,5	0,8704	186,69	16,58
Clorodecano .....	176,5	0,8683	203,27	16,37
Cloroundecano .....	190,5	0,8677	219,64	16,15
Clorododecano .....	204,5	0,8673	235,79	
Incremento medio de $C_3$ a $C_{12}$ .....			16,38	

BROMUROS DE ALQUILO

Bromuros de alquilo	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Bromoetano .....	108,92	1,4633	74,43	
Bromopropano .....	122,92	1,353	90,85	16,42
Bromobutano .....	136,92	1,2744	107,43	16,58
Bromopentano .....	150,92	1,2190	123,80	16,37
Bromoexano .....	164,92	1,1748	140,38	16,58
Bromoheptano .....	178,92	1,1401	156,93	16,55
Bromooctano .....	192,92	1,1124	173,42	16,49
Bromononano .....	206,92	1,0901	189,81	16,39
Bromodecano .....	220,92	1,0658	217,28	17,47
Bromoundecano .....	234,92	1,0541	222,86	15,58
Bromododecano .....	248,92	1,0382	239,76	16,90
Bromotridecano .....	262,92	—	—	2 $\times$ 16,26
Bromotetradecano .....	276,92	1,017	272,29	2 $\times$ 16,31
Bromopentadecano ....	290,92	—	—	
Bromoexadecano .....	304,92	1,000	304,92	
Incremento medio de $C_2$ a $C_{16}$ .....				16,46

IODUROS DE ALQUILO

Ioduros de alquilo	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Ioduro de metilo .....	141,92	2,2819	62,19	
Ioduro de etilo .....	155,92	1,936	80,53	18,34
Ioduro de propilo ...	169,92	1,741	97,58	17,05
Ioduro de butilo .....	183,92	1,609	114,30	16,72
Ioduro de pentilo ...	197,92	1,5118	130,91	16,61
Ioduro de exilo .....	211,92	1,4367	147,50	16,59
Ioduro de eptilo .....	225,92	1,3774	164,02	16,52
Ioduro de octilo .....	239,92	1,328	180,66	16,64
Incremento medio de $C_4$ a $C_8$ .....				16,5

## ALCOHOLES SATURADOS NORMALES

Alcoholes saturados normales	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Metanol .....	32	0,7913	49,49	17,78
Etanol .....	46	0,7894	58,27	16,53
Propanol .....	60	0,8021	74,80	16,57
Butanol .....	74	0,8099	91,37	16,62
Pentanol .....	88	0,8133	108,20	16,31
Exanol .....	102	0,8204	124,30	16,69
Eptanol .....	116	0,8227	140,99	16,52
Octanol .....	130	0,8253	157,51	16,41
Nonanol .....	144	0,8279	173,92	16,53
Decanol .....	158	0,8297	190,45	
Incremento de $C_3$ a $C_{10}$ .....			16,49	

## ETERES OXIDOS SIMETRICOS

Eteres óxidos simétricos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Eter etílico .....	74	0,71368	103,68	$2 \times 16,68$
Eter propílico .....	102	0,7443	137,04	$2 \times 16,18$
Eter butílico .....	130	0,7674	169,40	$2 \times 16,55$
Eter pentílico .....	158	0,7830	202,51	
Eter exílico .....	186	0,7774		$6 \times 16,36$
Eter eptílico .....	214			
Eter octílico .....	242	0,8060	300,66	
Incremento medio de $C_4$ a $C_{16}$ .....			16,34	

## ETERES OXIDOS

SODIUM

Eteres óxidos del tipo $CH_3-O-R$	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Eter metil propílico ...	74	0,7247	102,11	16,29
Eter metil butílico ...	88	0,7432	118,40	
Eter metil pentílico ...	102			$3 \times 16,30$
Eter metil exílico .....	116			
Eter metil eptílico .....	130	0,7770	167,31	16,41
Eter metil octílico ...	144	0,7838	183,75	
Incremento medio .....				16,34

## ETERES OXIDOS

BAMOTHO

Eteres óxidos del tipo $C_8H_{17}-O-R$	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Eter metil-octílico .....	144	0,7838	183,72	17,99
Eter etil-octílico .....	158	0,7833	201,71	16,90
Eter propil-octílico .....	172	0,7868	218,61	16,71
Eter butil-octílico .....	186	0,7904	235,32	
Eter pentil-octílico .....	200			$3 \times 16,13$
Eter exil-octílico .....	214			
Eter eptil-octílico .....	228	0,0836	283,72	16,53
Eter di-octílico .....	242	0,8060	300,25	
Incremento medio .....				16,34

ALDEHIDOS

Aldehidos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Propanal .....	58	0,8066	71,90	17,22
Butanal .....	72	0,8170	88,12	
Pentalal .....	86			215,92
Exanal .....	100	0,8335		
Eptanal .....	114	0,8192	137,35	17,38
		0,8219		
		0,8495		
Incremento medio .....			16,34	

CETONAS

Cetonas del tipo $CH_3 - CO - R$	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Propanona .....	58	0,7912	73,30	16,05
Metil-etyl-cetona .....	72	0,8058	89,35	17,20
Metil-propil-cetona .....	86	0,8071	106,55	16,98
Metil-butil-cetona .....	100	0,8095	123,53	16,28
Metil-pentil-cetona .....	114	0,8154	139,81	16,49
Metil-exil-cetona .....	128	0,8189	156,30	$2 \times 16,42$
Metil-eptil-cetona .....	142			
Metil-octil-cetona .....	156	0,8247	189,15	
Incremento medio $C_4$ a $C_8$ .....			16,40	

ACIDOS MONOBASICOS

Monácidos satura- dos normales	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Metanoico .....	46	1,2078	38,08	19,12
Etanoico .....	60	1,0492	57,18	17,50
Propanoico .....	74	0,9906	74,70	17,10
Butanoico .....	88	0,9587	91,80	17,86
Pentanoico .....	102	0,9387	108,66	16,47
Exanoico .....	116	0,9270	125,13	16,47
Eptanoico .....	130	0,9183	141,60	16,62
Ditanoico .....	144	0,9101	158,22	16,18
Nonanoico .....	158	0,9057	174,40	
Incremento medio de $C_6$ a $C_9$ .....			16,42	

CLORUROS DE ACIDO

Cloruros de ácido	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Cloruro de acetilo .....	78,5	1,105	71,04	16,46
Cloruro de propanoilo ...	92,5	1,0571	87,50	
Cloruro de butanoilo ....	106,5			
Cloruro de pentanoilo ...	120,5			$3 \times 16,79$
Cloruro de exanoilo .....	134,5	0,9755	137,88	
Promedio .....			16,71	

## ESTERES METILICOS

Esteres metilicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Formiato de metilo .....	60	0,9731	61,65	
Acetato de metilo .....	74	0,9331	79,30	17,65
Propanoato de metilo ...	88	0,9138	96,30	17,00
Butanoato de metilo ....	102	0,8970	113,70	17,40
Pentanoato de metilo ...	116	0,8875	130,70	17,00
Exanoato de metilo .....	130	0,8837	147,10	16,40
Eptanoato de metilo .....	144	0,8785	163,90	16,40
Octanoato de metilo .....	158	0,8763	180,30	16,40
Nonanoato de metilo ....	172	0,8744	196,70	
Incremento medio C <sub>4</sub> a C <sub>9</sub> .....			16,60	

## ESTERES ETILICOS

Esteres etilicos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Formiato de etilo .....	74	0,9231	80,16	
Acetato de etilo .....	88	0,9010	97,66	17,50
Propanoato de etilo ....	102	0,8904	114,55	16,89
Butanoato de etilo .....	115	0,8767	132,30	17,75
Pentanoato de etilo .....	130	0,87301	148,90	16,60
Exanoato de etilo .....	144	0,8712	165,28	16,38
Eptanoato de etilo .....	158			3 × 16,71
Octanoato de etilo .....	172	0,8656	198,70	
Incremento medio C <sub>4</sub> a C <sub>8</sub> .....			16,60	

AMINAS

COMPARACIONES

Aminas	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
Propilamina .....	59	0,7160	82,40	
Butilamina .....	73	0,7401	98,62	16,22
Pentilamina .....	87	0,751	115,84	17,22
Exilamina .....	101	0,7675	131,59	15,75
		Promedio .....	16,39	
<b>NITRILOS</b>				
	16,39	2080,1	20,872	

Nitrilos	$P_m$	$D_4^{20}$	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
----------	-------	------------	------------------------------	--------------

Etanonitrilo .....	41	0,7821	52,42	
Propanonitrilo .....	55			$2 \times 17,42$
Butanonitrilo .....	69	0,7904	87,29	
Pantanonitrilo .....	83	0,7855	104,59	17,30
Exanonitrilo .....	97	0,7955	120,37	15,78
Eptanonitrilo .....	111			
Octanonitrilo .....	125			
Nonanonitrilo .....	139			
Decanonitrilo .....	153			$6 \times 16,65$
Undecanonitrilo .....	167			
Dodecanonitrilo .....	181	0,8237	219,74	
Tetradecanonitrilo .....	209	0,8274	252,59	$2 \times 16,42$
Pentadecanonitrilo .....	223			$2 \times 16,45$
	237	0,8301	285,50	
Eptadecano .....	251			$2 \times 16,40$
Octadecanonitrilo .....	265	0,8325	318,31	
		Incremento medio $G_4$ a $C_8$ .....	16,50	

ALFA-BROMO NITRILOS

Bromo nitrilos <i>R—CH<sub>2</sub>Br—C≡N</i>	<i>P<sub>m</sub></i>	<i>D<sub>4</sub><sup>20</sup></i>	$V_m = \frac{P_m}{D_4^{20}}$	$\Delta V_m$
— Br. butano-nitrilo .....	147,92	1,4657	100,92	16,57
— Br. pentano-nitrilo .....	161,92	1,3782	117,48	16,86
— Br. exano-nitrilo .....	175,92	1,3095	134,34	18,13
— Br. eptano-nitrilo .....	189,92	1,2456	152,47	15,86
— Br. octano-nitrilo .....	203,92	1,2114	168,33	17,10
— Br. nonano-nitrilo .....	217,92	1,1714	186,03	16,89
— Br. decano-nitrilo .....	231,92	1,1429	202,92	16,61
— Br. undecano-nitrilo ...	245,95	1,1202	219,53	17,40
— Br. dodecano-nitrilo ...	259,92	1,0970	236,93	16,48
— Br. tridecano-nitrilo ...	273,92	1,0809	253,41	
Promedio .....				16,94

DENSIDAD Y VOLUMEN MOLECULAR  
CALCULO DEL VOLUMEN MOLECULAR DEL GRUPO  
*—CH<sub>2</sub>—* A 20° C.

SERIE	N.º de términos considerados <i>n</i>	$\Delta V_m$ Medio	$\Delta V_m$
Parafinas normales .....	11	16,27	176,97
Monoolefinas — 1 .....	9	16,27	146,43
Acetileno — 1 y Acetilenos — 2 .	6	16,34	98,04
Alquil-ciclo-exanos .....	9	16,27	146,43
Cloruros de alquilo .....	9	16,38	147,42
Alcoholes normales .....	5	16,49	82,45
Eteres óxidos .....	17	16,34	277,78
Aldehídos .....	4	16,34	65,36
Cetonas .....	7	16,40	114,80
Monoácidos .....	5	16,42	82,10
Aminas .....	3	16,39	49,17
	85		1388,95
Promedio: $\frac{1388,95}{85} = 16,340$			

## DENSIDAD Y VOLUMEN MOLECULAR

Tabla de los valores de los coeficientes a, h y b, de la ecuación.

$$V_{20} = (a + h) z + b$$

SERIE	a	h	a + h	b
Parafinas normales .....	16,34	-0,07	16,27	31,97
Monoolefinas — 1 .....		-0,07	16,27	26,49
Acetilenos — 1 .....		0,00	16,34	16,66
Acetilenos — 2 .....		0,00	16,34	14,06
Alquil-ciclo-pentanos .....		+0,37	16,71	11,05
Alquil-ciclo-exanos .....		-0,07	16,27	12,66
Alquil-bencenos .....		+0,18	16,52	- 9,58
Cloruros de alquilo .....		0,00	16,38	39,00
Bromuros de alquilo .....		+0,12	16,46	41,69
Ioduros de alquilo .....		+0,25	16,59	47,95
Alcoholes normales .....		+0,15	16,49	25,52
Metil-éteres .....		0,00	16,34	36,68
Octil-éteres .....		0,00	16,34	38,89
Eteres simétricos .....		0,00	16,34	38,89
Aldehidos .....		0,00	16,34	22,78
Metil-cetonas .....		+0,06	16,40	25,10
Monoácidos .....		+0,08	16,42	26,69
Cloruros de ácido .....		+0,37	16,71	37,53
Esteres metílicos .....		+0,26	16,60	30,90
Esteres etílicos .....		+0,26	16,60	32,70
Aminas .....		+0,05	16,39	33,35
Nitrilos .....		+0,16	16,50	21,56
— Bromo-nitrilos .....		+0,60	16,94	33,25

## DENSIDAD Y VOLUMEN MOLECULAR

COMPARACION ENTRE VALORES OBSERVADOS  
Y CALCULADOS

## HIDROCARBUROS SATURADOS NORMALES

$$V_m = 16,27 Z + 31,97$$

Hidrocarburos sa- turados normales	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Pentano .....	115,20			0,6250		
	114,92			0,6265		
	114,68			0,6278		
	114,40	-1,08	113,32	0,6294	0,0060	0,6354
	114,68			0,62783		
	115,21			0,6249		
Exano .....	130,50			0,6590		
	130,42			0,6594		
	130,24	-0,65	129,59	0,6603	0,0033	0,6636
	128,47	1,12		0,6694	-0,0058	
	130,42			0,65937		
Eptano .....	146,75			0,6804		
	146,50			0,6825		
	146,28			0,6836		
	146,10			0,6844		
	146,28			0,68367		
	146,02	-0,16	145,36	0,68480	0,0008	0,6856
	146,15			0,6846		
Octano .....	162,60			0,7011		
	162,32			0,7023		
	162,06	0,07	162,13	0,7034	0,0003	0,7031
	161,93			0,7040		
	162,27	-0,14		0,70252	0,0006	
	162,27			0,7024		
Nonano .....	178,60			0,7166		
	178,35	0,05	178,40	0,7177	-0,0002	0,7175
	178,36			0,71766		
Decano .....	194,70	-0,03	194,67	0,7293	0,0001	0,7294
	194,34			0,7307		
	193,17			0,7467		
	194,51			0,73005		
Undecano .....	210,80	0,14		0,7400	-0,0005	0,7395
	210,77			0,7581		
	226,70			0,7498		
Dodecano .....	221,23	-0,02	227,21	0,7484	-0,0002	0,7482
Tridecano .....	243,40	0,08	243,48	0,7559	-0,0002	0,7557
Tetradecano .....	259,40	0,35	259,75	0,7632	-0,0009	0,7623
Pentadecano .....	276,20	-0,18	276,02	0,7672	0,0008	0,7680
Exadecano .....	292,40	-0,11	292,20	0,7729	0,0003	0,7732
Eptadecano .....	308,60	-0,04	306,56	0,7777	0,0001	0,7778
Octadecano .....	325,20	-0,37	324,83	0,7810	0,0009	0,7819

1. — PROPIEDADES FISICAS MONOOLEFINAS

MONOOLEFINAS

$$V_m = 16,27 z + 26,49$$

Hidrocarburos mono-olefínicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Penteno — 1 .....	109,27	—1,43	117,84	0,6406	0,0085	0,6491
Exeno — 1 .....	106,65	—1,19	114,84	0,6563	0,0072	0,6635
Exeno — 1 .....	124,70	—0,59	125,29	0,6736	0,0032	0,6768
Exeno — 1 .....	126,01		124,11	0,6666		0,6768
Exeno — 1 .....	122,78			0,6841		
Epteno — 1 .....	140,56	—0,18	140,38	0,6972	0,0009	0,6981
Octeno — 1 .....	156,62	0,03	156,53	0,7151	—0,0001	0,7150
Octeno — 1 .....	156,53		156,65	0,7155		0,7150
Octeno — 1 .....	157,18			0,713		
Noneno — 1 .....	155,62			0,7197		
Deceno — 1 .....	172,76	0,16	172,92	0,7293	—0,0006	0,7287
Deceno — 1 .....	188,98	0,21	189,19	0,7408	—0,0008	0,7400
Deceno — 1 .....	183,48			0,763		
Undeceno — 1 .....			205,46			0,7495
Dodeceno — 1 .....	221,37	0,36	221,73	0,7589	—0,0012	0,7577
Trideceno — 1 .....	—	—	238,00	—	—	0,7647
Tetradeceno — 1 .....	—	—	254,27	—	—	0,7708
Pentadeceno — 1 .....	—	—	270,54	—	—	0,7762
Exadeceno — 1 .....	286,73	0,08	286,81	0,7812	—0,0002	0,7810
Eptadeceno — 1 .....	—	—	303,08	—	—	0,7853
Octadeceno — 1 .....	319,35	—	319,35	0,7891	—	0,7891

**HIDROCARBUROS MONOACETILENICOS — 1**

$$V_m = 16,34 Z + 16,66$$

Hidrocarburos mono- acetilénicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Pentino — 1 .....	98,43	—0,07	98,36	0,6908	0,0005	0,6913
Exino — 1 .....	114,58	0,12	114,70	0,7156	0,0007	0,7149
Eptino — 1 .....	131,06	0,02	131,04	0,7325	0,0001	0,7326
Octino — 1 .....	147,45	—0,07	147,38	0,7460	0,0004	0,7464

**HIDROCARBUROS MONOACETILENICOS — 2**

$$V_m = 16,34 Z + 14,06$$

Hidrocarburos mono- acetilénicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Butino — 2 .....	78,11	1,31	79,42	0,6913	—0,0114	0,6759
Pentino — 2 .....	95,72	0,04	95,76	0,7104	—0,0002	0,7102
Exino — 2 .....	—	—	112,10	—	—	0,7315
Eptino — 2 .....	—	—	128,44	—	—	0,7474
Octino — 2 .....	144,81	—0,03	144,78	0,7596	0,0002	0,7598

CICLOPENTANO Y HOMOLOGOS

$$V_m = 16,71 Z + 11,05$$

Hidrocarburos ciclo-pentánicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Ciclopentano .....	93,91	—	94,60	0,74538	—	0,7399
Metil-ciclopentano .....	112,20	0,89	111,31	0,74860	0,0060	0,7546
Etil-ciclopentano .....	128,03	0,01	128,02	0,7654	0,0001	0,7655
Propil-ciclopentano .....	144,28	0,45	144,73	0,77625	0,0024	0,7789
Butil-ciclopentano .....	—	—	161,44	—	—	0,7805
Pentil-ciclopentano .....	—	—	178,15	—	—	0,7859
Exil-ciclopentano .....	194,86	0,00	194,86	0,7903	0,0000	0,7903

CICLOEXANO Y HOMOLOGOS

$$V_m = 16,27 Z + 12,66$$

Hidrocarburos cicloexá-nicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Cicloexano .....	107,89	—	110,28	0,77855	—	0,7617
Metil-cicloexano .....	127,37	—0,82	126,55	0,76936	0,005	0,7744
	127,43	—	127,78	0,7690	—	0,7673
Etil-cicloexano .....	142,14	—	142,82	0,78792	—	0,7842
	144,14	—	142,85	0,7770	0,0002	—
Propil-cicloexano .....	168,79	0,30	159,09	0,79349	—0,0015	0,7920
	160,24	—	—	0,7863	—	—
Butil-cicloexano .....	174,97	0,39	175,36	0,8001	—0,0018	0,7983
	175,65	—0,29	—	0,7970	0,0013	—
Pentil-cicloexano .....	192,01	—0,38	191,63	0,802	0,0016	0,8036
Exil-cicloexano .....	208,43	—0,53	207,90	0,806	0,0021	0,8081
Eptil-cicloexano .....	224,02	0,15	224,17	0,8124	—0,0005	0,8119
Octil-cicloexano .....	—	—	240,44	—	—	0,8152
Nonil-cicloexano .....	—	—	256,71	—	—	0,8180
Decil-cicloexano .....	—	—	272,98	—	—	0,8208
Undecil-cicloexano .....	—	—	289,25	—	—	0,8228
Dodecil-cicloexano .....	305,52	0,07	305,52	0,8250	—0,0002	0,8248

## CICLOPENTANOS Y HOMOLOGOS

20,11 - 18,12 - 11,1

## BENCENO Y HOMOLOGOS

 $V_m = 16,52 Z - 9,58$ 

Hidrocarburos bencénicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Benceno .....	89,28	0,26	89,54	0,8736	-0,0025	0,8711
	88,			0,8772		
	88,8			0,8776		
	88,7			0,87843		
	88,7			0,87856		
	88,6			0,8788		
	88,6			0,8802		
	88,73			0,87903		
	88,74			0,8789		
Metil-benceno .....	106,11	-0,05	106,06	0,8670	0,0004	0,8674
	106,13			0,86683		
	106,28			0,8656		
	106,27			0,8657		
Etil-benceno .....	122,24	0,34	122,58	0,8671	-0,0024	0,8647
	122,26			0,86696		
	122,14			0,8678		
	121,32			0,8737		
	101,02			0,8759		
Propil-benceno .....	139,24			0,8618		
	139,21			0,8698		
	139,27			0,8616		
	139,16	-0,06	139,10	0,8623	0,0004	0,8627
Butil-benceno .....	155,70			0,8606		
	155,59	0,03	155,62	0,8612	-0,0001	0,8611
	155,42			0,8620		
Pentil-benceno .....	172,34	-0,20	172,14	0,8588	0,0010	0,8598
	170,86			0,8662		
Exil-benceno .....	188,33	0,33	188,66	0,8601	-0,0014	0,8587
	188,08			0,8613		
Eptil-benceno .....	205,36	-0,18	205,18	0,8570	0,0008	0,8578

CLORUROS DE ALQUILo

$$V_m = 16,34 Z + 39,00$$

Cloruros de alquilo	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Calc.
Cloro-metano .....	55,10	0,28	55,38	0,9165	-0,0046	0,9119
Cloro-etano .....	71,90	-0,14	71,76	0,8970	0,0018	0,8988
Cloro-propano .....	70,03			0,921		
Cloro-butano .....	88,30			0,8890		
Cloro-pentano .....	90,53			0,8671		
Cloro-exano .....	88,10	0,04	88,14	0,8910	-0,0004	0,8906
Cloro-butano .....	104,41	0,09	104,52	0,8859	-0,0009	0,8850
Cloro-pentano .....	104,71			0,8834		
Cloro-pentano .....	120,73			0,8821		
Cloro-pentano .....	121,40			0,8731		
Cloro-pentano .....	120,90	—	120,90	0,8808	—	0,8808
Cloro-pentano .....	120,55			0,8834		
Cloro-exano .....	137,18	0,10	137,28	0,8784	-0,0006	0,8778
Cloro-exano .....	137,70			0,8741		
Cloro-epeno .....	153,43	0,23	153,66	0,8766	-0,0013	0,8753
Cloro-epeno .....	154,15			0,8726		
Cloro-epeno .....	169,05			0,8748		
Cloro-epeno .....	169,66	0,38	170,04	0,8752	-0,0019	0,8733
Cloro-nonano .....	186,69	-0,27	186,42	0,8704	0,0013	0,8717
Cloro-decano .....	203,27	-0,47	202,80	0,8683	0,0020	0,8703
Cloro-undecano .....	219,64	-0,46	219,18	0,8677	0,0014	0,8691
Cloro-dodecano .....	235,79	-0,23	235,56	0,8673	0,0008	0,8681

## BROMURO DE ALQUILo

$$V_m = 16,46 Z + 41,69$$

Bromuros de alquilo	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Bromo-etano .....	74,43			0,4653		
	76,11			1,4310		
	75,57			1,4412		
	74,70	-0,09	74,61	1,4580	0,0019	1,4599
Bromo-propano .....	90,73			1,3548		
	90,85			1,353		
	90,92	0,25	91,17	1,3520	-0,0037	1,3483
	90,74			1,3546		
Bromo-butano .....	107,43			1,2744		
	107,55	-0,02	107,53	1,273	0,0003	1,2733
	107,04			1,2792		
Bromo-pentano .....	123,80			1,2190		
	123,98	0,01	123,99	1,2173	-0,0001	1,2172
	123,36			1,2234		
Bromo-exano .....	140,38	0,07	140,45	1,1748	-0,0006	1,1742
	140,23			1,176		
	140,66			1,1725		
Bromo-heptano .....	156,93	-0,02	156,91	1,1401	0,0002	1,1403
	157,16			1,1384		
Bromo-octano .....	173,42	-0,05	173,37	1,1124	0,0004	1,1128
	173,42			1,112		
	173,19			1,1139		
Bromo-nonano .....	189,81	0,02	189,83	1,0901	-0,0001	1,0900
Bromo-decano .....	207,28	-0,99	206,29	1,0658	0,0051	1,0709
Bromo-undecano .....	222,86	-0,11	222,75	1,0541	0,0005	1,0546
Bromo-dodecano .....	299,76			1,0382		
	239,58	-0,37	239,21	1,039	0,0016	1,0406
			255,67			1,0284
Bromo-tetradecano .....	272,29	-0,16	272,13	1,017	0,0006	1,0176
Bromo-pentadecano .....			288,59			1,0081
Bromo-exadecano .....	304,92	0,13	305,05	1,000	-0,0004	0,9996

IODUROS DE ALQUILO

$$V_m = 16,59 Z + 47,95$$

Ioduros de alquilo	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Iodo-metano .....	62,19			2,2819		
	59,48			2,3886		
	62,26			2,2792		
	62,54	2,00	64,54	2,2690	-0,0701	2,1989
Iodo-etano .....	80,39			1,9395		
	80,53			1,936		
	80,84	0,29	81,13	1,9288	-0,0069	1,9219
	80,62			1,9338		
	80,62			1,9340		
	80,43			1,9387		
Iodo-propano .....	97,32			1,7434		
	97,53	0,14	97,72	1,741	-0,0022	1,7388
	97,50			1,7427		
	97,46			1,7435		
	97,26			1,7470		
Iodo-butano .....	113,83			1,6157		
	114,30	0,01	114,31	1,609	-0,0001	1,6089
	113,82			1,6158		
	113,76			1,6166		
Iodo-pentano .....	130,91			1,5118		
	130,90	-0,00	130,90	1,512		1,5120
	131,15			1,5091		
	130,51			1,5165		
	130,43			1,5174		
Iodo-exano .....	147,50	-0,01	147,49	1,4367	0,0001	1,4368
	147,67			1,435		
	147,55			1,4363		
	147,35			1,4382		
Iodo-heptano .....	164,49			1,3734		
	164,78			1,371		
	164,02	0,06	164,08	1,3774	-0,0005	1,3769
	164,34			1,3747		
Iodo-octano .....	180,66	0,01	180,67	1,328	-0,0001	1,3279
	180,54			1,3289		
	180,43			1,3297		
	179,55			1,3362		

**ALCOHOLES SATURADOS NORMALES**

$$V_m = 16,94 Z + 25,52$$

Alcoholes saturados normales	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Metanol	40,49 40,41 40,30	1,52 1,50 1,48	42,01 41,98 41,96	0,7913 1,7918 1,7924	0,0296 — —	0,7617 — —
Etanol	58,27	0,23	58,50	0,7894	—0,0031	0,7863
Propanol	74,80 74,59	0,19 0,18	74,99 74,98	0,8021 0,8044	—0,0020 —	0,8001 —
Butanol	91,60 91,37	—0,12 0,11	91,72 91,71	0,8078 0,8099	0,0011 0,0010	0,8017 0,8016
Pentanol	108,33 108,20 107,99 107,70	—0,02 —0,01 —0,02 —0,01	107,97 107,96 107,95 107,94	0,8123 0,8133 0,8148 0,8168	0,0002 — 0,0002 0,0002	0,8150 — — —
Exanol	124,80 124,30	0,16	124,46	0,8204	—0,0009	0,8195
Eptanol	141,60 140,99	—0,04	140,95	0,8192 0,8227	0,0003	0,8230
Octanol	157,92 157,51	—0,07	157,44	0,8231 0,8253	0,0004	0,8257
Nonanol	174,20 173,92	—0,07	173,92	0,8266 0,8279	— 0,0279	— 0,8279
Decanol	190,70 190,45	—0,03	190,42	0,8285 0,8297	— —	0,8297 —

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

ETERES OXIDOS SIMETRICOS

$$V_m = 16,34 Z + 38,89$$

Eteres óxidos simétricos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Eter etílico .....	103,75	0,50	104,25	0,7132	-0,0034	0,7098
	103,68			0,71368		
	103,64			0,71398		
Eter propílico .....	137,30			0,7428		
	137,04	-0,11	136,93	0,7443	0,0006	0,7449
Eter butílico .....	169,40	0,21	169,61	0,7677	-0,0009	0,7665
Eter pentílico .....	203,24	-0,95		0,7774	0,0036	
			202,29			0,7810
	201,78	0,51		0,7830	-0,0020	
Eter exílico .....			234,97			0,7916
Eter eptílico .....			267,65			0,7996
Eter octílico .....	300,25	0,08	300,33	0,8060	-0,0002	0,8058

ETERES OXIDOS

$$V_m = 16,34 Z + 38,89$$

Eteres óxidos del tipo $CH_3 - O - R$	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Eter metil-propílico .....	102,11	-0,07	102,04	0,7247	0,0005	0,7252
Eter metil-butílico .....	118,40	-0,02	118,38	0,7432	0,0001	0,7433
Eter metil-pentílico .....			134,72			0,7571
Eter metil-exílico .....			151,06			0,7679
Eter metil-eptílico .....	167,31	0,10	167,41	0,7770	-0,0005	0,7765
Eter metil-octílico .....	183,72	0,02	183,74	0,7838	-0,0001	0,7837

## ETERES OXIDOS

$$V_m = 16,34 Z + 36,68$$

Eteres óxidos del tipo $C_8H_{17}-O-R$	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Eter metil-octílico .....	183,72	2,23	185,95	0,7838	-0,0094	0,7744
Eter etil-octílico .....	201,71	0,58	202,29	0,7833	+0,0022	0,7811
Eter propil-octílico .....	218,61	0,02	218,63	0,7868	-0,0001	0,7867
Eter butil-octílico .....	235,32	-0,35	234,97	0,7904	0,0012	0,7916
Eter pentil-octílico .....	251,31					0,7958
Eter exil-octílico .....	267,65					0,7996
Eter eptil-octílico .....	283,72	0,26	283,98	0,8036	-0,0008	0,8028
Eter di-octílico .....	300,25	0,08	300,33	0,8060	-0,0002	0,8058

NOTA.—Si comparamos los valores de densidad y  $V_m$  del éter metil-octílico, que figuran en esta tabla y en la anterior, notaremos en ésta una notable desviación entre valores observados y calculados. Esto se debe a la influencia perturbadora del grupo metoxi. Esta, en la serie de éteres metoxílicos, se mantiene constante y su influencia se refleja en la constante  $b$ . Por el contrario, en la serie de los éteres octíl-oxi-alquilícos esta influencia no se hace sentir más que en el primer término.

## ALDEHIDOS NORMALES

$$V_m = 16,34 Z + 22,78$$

Aldehidos normales	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Propanal .....	71,90	-0,05	71,85	0,8066	0,0006	0,8072
Butanal .....	88,12	0,07	88,19	0,8170	-0,0006	0,8164
Pentanal .....	104,53					0,8227
Exanal .....	119,87	1,00	120,87	0,8335	-0,0062	0,8273
Eptanal .....	139,16	-1,95		0,8192	0,0116	
	138,70	-1,47	137,21	0,8219	0,0089	0,8308
	134,19	3,02		0,8495	-0,0187	

**METIL-ALQUIL CETONAS**

$$V_m = 16,40 Z + 25,10$$

Cetonas del tipo $CH_3-CO-R$	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Propanona .....	73,30	1,00	74,30	0,7912	-0,0106	0,7806
	73,27			0,7915		
	73,25			0,7918		
	72,86			0,7960		
Metil-etyl cetona .....	89,35	1,35	90,70	0,8058	-0,0120	0,7938
Metil-propil cetona .....	106,89	0,21	107,10	0,8045	-0,0015	0,8030
	106,55			0,8071		
	106,39			0,8083		
	106,32			0,8089		
Metil-butil cetona .....	123,10			0,8123		
	123,53	-0,03	123,50	0,8095	0,0002	0,8097
Metil-pentil cetona .....	142,18			0,8018		
	139,81	0,09	139,90	0,8154	-0,0005	0,8149
	140,54		139,90	0,8111		
Metil-exil cetona .....	156,38			0,8185		
	156,30		156,30	0,8189		0,8189
	156,28			0,8190		
	156,49			0,8179		
Metil-etyl cetona .....			172,70			0,8222
Metil-etyl cetona .....	189,15	0,05	189,20	0,8247	-0,0002	0,8245

**MONOACIDOS SATURADOS NORMALES**

$$V_m = 16,42 Z + 26,69$$

Monoácidos saturados normales	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Calc.	Observ.	Dif.	Calc.
Metanoico .....	38,06	5,03	43,11	1,2078	-0,1408	1,0670
	37,70			1,2201		
Etanoico .....	57,20	2,33	59,53	1,0489	-0,0410	1,0079
	57,18			1,0492		
	57,07			1,0514		
Propanoico .....	74,70	1,25	75,95	0,9906	0,0163	0,9743
Butanoico .....	91,80	0,57	92,37	0,9587	-0,0060	0,9527
Pentanoico .....	108,80	-0,01	108,79	0,9375	0,0001	0,9376
	108,66			0,9387		
	108,30			0,9415		
Exanoico .....	125,13	0,08	125,21	0,9270	-0,0006	0,9264
	124,87			0,9289		
Eptanoico .....	141,90			0,9161		
	141,57	0,06	141,63	0,9183	-0,0004	0,9179
Octanoico .....	158,22	-0,17	158,05	0,9101	0,0010	0,9111
	157,60			0,9139		
Nonanoico .....	174,20			0,9044		
	174,45	0,02	174,47	0,9057	-0,0001	0,9056

**CLORUROS DE ACIDO**

$$V_m = 16,71 Z + 37,53$$

Cloruros de ácido	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Cloruro de acetilo .....	71,04	-0,07	70,97	1,105	0,0011	1,1061
Cloruro de propanoilo .....	87,50	0,16	87,66	1,0571	-0,0019	1,0552
Cloruro de butanoilo .....			104,37			1,0204
Cloruro de pentanoilo .....			121,08			0,9952
Cloruro de exanoilo .....	137,88	-0,09	137,79	0,9755	0,0006	0,9761

**ESTERES METILICOS**

$$V_m = 16,60 Z + 30,90$$

Esteres metilicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Formiato de metilo .....	61,65	2,45	64,10	0,9731	-0,0371	0,9360
	61,60					
Acetato de metilo .....	79,30	1,40	80,70	0,9331	-0,0161	0,9170
	79,20			0,9335		
Propanoato de metilo .....	96,30	1,00	97,30	0,9138	-0,0094	0,9044
	96,19			0,9148		
Butanoato de metilo .....	113,70	0,20	113,90	0,8970	-0,0015	0,8955
Pentanoato de metilo .....	130,70	-0,20	130,50	0,8875	0,0013	0,8888
Exanoato de metilo .....	147,10		147,10	0,8837		0,8837
Eptanoato de metilo .....	163,90	-0,20	163,70	0,8785	0,0011	0,8796
Octanoato de metilo .....	180,30		180,30	0,8762		0,0763
Nonanoato de metilo .....	196,70	0,20	196,90	0,8744	-0,0002	0,8735

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

**ESTERES ETILICOS**

$$V_m = 16,60 Z + 32,70$$

Esteres etilicos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Calc.
Formiato de etilo .....	97,84		82,50	0,9003		
	80,16	2,34		0,9231	-0,0261	0,8970
Acetato de etilo .....	98,07	1,04	99,11	0,8973	-0,0094	0,8879
	97,66			0,9010		
Propanoato de etilo .....	114,35	1,15	115,70	0,8904	-0,0088	0,8816
Butanoato de etilo .....	132,30		132,30	0,8767	0,0000	0,8767
Pentanoato de etilo .....	148,90		148,90	0,8730	0,0000	0,8730
Exanoato de etilo .....	165,28	0,22	165,50	0,8712	-0,0011	0,8701
Eptanoato de etilo .....				182,10		0,8676
Octanoato de etilo .....	198,70		198,70	0,8656	0,0000	0,8656

**AMINAS**

$$V_m = 16,39 Z + 33,35$$

Aminas	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Calc.
Propil-amina .....	82,40	0,12	82,52	0,7160	-0,0010	0,7150
Butil-amina .....	99,20	-0,29		0,7358	0,0022	
			98,91			0,7380
Pentil-amina .....	98,62	0,29		0,7401	-0,0021	
						0,7545
Exil-amina .....	115,84	-0,54	115,30	0,751	0,0035	
				0,7675	-0,0005	0,7670

**NITRILOS**

$$V_m = 16,50 Z + 21,56$$

Nitrilos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Cal.
Etano-nitrilo	52,42	2,04	54,46	0,7821	-0,293	0,7528
Propano-nitrilo			71,06			0,7740
Butano-nitrilo	87,29			0,7904		
	86,94			0,7936		
	87,44	0,12	87,56	0,0011	-0,0011	0,7880
Pentano-nitrilo	104,59	-0,53	104,06	0,7935	0,0041	0,7976
Exano-nitrilo	120,37	0,19	120,56	0,8058	-0,0012	0,8046
	119,85			0,8093		
	120,21			0,8069		
Eptano-nitrilo			137,06			0,8099
Octano-nitrilo			153,56			0,8140
Nonano-nitrilo			170,06			0,8174
Decano-nitrilo			186,56			0,8201
Undecano-nitrilo			203,06			0,8224
Dodecano-nitrilo	249,74	-0,18	219,56	0,8237	0,0007	0,8244
Tridecano-nitrilo			236,06			0,8261
Tetradecano-nitrilo	252,59	-0,03	253,56	0,8274	0,0001	0,8275
Pentadecano-nitrilo			269,06			0,8288
Exadecano-nitrilo	285,50	0,06	285,56	0,8301	-0,0002	0,8299
Eptadecano-nitrilo			302,06			0,8310
Octadecano-nitrilo	318,31	0,25	318,56	0,8325	-0,0006	0,8319

INDICE DE REFRACTION MOLECULAR

ALFA-BROMO NITRILOS

$$V_m = 16,94 Z + 33,25$$

Bromonitrilos	Volumen molecular			Densidad		
	Observ.	Dif.	Cal.	Observ.	Dif.	Calc.
-Bromo-butanonitrilo .....	100,92	0,09	101,01	1,4657	-0,0013	1,4644
-Bromo-pantanonitrilo .....	117,48	0,47	117,95	1,3782	-0,0054	1,3728
-Bromo-exanonitrilo .....	134,34	0,55	134,89	1,3095	-0,0053	1,3042
-Bromo-eptanonitrilo .....	152,47	-0,64	151,83	1,2456	0,0053	1,2509
-Bromo-octanonitrilo .....	168,33	0,44	168,77	1,2114	-0,0031	1,2083
-Bromo-nonanonitrilo .....	186,03	-0,32	185,71	1,1714	0,0020	1,1734
-Bromo-decanonitrilo .....	202,92	-0,27	202,65	1,1429	0,0015	1,1444
-Bromo-undecanonitrilo .....	219,53	0,06	219,59	1,1202	-0,0003	1,1199
-Bromo-dodecanonitrilo .....	236,93	-0,40	236,53	1,0970	0,0029	1,0989
-Bromo-tridecanonitrilo .....	253,41	0,06	253,47	1,0809	-0,0002	1,0807

## INDICE DE REFRACTION MOLECULAR

### VARIACION DEL INDICE DE REFRACTION MOLECULAR EN DIFERENTES SERIES HOMOLOGAS

<b>HIDROCARBUROS SATURADOS NORMALES</b>					
	N.º de átomos de carbono	$P_m$	$n_{20}^D$	$(n) = P_m n_{20}^D$	$\Delta(n)$
5	$C_5$	72	1,35638	97,66	20,58
6	$C_6$	86	1,37486	118,24	20,54
7	$C_7$	100	1,38777	138,78	20,54
8	$C_8$	114	1,39750	159,78	20,58
9	$C_9$	128	1,40549	179,90	20,59
10	$C_{10}$	142	1,41189	200,49	20,61
	$C_{11}$	156	1,41730	221,10	20,59
	$C_{12}$	170	1,42170	241,69	
	$C_{13}$	180			
	$C_{14}$	198			20,64
	$C_{15}$	212			
	$C_{16}$	226			
	$C_{17}$	240	1,437	344,88	
Promedio entre $C_n$ y $C_{17}$ ... 20,59					

ACERCUACIONES

MONOOLEFINAS

N.º de átomos de carbono	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	N.º de divisiones en estípulas
C <sub>5</sub>	72	1,3711	98,72	17,88
C <sub>6</sub>	84	1,3881	116,60	20,59
C <sub>7</sub>	89	1,3999	137,19	20,51
C <sub>8</sub>	112	1,40880	157,70	20,68
C <sub>9</sub>	126	1,1557	178,38	20,60
C <sub>10</sub>	140	1,423	198,98	
C <sub>11</sub>	154			
C <sub>12</sub>	168			
C <sub>13</sub>	182			20,64
C <sub>14</sub>	196			
C <sub>15</sub>	210			
C <sub>16</sub>	224	1,4410	322,78	
C <sub>17</sub>	238			20,66
C <sub>18</sub>	252	1,4449	364,11	
Promedio entre C <sub>6</sub> y C <sub>18</sub> ...				20,63

ACETILENOS — 1

N.º de átomos de carbono	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta_{(n)}$
C <sub>2</sub>	68	1,3832	94,06	20,66
C <sub>6</sub>	82	1,3990	114,72	20,52
C <sub>7</sub>	96	1,4088	135,24	20,51
C <sub>8</sub>	110	1,4159	155,75	
Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>8</sub> ...				20,56

ACETILENOS — 2

N.º de átomos de carbono	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta_{(n)}$
C <sub>4</sub>	54	1,3921	75,17	20,30
C <sub>5</sub>	68	1,4039	95,47	20,27
C <sub>6</sub>	82	1,4115	115,74	
C <sub>7</sub>	96			20,66
C <sub>8</sub>	110	1,4278	157,06	
Promedio entre C <sub>4</sub> y C <sub>8</sub> ...				20,47

## CICLOPENTANO Y HOMOLOGOS.

Fórmula general $C_5H_9 - C_nH_{2n-1}$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(u)$
Ciclopentano	70	1,40646	98,45	
$C_1$	84	1,40969	118,41	19,96
$C_2$	98	1,4202	139,18	20,77
$C_3$	112	1,42627	159,74	20,56
$C_4$	126			20,32
$C_5$	140			
$C_6$	154	1,4370	221,30	
Promedio entre $C_2$ y $C_6$ ...				20,53

## CICLOEXANO Y HOMOLOGOS.

Fórmula general $C_6H_{11} - C_nH_{2n-1}$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
Cicloexano	84	1,42623	119,80	
$C_1$	98	1,4235	135,50	19,70
$C_2$	112	1,4324	160,43	20,93
$C_3$	126	1,43696	181,06	20,63
$C_4$	140	1,4420	201,88	20,82
$C_5$	154			
$C_6$	168			20,79
$C_7$	182	1,4520	264,26	
$C_8$	196			
$C_9$	210			
$C_{10}$	224			
$C_{11}$	238			20,63
$C_{12}$	252	1,4580	367,42	
$C_{20}$	368	1,4623	532,28	20,61
Promedio entre $C_4$ y $C_{12}$ ...				20,70

BENCENO Y HOMOLOGOS

Fórmula general $C_6H_5-C_nH_{2n-1}$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta_{(n)}$
Benceno	78	1,50110	117,08	
$C_1$	92	1,4967	137,70	20,85
$C_2$	106	1,4958	158,55	20,49
$C_3$	120	1,4920	179,04	21,10
$C_4$	134	1,4936	200,14	20,92
$C_5$	148	1,4943	221,06	20,32
$C_6$	162	1,4900	241,38	20,24
$C_7$	176	1,4865	261,62	20,64
$C_{20}$	358	1,4802	529,91	
Promedio entre $C_1$ y $C_7$ ...				20,65

CLORUROS DE ALQUILO

Fórmula general $C_nH_{n-1}Cl$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta$
$C_3$	78,5	1,38856	109,00	20,65
$C_4$	92,5	1,40159	129,65	20,70
$C_5$	106,5	1,41177	150,35	20,75
$C_6$	120,5	1,41991	171,10	20,66
$C_7$	134,5	1,42571	191,76	20,68
$C_8$	148,5	1,43058	212,44	20,59
$C_9$	162,5	1,43400	233,03	20,66
$C_{10}$	176,05	1,43731	253,69	20,64
$C_{11}$	190,5	1,44255	295,00	20,67
$C_{12}$	204,5	1,44255	295,00	
Promedio entre $C_3$ y $C_{12}$ ...				20,67

BROMUROS DE ALQUILO

Fórmula general $C_n H_{2n} Br$	$P_m$	$n_{D}^{20}$	$P_m \times n_{D}^{20}$	$\Delta_{(n)}$
C <sub>2</sub>	108,92	1,42181	154,86	21,51
C <sub>3</sub>	122,92	1,43485	176,37	20,78
C <sub>4</sub>	136,92	1,43993	197,15	20,74
C <sub>5</sub>	150,92	1,4444	217,89	20,88
C <sub>6</sub>	164,92	1,44789	238,77	20,76
C <sub>7</sub>	178,92	1,45052	259,53	20,72
C <sub>8</sub>	192,92	1,45267	280,25	20,65
C <sub>9</sub>	206,92			
C <sub>10</sub>	220,92	1,45527	321,50	20,77
C <sub>11</sub>	234,92	1,45687	342,27	20,67
C <sub>12</sub>	248,92	1,45807	362,94	
C <sub>13</sub>	262,92			
C <sub>14</sub>	276,92	1,460	404,30	20,68
C <sub>15</sub>	290,92			20,74
C <sub>16</sub>	304,92	1,462	445,79	
Promedio entre C <sub>3</sub> y C <sub>13</sub> .....				20,73

YODUROS DE ALQUILO

Fórmula general $C_n H_{2n} l$	$P_m$	$n_{D}^{20}$	$P_m \times n_{D}^{20}$	$\Delta_{(n)}$
C <sub>1</sub>	141,92	1,5315	217,35	18,40
C <sub>2</sub>	155,92	1,512	235,75	20,02
C <sub>3</sub>	169,92	1,50524	255,77	20,12
C <sub>4</sub>	183,92	1,50006	275,89	20,20
C <sub>5</sub>	197,92	1,496	296,09	20,39
C <sub>6</sub>	211,92	1,4929	316,38	20,28
C <sub>7</sub>	225,92	1,48914	336,56	20,44
C <sub>8</sub>	239,92	1,488	357,00	20,55
C <sub>9</sub>	253,92			
C <sub>10</sub>	267,92	1,48589	398,10	
Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>10</sub> .....				20,39

BROMO - OLEFINAS

Fórmula general <i>Br-CH=CH-R</i>	<i>P<sub>m</sub></i>	<i>n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	<i>P<sub>m</sub> × n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	$\Delta(n)$
1-Br.-1-propeno .....	120,92	1,4536	175,76	20,68
" " buteno .....	134,92	1,4560	196,44	20,57
" " penteno .....	148,92	1,4572	217,01	20,59
" " exeno .....	162,92	1,4584	237,60	20,59
" " epteno .....	176,92	1,4594	258,19	20,59
" " octeno .....	190,92	1,4602	279,78	
Promedio entre C <sub>4</sub> y C <sub>8</sub> .....			20,59	

ALCOHOLÉS SATURADOS NORMALES

Fórmula general <i>C<sub>n</sub>H<sub>2n</sub>O</i>	<i>P<sub>m</sub></i>	<i>n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	<i>P<sub>m</sub> × n<sub>D</sub><sup>20</sup></i>	$\Delta(n)$
C	32	1,329	42,53	20,12
C <sub>2</sub>	46	2,36192	62,65	20,47
C <sub>3</sub>	60	1,38533	83,12	20,43
C <sub>4</sub>	14	1,3993	103,55	19,62
C <sub>5</sub>	88	1,39963	123,17	
C <sub>6</sub>	102			21,66
C <sub>7</sub>	116	1,425	165,30	20,60
C <sub>8</sub>	130	1,430	185,90	20,57
C <sub>9</sub>	144	1,4338	206,47	20,61
C <sub>10</sub>	158	1,43719	227,08	
Promedio entre C <sub>4</sub> y C <sub>10</sub> .....			20,59	

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

**ETERES OXIDOS SIMETRICOS**

	Fórmula general ( $C_n H_{2n-1}$ ) <sub>2</sub> O	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
	$C_2$	74	1,35380	100,18	20,32
	$C_3$	102	1,3807	140,83	20,65
	$C_4$	130	1,4010	182,13	
	$C_5$	158	1,4175		
	$C_6$	186			
	$C_7$	214			20,63
	$C_8$	242			
	$C_9$	270			
	$C_{10}$	298	1,4182	429,66	
	Promedio entre $C_3$ y $C_{10}$ .....			20,63	

**METIL-ETERES ALIFATICOS NORMALES**

	Fórmula general $C_n H_{2n+2}$ O	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
	$C_4$	74	1,3579	100,48	$2 \times 20,39$
	$C_5$	88			
	$C_6$	102	1,3849	141,26	
	$C_7$	116			
	$C_8$	130			
	$C_9$	144			$5 \times 20,66$
	$C_{10}$	158			
	$C_{11}$	172	1,42177	244,54	
	Promedio entre $C_4$ y $C_{11}$ ...			20,58	

2 ACETOXI — 1-MONOOLEFINAS

Fórmula general $C_n H_{2n+2} O_2$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
C <sub>5</sub>	100	1,4033	140,33	20,57
C <sub>6</sub>	140	1,4114	160,90	
C <sub>7</sub>	128			$3 \times 20,53$
C <sub>8</sub>	142			
C <sub>9</sub>	156	1,4262	222,49	20,32
C <sub>10</sub>	170	1,4283	242,81	
Promedio entre C <sub>5</sub> y C <sub>10</sub> ...				20,50

ALDEHIDOS NORMALES

Fórmula general $C_n H_{2n} O$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
C <sub>2</sub>	44	1,3316	58,59	20,84
C <sub>3</sub>	58	1,3695	79,43	20,24
C <sub>4</sub>	72	1,38433	99,67	19,72
C <sub>5</sub>	86	1,3882	119,39	20,85
C <sub>6</sub>	100			
C <sub>7</sub>	114	1,4131	160,09	20,89
C <sub>8</sub>	128	1,4217	181,98	
Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>8</sub> ...				20,57

LAS PROPIEDADES FÍSICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

CETONAS (METIL-ALQUIL-CETONAS)

	Fórmula general $CH_3 - CO - C_n H_{2n+1}$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
	C <sub>1</sub>	58	1,35986	78,87	20,40
	C <sub>2</sub>	72	1,37881	99,27	20,29
	C <sub>3</sub>	86	1,39018	119,56	20,51
	C <sub>4</sub>	100	1,40072	140,07	20,51
	C <sub>5</sub>	114	1,40860	160,58	20,59
	C <sub>6</sub>	128	1,41536	181,17	
	C <sub>7</sub>	142			20,55
	C <sub>8</sub>	156			
	C <sub>9</sub>	170	1,4289	242,91	
	Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>9</sub> ...				20,52

2 — METIL — 5 — CETONAS

Nombres	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
2 metil-5 nonanona .....	156	14239	222,13	
” 5 decanona .....	170	14279	242,74	20,61
” 5 undecanona .....	184	14307	263,25	20,51
Promedio entre C <sub>10</sub> y C <sub>12</sub> ...				20,57

2 METIL — 3 ENO — 5 ONAS

Nombres	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
2 metil-3 nonen-5-ona .....	154	14438	22235	
” -3 decen-5-ona .....	168	14457	24288	20,53
” -3 undecen 5-ona ...	182	14480	26353	20,65
Promedio entre C <sub>10</sub> y C <sub>12</sub> ...				20,57

**MONOACIDOS SATURADOS NORMALES**

Fórmula general $C_n H_{2n} O_2$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
16.00 C	166.81			
17.00 C <sub>2</sub>	81.00	1.3709	63.06	19.25
18.00 C <sub>3</sub>	60.00	1.3719	82.31	20.31
19.00 C <sub>4</sub>	48.00	1.3868	102.62	20.40
20.00 C <sub>5</sub>	38.00	1.3979	123.02	20.66
21.00 C <sub>6</sub>	31.00	1.4086	143.02	20.32
22.00 C <sub>7</sub>	26.00	1.4138	164.00	20.99
23.00 C <sub>8</sub>	23.00	1.4223	184.99	20.47
24.00 C <sub>9</sub>	19.00	1.4268	205.46	20.95
	158	1.4330	226.41	
Promedio entre C <sub>4</sub> y C <sub>9</sub> ...				20.68

**CLORUROS DE ACIDO**

Fórmula general $C_n H_{2n-1} O Cl$	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
C <sub>2</sub>	78,5	1,38986	109,10	20,87
C <sub>3</sub>	92,5	1,4051	129,97	20,42
C <sub>4</sub>	106,5	1,41209	150,39	20,19
C <sub>5</sub>	120,5	1,4156	170,58	
Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>5</sub> ...				20,49
Promedio entre C <sub>2</sub> y C <sub>5</sub> ...				

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

ESTERES METILICOS

Nombres	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
Formiato de metilo .....	60	1,344	80,64	
Acetato " .....	74	1,35935	100,59	19,95
Propanoato " .....	84	1,3779	121,26	20,67
Butanoato " .....	102	1,3879	141,57	20,31
Pentanoato " .....	116			20,55
Exanoato " .....	130			
Eptanoato " .....	144	1,4114	203,24	
Promedio entre C <sub>3</sub> y C <sub>8</sub> ...				20,53

ESTERES ETILICOS

Nombres	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
Formiato de etilo .....	74	1,35975	100,62	
Acetato " .....	88	1,3727	120,80	20,18
Propanoato " .....	102	1,3844	141,21	20,41
Butanoato " .....	116	1,3932	161,61	20,40
Fentanoato " .....	130			20,51
Exanoato " .....	144			
Eptanoato " .....	158	1,4122	223,13	
Promedio entre C <sub>4</sub> y C <sub>9</sub> ...				20,47

ESTERES DEL ACIDO LEVULINICO

Nombres	$P_m$	$n_D^{20}$	$P_m \times n_D^{20}$	$\Delta(n)$
Lev. de metilo .....	130	1,4231	185,00	19,44
" etilo .....	144	1,4225	204,84	20,39
" propilo .....	158	1,4255	225,23	20,56
" butilo .....	172	1,4290	245,79	
Promedio entre C <sub>7</sub> y C <sub>9</sub> ...				20,48

AMINAS

Fórmula general $C_n H_{2n} NH_2$	$P_m$	$n_{D}^{20}$	$P_m \times n_{D}^{20}$	$\Delta(n)$
$C_4$	59	1,389	81,95	20,32
$C_5$	87			
$C_6$	73	1,401	102,27	20,71
$C_7$	101			
$C_8$	115	1,424	163,76	20,71
$C_9$	129	1,430	184,47	
Promedio entre $C_4$ y $C_9$ ...				20,55

NITRILOS

Nombres	$P_m$	$n_{D}^{20}$	$P_m \times n_{D}^{20}$	$\Delta(n)$
Etano-nitrilo .....	41	1,3474	55,24	
Propano-nitrilo .....	55	1,3664	75,15	
Butano-nitrilo .....	69	1,3845	95,53	21,31
Bentano-nitrilo .....	83	1,4077	116,84	20,08
Exano-nitrilo .....	97	1,4115	136,92	20,64
Eptano-nitrilo .....	111	1,4195	157,56	
Promedio entre $C_4$ y $C_7$ ...				20,60

INDICE DE REFRACTION MOLECULAR

CALCULO DEL INDICE DE REFRACTION MOLECULAR DEL GRUPO

— CH<sub>2</sub> — A 20° C.

SERIE	Núm. de términos considerados <i>n</i>	Δ Medio	n Δ
Parafinas normales .....	12	20,59	247,08
Iso-parafinas .....	2	20,75	41,14
Monoolefinas- 1 .....	12	20,63	247,56
Acetilenos- 1 .....	3	20,56	61,68
Acetilenos- 2 .....	4	20,47	81,88
Ciclopentanos .....	4	20,53	82,12
1-Bromo-1- monoolefinas .....	4	20,59	82,36
Alcoholes normales .....	8	20,50	164,72
Eteres simétricos .....	14	20,63	288,82
Metil-éteres .....	7	20,58	144,06
Aldehidos .....	6	20,57	123,42
Metil-cetonas .....	7	20,52	143,64
2-Metil-5- cetonas .....	2	20,57	41,14
2- metil-3- -eno-5-cetonas .....	2	20,57	41,14
Monoácidos .....	5	20,68	103,40
2-acetoxi -1- monolefinas .....	5	20,50	102,50
Cloruros de ácido .....	3	20,49	61,47
Esteres metílicos .....	5	20,53	102,65
Esteres etílicos .....	5	20,47	102,35
Eteres del ac. levulínico .....	2	20,48	40,96
Aminas .....	5	20,55	102,75
Nitrilos .....	4	20,60	82,40
	123		2530,38
20,02	20,02	20,0	
20,71	20,02	20,0+	
20,78	20,03	20,0	
Promedio, 2.530,38/123 ...			20,57

## INDICE DE REFRACTION MOLECULAR

Tabla de los valores de los coeficientes a, h y b, de la ecuación

$$(n)_m = M \times nD_{20} = (k + p) z + l'$$

		<i>k</i>	<i>p</i>	<i>k + p</i>	<i>l'</i>
Parafinas normales .....	20,57	+0,02	20,59	—5,37	
Monoolefinas-1 .....		+0,06	20,63	—7,28	
Acetilenos-1 .....		—0,01	20,56	—8,70	
Acetilenos-2 .....		—0,10	20,47	—6,76	
Alquíl-ciclopentanos .....		—0,04	20,53	—4,52	
Alquil-cicloexanos .....		+0,13	20,70	—5,18	
Alquil-bencenos .....		+0,08	20,65	—6,57	
Cloruros de alquilo .....		+0,10	20,67	+47,01	
Bromuros de alquilo .....		+0,16	20,73	+114,25	
Ioduros de alquilo .....		—0,18	20,39	+194,15	
1-Bromo-1-monoolefinas .....		+0,02	20,59	+114,06	
Alcoholes normales .....		+0,02	20,59	+21,18	
Eteres simétricos .....		+0,06	20,63	+17,07	
Metil-eteres .....		+0,01	20,58	+18,03	
Aldehidos normales .....		0,00	20,57	+17,42	
Metil-alquil-cetonas .....		—0,05	20,52	+17,04	
2-Metil-5-cetonas .....		0,00	20,57	+16,44	
2-Metil-3-eno-5-cetonas .....		0,00	20,57	+16,65	
Monoácidos normales .....		+0,11	20,68	+40,28	
Cloruros de ácido .....		—0,08	20,49	+68,30	
$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{COOH}$ .....		—0,25	20,32	+90,54	
OR					
Esteres metílicos .....		—0,04	20,53	+39,01	
Esteres etílicos .....		—0,10	20,47	+38,87	
Esteres del ac. levulínico .....		—0,09	20,48	+61,45	
Ortoesteres $\text{C}_6\text{H}_5 - \text{CH}_2 - \text{C}(\text{OCH}_3) - \text{O} - \text{R}$ .....		—0,23	20,34	+71,67	
Aminas .....		—0,02	20,55	+20,02	
Nitrilos .....		+0,03	20,60	+17,32	
2- Acetoxi -1- monoolefinas .....		—0,07	20,50	+37,88	

## INDICE DE REFRACCION MOLECULAR

## COMPARACION ENTRE VALORES OBSERVADOS Y CALCULADOS

## PARAFINAS n.

$$(n)_m = 20,59 Z - 5,37$$

N.º de átomos de carbono	$Pm \times n_D^{20}$				$N_D^{20}$		
	Pm	Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	72	97,66	-0,08	97,58	1,3564	-0,0011	1,3553
C <sub>6</sub>	86	118,24	-0,07	118,17	1,3748	-0,0007	1,3741
C <sub>7</sub>	100	138,78	-0,02	138,76	1,3878	-0,0002	1,3876
C <sub>8</sub>	114	159,32	+0,03	159,35	1,3975	+0,0003	1,3978
C <sub>9</sub>	128	179,90	+0,04	179,94	1,4055	+0,0003	1,4058
C <sub>10</sub>	142	200,49	+0,04	200,53	1,4119	+0,0003	1,4122
C <sub>11</sub>	156	221,10	+0,02	221,12	1,4173	+0,0001	1,4174
C <sub>12</sub>	170	241,69	+0,02	241,71	1,4217	+0,0001	1,4218
C <sub>13</sub>	184			262,30			1,4255
C <sub>14</sub>	198			282,89			1,4287
C <sub>15</sub>	212			303,48			1,4315
C <sub>16</sub>	226			234,07			1,4339
C <sub>17</sub>	240	344,88	-0,22	344,66	1,437	-0,0009	1,4361

## HIDROCARBUROS MONOLEFINICOS

$$(n)_m = 20,63 Z - 7,28$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	72	98,72	-2,85	95,87	1,3711	-0,0396	1,3315
C <sub>6</sub>	84	116,60	-0,10	116,50	1,3881	-0,0012	1,3869
C <sub>7</sub>	98	137,19	-0,06	137,13	1,3999	-0,0006	1,3993
C <sub>8</sub>	112	157,78	0,02	157,76	1,4088	-0,0002	1,4086
C <sub>9</sub>	126	178,38	+0,01	178,39	1,4157	+0,0001	1,4158
C <sub>10</sub>	140	198,98	0,04	199,02	1,4213	+0,0003	1,4216
C <sub>11</sub>	154			219,65			1,4263
C <sub>12</sub>	168	240,26	+0,02	240,28	1,4301	+0,0001	1,4302
C <sub>13</sub>	182			260,91			1,4336
C <sub>14</sub>	196			281,54			1,4364
C <sub>15</sub>	210			302,17			1,4389
C <sub>16</sub>	224	322,78	+0,02	322,80	1,4410	0,0000	1,4411
C <sub>17</sub>	238			343,43			1,4430
C <sub>18</sub>	252	364,11	-0,05	364,06	1,4449	-0,0003	1,4447
C <sub>18</sub>	252	364,11	-0,05	364,06	1,4449	-0,0003	1,4447

## HIDROCARBUROS 1-ACETILENICOS

$$(n)_m = 20,56 Z - 8,70$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	68	94,06	0,04	94,10	1,3832	-0,0006	1,3838
C <sub>6</sub>	82	114,72	-0,06	114,66	1,3990	-0,0007	1,3983
C <sub>7</sub>	96	135,24	-0,02	135,22	1,4088	-0,0003	1,4085
C <sub>8</sub>	110	155,75	0,03	155,78	1,4159	+0,0003	1,4162

## HIDROCARBUROS 2-ACETILENICOS

$$(n)_m = 20,47 Z - 6,76$$

N.º de átomos de carbono	$Pm \times n_D^{20}$				$n_D^{20}$		
	Pm	Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>4</sub>	54	75,17	-0,02	75,12	1,3921	-0,0010	1,3911
C <sub>5</sub>	68	95,47	0,15	95,59	1,4039	+0,0017	1,4057
C <sub>6</sub>	82	115,74	0,35	116,06	1,4115	+0,0039	1,4154
C <sub>7</sub>	96			136,53			-1,4222
C <sub>8</sub>	110	158,06	-0,03	157,00	1,4278	-0,0005	1,4273

## CICLOPENTANO Y HOMOLOGOS

$$(n)_m = 20,53 Z - 4,52$$

N.º de átomos de carbono	$Pm \times n_D^{20}$				$n_D^{20}$		
	Pm	Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	70	98,45	-0,32	98,13	1,4065	-0,0046	1,4019
C <sub>6</sub>	84	118,41	0,25	118,66	1,4097	+0,0029	1,4126
C <sub>7</sub>	98	139,18	0,01	139,19	1,4202	+0,0001	1,4203
C <sub>8</sub>	112	159,74	-0,02	159,72	1,4263	-0,0002	1,4261
C <sub>9</sub>	126			180,25			1,4306
C <sub>10</sub>	140			200,78			1,4341
C <sub>11</sub>	154	221,30	0,01	221,31	1,4370	+0,0001	1,4371

CICLOEXANO Y HOMOLOGOS

$$(n)_m = 20,70 Z - 5,18$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>6</sub>	84	119,80	-0,78	119,02	1,4262	-0,0093	1,4169
C <sub>7</sub>	98	139,50	0,22	139,72	1,4235	0,0022	1,4257
C <sub>8</sub>	112	160,43	-0,01	160,42	1,4324	-0,0001	1,4323
C <sub>9</sub>	126	181,06	0,06	181,12	1,4370	0,0005	1,4375
C <sub>10</sub>	140	201,88	-0,06	201,82	1,4420	-0,0004	1,4416
C <sub>11</sub>	154			222,52			1,4449
C <sub>12</sub>	168			243,22			1,4477
C <sub>13</sub>	182	264,26	0,34	263,92	1,4520	-0,0019	1,4501
C <sub>14</sub>	196			284,62			1,4521
C <sub>15</sub>	210			305,32			1,4539
C <sub>16</sub>	224			326,02			1,4554
C <sub>17</sub>	238			346,72			1,4568
C <sub>18</sub>	252	367,42	0,00	367,42	1,4580	0,0000	1,4580

BENCENO Y HOMOLOGOS

$$(n)_m = 20,65 Z - 6,57$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>6</sub>	78	117,08	0,25	117,33	1,5011	+0,0031	1,4868
C <sub>7</sub>	92	137,70	0,28	137,98	1,4967	+0,0031	1,4998
C <sub>8</sub>	106	158,55	0,08	158,63	1,4958	+0,0007	1,4965
C <sub>9</sub>	120	179,04	0,24	179,28	1,4920	+0,0020	1,4940
C <sub>10</sub>	134	200,14	-0,21	199,93	1,4936	+0,0016	1,4920
C <sub>11</sub>	148	221,06	-0,48	220,58	1,4943	-0,0039	1,4904
C <sub>12</sub>	162	241,38	-0,15	241,23	1,4900	-0,0009	1,4891
C <sub>13</sub>	176	261,62	-0,26	261,88	1,4865	+0,0003	1,4868

## CLORUROS DE ALQUILo PRIMARIOS

$$(n)_m = 20,67 Z + 47,01$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>3</sub>	78,5	109,00	0,02	109,02	1,3886	+0,0002	1,3888
C <sub>4</sub>	92,5	129,65	0,04	129,69	1,4016	+0,0005	1,4021
C <sub>5</sub>	106,5	150,35	0,01	150,36	1,4118	0,0000	1,4118
C <sub>6</sub>	120,5	171,10	-0,07	171,03	1,4199	-0,0006	1,4193
C <sub>7</sub>	134,5	191,76	-0,06	191,70	1,4257	-0,0004	1,4253
C <sub>8</sub>	148,5	212,44	-0,07	212,37	1,4306	-0,0005	1,4301
C <sub>9</sub>	162,5	233,03	0,01	233,04	1,4340	+0,0001	1,4341
C <sub>10</sub>	176,5	253,69	0,02	253,71	1,4373	+0,0001	1,4374
C <sub>11</sub>	190,5	274,33	0,05	274,38	1,4400	+0,0003	1,4403
C <sub>12</sub>	204,5	295,00	0,00	295,00	1,4425	0,0000	1,4425

## BROMUROS DE ALQUILo

$$(n)_m = 20,73 Z + 114,25$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>2</sub>	108,92	154,86	-0,15	155,71	1,4218	0,0078	1,4296
C <sub>3</sub>	122,92	176,37	0,07	176,44	1,4348	0,0006	1,4354
C <sub>4</sub>	136,92	197,15	0,02	197,17	1,4399	0,0001	1,4400
C <sub>5</sub>	150,92	217,89	0,01	217,90	1,4444	-0,0006	1,4438
C <sub>6</sub>	164,92	238,77	-0,14	238,63	1,4478	-0,0009	1,4469
C <sub>7</sub>	178,72	259,53	-0,17	259,63	1,4505	-0,0009	1,4496
C <sub>8</sub>	192,92	280,95	-0,16	280,09	1,4527	-0,0009	1,4518
C <sub>9</sub>	206,92	300,90	-0,08	300,82	1,4542	-0,0004	1,4538
C <sub>10</sub>	220,92	321,50	0,05	321,55	1,4553	0,0002	1,4555
C <sub>11</sub>	234,92	342,27	0,01	342,28	1,4570	0,0000	1,4570
C <sub>12</sub>	248,92	362,94	0,07	363,01	1,4581	0,0002	1,4583
C <sub>13</sub>	262,92			383,74			1,4595
C <sub>14</sub>	276,92	404,30	0,17	404,47	1,4600	0,0006	1,4606
C <sub>15</sub>	290,92			425,20			1,4616
C <sub>16</sub>	304,92	445,79	0,14	445,93	1,4620	0,0004	1,4624

## IODUROS DE ALQUILo PRIMARIOS

$$(n)_m = 20,39 Z + 194,15$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm × $n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>1</sub>	141,92	217,35	-2,81	214,54	1,5315	-0,0198	1,5117
C <sub>2</sub>	155,92	235,75	-0,82	234,93	1,5120	-0,0053	1,5067
C <sub>3</sub>	169,92	255,77	-0,45	255,32	1,5052	-0,0027	1,5025
C <sub>4</sub>	183,92	275,89	-0,18	275,71	1,5001	-0,0010	1,4991
C <sub>5</sub>	197,92	296,09	-0,01	296,10	1,4960	0,0000	1,4960
C <sub>6</sub>	211,92	316,38	0,11	316,49	1,4929	+0,0005	1,4934
C <sub>7</sub>	225,92	336,56	0,32	336,88	1,4897	+0,0014	1,4911
C <sub>8</sub>	239,92	357,00	0,27	357,27	1,488	+0,0011	1,4891
C <sub>9</sub>	253,92			377,66			1,4873
C <sub>10</sub>	267,92	398,10	-0,05	398,05	1,4859	-0,0002	1,4857

## 1—BROMO — 1—MONOOLEFINAS

$$(n)_m = 20,59 Z + 114,06$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm × $n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>3</sub>	120,92	175,76	0,07	175,83	1,4536	+0,0005	1,4541
C <sub>4</sub>	134,92	196,44	-0,02	196,42	1,4560	-0,0002	1,4558
C <sub>5</sub>	148,92	217,01	0,00	217,01	1,4572	0,0000	1,4572
C <sub>6</sub>	162,92	237,60	0,00	237,60	1,4584	0,0000	1,4584
C <sub>7</sub>	176,92	258,19	0,00	258,19	1,4594	0,0000	1,4594
C <sub>8</sub>	190,92	278,78	0,00	278,78	1,4602	0,0000	1,4602

ALCOHOLES SATURADOS NORMALES

$$(n)_m = 20,59 Z + 21,18$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>1</sub>	32	42,53	0,24	41,77	1,329	-0,0237	1,3053
C <sub>2</sub>	46	62,65	-0,29	62,36	1,3619	-0,0062	1,3557
C <sub>3</sub>	60	83,12	-0,17	82,95	1,3853	-0,0028	1,3825
C <sub>4</sub>	74	103,55	-0,01	103,54	1,3993	-0,0001	1,3992
C <sub>5</sub>	88	123,17	+0,96	124,13	1,3996	+0,0110	1,4106
C <sub>6</sub>	102			144,72			1,4188
C <sub>7</sub>	116	165,30	0,01	165,31	1,4250	+0,0001	1,4251
C <sub>8</sub>	130	185,90	0,00	185,90	1,4300	0,0000	1,4300
C <sub>9</sub>	144	206,47	0,02	206,49	1,4338	+0,0002	1,4340
C <sub>10</sub>	158	227,08	0,00	227,08	1,4372	0,0000	1,4372

ETERES OXIDOS SIMETRICOS

$$(n)_m = 20,63 Z + 17,07$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>4</sub>	74	100,18	-0,99	99,59	1,3538	-0,0080	1,3458
C <sub>5</sub>	102	140,83	0,02	140,85	1,3707	+0,0002	1,3809
C <sub>8</sub>	130	182,13	-0,02	182,11	1,4010	-0,0002	1,4008
C <sub>10</sub>	158			223,37			1,4137
C <sub>12</sub>	186			264,63			1,4227
C <sub>14</sub>	214			305,89			1,4294
C <sub>16</sub>	242			347,15			1,4345
C <sub>18</sub>	270			388,41			1,4386
C <sub>20</sub>	298	429,66	0,01	429,67	1,4418	0,0000	1,4418

## METIL-ETERES ALIFATICOS NORMALES

$$(n)_m = 20,58 Z + 18,03$$

N. <sup>o</sup> de átomos de carbono	Pm	Pm × n <sub>D</sub> <sup>20</sup>			n <sub>D</sub> <sup>20</sup>		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>4</sub>	74	100,48	-0,13	100,35	1,3579	-0,0018	1,3561
C <sub>5</sub>	88			120,93			1,3742
C <sub>6</sub>	102	141,26	0,25	141,51	1,3849	+0,0024	1,3873
C <sub>7</sub>	116			162,09			1,3975
C <sub>8</sub>	130			182,67			1,4051
C <sub>9</sub>	144			203,25			1,4114
C <sub>10</sub>	158			223,83			1,4166
C <sub>11</sub>	172	244,54	-0,13	244,41	1,4218	-0,0009	1,4209

## 2 — ACETOXI — 1 MONOOLEFINAS

$$(n)_m = 20,50 Z + 37,88$$

N. <sup>o</sup> de átomos de carbono	Pm	Pm × n <sub>D</sub> <sup>20</sup>			n <sub>D</sub> <sup>20</sup>		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	100	140,33	0,05	140,38	1,4033	+0,0005	1,4038
C <sub>6</sub>	114	160,90	-0,02	160,88	1,4114	-0,0002	1,4112
C <sub>7</sub>	128			181,38			1,4170
C <sub>8</sub>	142			201,88			1,4217
C <sub>9</sub>	156	222,49	-0,11	222,38	1,4262	-0,0007	1,4255
C <sub>10</sub>	170	242,81	0,07	242,88	1,4283	+0,0004	1,4287

ALDEHIDOS ALIFATICOS NORMALES

$$(n)_m = 20,57 Z + 17,42$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>2</sub>	44	58,59	-0,03	58,56	1,3316	-0,0007	1,3309
C <sub>3</sub>	58	79,43	-0,30	79,13	1,3695	-0,0052	1,3643
C <sub>4</sub>	72	99,67	0,03	99,70	1,3843	+0,0004	1,3847
C <sub>5</sub>	86	119,39	-0,12	120,27	1,3882	+0,0002	1,3984
C <sub>6</sub>	100			140,84			1,4084
C <sub>7</sub>	114	161,09	0,32	161,41	1,4131	+0,0028	1,4159
C <sub>8</sub>	128	181,98	0,00	181,98	1,4217	0,0000	1,4217

METIL-ALQUIL-CETONAS

$$(n)_m = 20,52 Z + 17,04$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>3</sub>	58	78,87	-0,27	78,60	1,3599	-0,0047	1,3552
C <sub>4</sub>	72	99,27	-0,15	99,12	1,3788	-0,0021	1,3767
C <sub>5</sub>	86	119,56	0,08	119,64	1,3902	+0,0009	1,3911
C <sub>6</sub>	100	140,07	0,09	140,16	1,4007	+0,0009	1,4016
C <sub>7</sub>	114	160,58	0,10	160,68	1,4086	+0,0009	1,4095
C <sub>8</sub>	128	181,17	0,03	181,20	1,4154	+0,0002	1,4156
C <sub>9</sub>	142			201,72			1,4206
C <sub>10</sub>	156			222,24			1,4246
C <sub>11</sub>	170	242,91	-0,15	242,76	1,4289	-0,0009	1,4280
C <sub>12</sub>	184	263,41	-0,31	263,0	1,4341	-0,1	1,4330
C <sub>13</sub>	200	283,41	-0,00	283,0	1,4393	-0,1	1,4382
C <sub>14</sub>	214	303,41	-0,00	303,0	1,4443	-0,1	1,4432

2 — METIL — 5 CETONAS

$$(n)_m = 20,57 Z + 16,44$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>10</sub>	156	222,13	+0,01	222,14	1,4239	+0,0001	1,4240
C <sub>11</sub>	170	242,74	-0,03	242,71	1,4279	-0,0002	1,4277
C <sub>12</sub>	184	263,25	+0,03	263,28	1,4307	+0,0002	1,4309

2 — METIL — 3 ENO — 5 CETONAS

$$(n)_m = 20,57 Z + 16,65$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>10</sub>	154	222,35	0,00	222,35	1,4438	0,0000	1,4438
C <sub>11</sub>	168	242,88	+0,04	242,92	1,4457	+0,0003	1,4460
C <sub>12</sub>	182	263,53	-0,04	263,49	1,4480	-0,0003	1,4477

MONOACIDOS SATURADOS NORMALES

$$(n)_m = 20,68 Z + 40,28$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>1</sub>	48	63,06	-2,1	60,96	1,3709	-0,0457	1,3252
C <sub>2</sub>	60	82,31	-0,67	81,64	1,3719	-0,0112	1,3607
C <sub>3</sub>	74	102,62	-0,30	102,32	1,3868	-0,0041	1,3827
C <sub>4</sub>	88	123,02	-0,02	123,00	1,3979	-0,0002	1,3977
C <sub>5</sub>	102	143,68	0,00	143,68	1,4086	0,0000	1,4086
C <sub>6</sub>	116	164,00	0,36	164,36	1,4138	+0,0031	1,4169
C <sub>7</sub>	130	184,99	0,05	185,04	1,4230	+0,0004	1,4234
C <sub>8</sub>	144	205,46	0,26	205,72	1,4268	+0,0018	1,4286
C <sub>9</sub>	158	226,41	-0,01	226,40	1,4330	-0,0001	1,4329

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

ESTERES ALIFATICOS ALICLORADOS

$$18,82 + 2,04,08 = n_m (n)$$

CLORUROS DE ACIDO

$$(n)_m = 20,49 Z + 68,30$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$		Calc.	Obsv.	$n_D^{20}$	
		Obsv.	Dif.			Obsv.	Dif.
C <sub>2</sub>	78,5	109,10	0,18	109,28	1,3899	+0,0022	1,3921
C <sub>3</sub>	92,5	129,97	-0,20	129,77	1,4051	0,0022	1,4029
C <sub>4</sub>	106,5	150,39	-0,13	150,26	1,4121	-0,0012	1,4109
C <sub>5</sub>	120,5	170,58	0,17	170,75	1,4156	+0,0014	1,4170

ESTERES METILICOS ALIFATICOS

$$(n)_m = 20,53 Z + 39,01$$

N.º de átomos de carbono	Pm	$Pm \times n_D^{20}$		Calc.	Obsv.	$n_D^{20}$	
		Obsv.	Dif.			Obsv.	Dif.
C <sub>2</sub>	60	80,64	-0,57	80,07	1,344	-0,0095	1,3345
C <sub>3</sub>	74	100,59	0,01	100,60	1,3593	+0,0001	1,3594
C <sub>4</sub>	88	121,26	-0,13	121,13	1,3779	-0,0014	1,3765
C <sub>5</sub>	102	141,57	0,09	141,66	1,3879	+0,0009	1,3888
C <sub>6</sub>	116			162,19			1,3982
C <sub>7</sub>	130			182,72			1,4055
C <sub>8</sub>	144	203,24	0,01	203,25	1,4114	+0,0001	1,4115

## ESTERES ETILICOS ALIFATICOS

$$(n)_m = 20,47 Z + 38,87$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$			CORRECCION DE ACIDO
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.	
C <sub>3</sub>	74	100,62	-0,34	100,28	1,3598	-0,0047	1,3551	
C <sub>4</sub>	88	120,80	-0,05	120,75	1,3727	-0,0005	1,3722	
C <sub>5</sub>	102	141,21	0,01	141,22	1,3844	+0,0001	1,3845	
C <sub>6</sub>	116	161,61	0,08	161,69	1,3932	+0,0007	1,3939	
C <sub>7</sub>	130	182,16		182,16	1,4012		1,4012	
C <sub>8</sub>	144	202,63		202,63	1,4072		1,4072	
C <sub>9</sub>	158	223,13	-0,03	223,10	1,4122	-0,0002	1,4120	

## ESTERES NORMALES DE ACIDO LEVULINICO

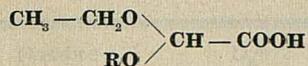
$$(n)_m = 20,48 Z + 61,45$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>6</sub>	130	185,00	-0,67	184,33	1,4231	-0,0052	1,4179
C <sub>7</sub>	144	204,84	-0,03	204,81	1,4225	-0,0002	1,4223
C <sub>8</sub>	158	225,23	0,06	225,29	1,4255	+0,0004	1,4259
C <sub>9</sub>	172	245,79	-0,02	245,77	1,4290	-0,0001	1,4289

## ORTOESTERES

$$(n)_m = 20,34 Z + 71,67$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm $\times n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>1</sub>	196	295,47	-0,06	295,41	1,5075	-0,0003	1,5072
C <sub>13</sub>	224	336,00	0,09	336,09	1,5000	+0,0004	1,5004
C <sub>15</sub>	252	376,74	0,03	376,77	1,4950	+0,0001	1,4951
C <sub>17</sub>	280	417,50	-0,05	417,45	1,4911	-0,0002	1,4909



$$(n)_m = 20,32 Z + 90,54$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm × $n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>5</sub>	134	192,41	-0,27	192,14	1,4359	-0,0020	1,4339
C <sub>6</sub>	148	212,49	-0,03	212,46	1,4357	-0,0002	1,4335
C <sub>7</sub>	162	232,72	0,06	232,78	1,4365	0,0004	1,4369
C <sub>8</sub>	176	253,13	-0,03	253,10	1,4382	-0,0001	1,4381

## AMINAS PRIMARIAS ALIFATICAS

$$(n)_m = 20,55 Z + 20,02$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm × $n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>3</sub>	59	81,95	-0,28	81,67	1,389	-0,0048	1,3842
C <sub>4</sub>	73	102,27	-0,05	102,22	1,401	-0,0007	1,4003
C <sub>5</sub>	87			122,77			1,4111
C <sub>6</sub>	101			143,32			1,4190
C <sub>7</sub>	115	163,76	0,11	163,87	1,424	+0,0010	1,4250
C <sub>8</sub>	129	184,47	-0,05	184,42	1,430	-0,0004	1,4296

## NITRILOS ALIFATICOS NORMALES

$$(n)_m = 20,60 Z + 13,32$$

N.º de átomos de carbono	Pm	Pm × $n_D^{20}$			$n_D^{20}$		
		Obsv.	Dif.	Calc.	Obsv.	Dif.	Calc.
C <sub>2</sub>	41	55,24	0,28	54,52	1,3474	-0,0177	1,329
C <sub>3</sub>	55	75,15	-0,03	75,12	1,3664	-0,0006	1,3658
C <sub>4</sub>	69	95,53	0,19	95,72	1,3845	+0,0027	1,3872
C <sub>5</sub>	83	116,84	-0,52	116,32	1,4077	-0,0063	1,4014
C <sub>6</sub>	97	136,92	0,00	136,92	1,4115	0,0000	1,4115
C <sub>7</sub>	111	157,56	-0,04	157,52	1,4195	-0,0004	1,4191

# LAS PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS SERIES HOMOLOGAS

Relación de datos numéricos empleados en este trabajo, con indicación de su origen

## PESO ESPECÍFICO

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
HIDROCARBUROS MONOLEFINICOS - 1					
Pentano	0,6250	(1)	Dodecano	0,7498	(17)
	0,6265	(2)		0,7684	(22)
	0,6278	(3)	Tridecano	0,7559	(17)
	0,6294	(4)	Tetradecano	0,7632	(17)
	0,62783	(147)	Pentadecano	0,7672	(17)
	0,6249	(147)	Exadecano	0,7729	(17)
Exano	0,6590	(5)	Eptadecano	0,7777	(17)
	0,6594	(6)	Octadecano	0,7810	(17)
	0,6603	(7)			
	0,6694	(8)			
	0,65937	(173)			
Septano	0,6804	(9)			
	0,6825	(10)			
	0,6836	(11)	Penteno - 1	0,6406	(175)
	0,6844	(12)		0,6563	(176)
	0,68367	(173)	Exeno - 1	0,6736	(175)
	0,68480	(147)		0,6666	(23)
	0,6842	(147)		0,6841	(24)
Octano	0,7011	(13)			
	0,7023	(14)	Epteno - 1	0,6972	(23)
	0,7034	(15)	Octeno - 1	0,7151	(175)
	0,7040	(16)		0,7155	(174)
	0,70252	(173)		0,713	(26)
	0,7024	(174)		0,7197	(27)
Nonano	0,7166	(16)			
	0,7177	(18)	Noneno - 1	0,7293	(175)
	0,71766	(173)		0,8371	(88)
Decano	0,7293	(17)	Deceno -	0,7408	(175)
	0,7307	(19)		0,763	(29)
	0,7467	(20)	Dodeceno - 1	0,7589	(175)
	0,73005	(173)	Exadeceno - 1	0,7812	(175)
Undecano	0,7400	(17)	Octadeceno - 1	0,7891	(175)
	0,7581	(21)			

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
<b>HIDROCARBUROS MONOCETILNICOS - 1</b>					
Pentino - 1	0,6908	(177)	Benceno	0,8736	(40)
Exino - 1	0,7156	(177)		0,8772	(41)
Eptino - 1	0,7325	(177)		0,8776	(42)
Octino - 1	0,7460	(177)		0,87843	(43)
<b>HIPROCARBUROS MONOACETILNICOS - 2</b>					
Butino 2	0,6913	(177)	Metil-benceno	0,8670	(181)
Pentino - 2	0,7104	(177)		0,86683	(173)
Octino 2	0,7596	(177)	Etil-benceno	0,8656	(47)
				0,8657	(48)
<b>CICLOPENTANOS Y HOMOLOGOS</b>					
Ciclopentano	0,74538	(173)	Propil-benceno	0,8678	(49)
Metil-c-pentano	0,74860	(173)		0,8737	(50)
Etil-c-pentano	0,7654	(178)		0,8759	(51)
Propil-c-pentano	0,77625	(173)	Butil-benceno	0,8618	(181)
Exil-c-pentano	0,7903	(179)		0,86198	(173)
				0,8616	(49)
				0,8623	(56)
<b>BENCENO Y HOMOLOGOS</b>					
Cicloexano	0,7764	(30)	Pentil-benceno	0,8612	(54)
	0,7780	(31)		0,8588	(19)
	0,7785	(32)	Pexil-benceno	0,8601	(19)
	0,7791	(33)		0,8662	(54)
	0,77855	(173)	Eptil-benceno	0,8570	(54)
Metil-c-exano	0,76936	(173)	<b>CLORUROS DE ALQUILO PRI-</b>		
	0,7690	(34)	Cloro-metano	0,9165	(56)
	0,7693	(35)	Cloro-etano	0,8970	(57)
Etil-c-exano	0,78792	(173)		0,921	(58)
	0,7770	(36)	Cloro-propano	0,8890	(182)
	0,7840	(37)		0,8671	(59)
Propil-c-exeno	0,79349	(173)		0,8910	(60)
	0,7863	(38)	Cloro-butano	0,8859	(182)
Butil-c-exano	0,8001	(180)		0,8834	(61)
	0,7970	(39)	Cloro-pentano	0,8821	(182)
Pentil-c-exano	0,802	(39)		0,8731	(61)
Exil-c-exano	0,806	(39)		0,8808	(19)
Eptil-c-exano	0,8124	(180)		0,8834	(62)
Dodecil-c-exano	0,8250	(180)			

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
Cloro-exano	0,8784 0,8751	(181) (61)	IODOUROS DE ALQUILO PRIMARIOS		
Cloro-eptano	0,8766 0,8725	(182) (63)	Iodo-metano	2,2819 2,386 2,2792 2,2690	(182) (183) (74) (75)
Cloro-octano	0,8748 0,8752	(182) (64)	Iodo-etano	1,9395 1,936 1,9288 1,9338 1,9340 1,9387	(182) (183) (76) (75) (77) (67)
Cloro-nonano	0,8704	(182)	Iodo-propano	1,7434 1,741 1,7427 1,7435 1,7470	(182) (183) (78) (79) (60)
Cloro-decano	0,8683	(132)	Iodo-butano	1,6157 1,609 1,6158 1,6166	(182) (183) (80) (78)
Cloroundecano	0,8677	(182)	Iodo-pentano	1,5118 1,512 1,5091 1,5165 1,5174	(182) (184) (81) (19) (82)
Cloro-dodecano	0,8673	(182)	Iodo-exano	1,4367 1,435 1,4363 1,4382	(182) (183) (83) (60)
BROMUROS DE ALQUILO PRIMARIOS			Iodo-heptano	1,3734 1,371 1,3774 1,3747	(182) (183) (72) (79)
Bromo-etano	1,4633 1,4310 1,4412 1,4580	(182) (65) (66) (67)	Iodo-octano	1,3297 1,328 1,3289 1,3262	(182) (183) (79) (64)
Bromo-propano	1,3548 1,353 1,3520 1,3546	(182) (83) (68) (60)	ALCOHOLES SATURADOS NOR-MALES		
Bromo-butano	1,2744 1,273 1,2792	(182) (83) (69)	Metanol	0,7913 0,7918 0,7924	(85) (86) (67)
Bromo-pentano	1,2190 1,2173 1,2234	(182) (19) (70)	Eanol	0,7894	(87)
Bromo-exano	1,1748 1,1725 1,176	(182) (71) (183)	Propanol	0,8021 0,8044	(88) (89)
Bromo-eptano	1,1401 1,1384	(182) (72)	Butanol	0,8078 0,8099	(90) (76)
Bromo-octano	1,1124 1,112 1,1139	(182) (183) (73)			
Bromo-nonano	1,0901	(182)			
Bromo-decano	1,0658	(182)			
Bromo-undecano	1,0541	(182)			
Bromo-dodecano	1,0382 1,039	(182) (183)			
Bromotetradecano	1,017	(183)			
Bromo-exadecano	1,000	(183)			

LAS PROPIEDADES FISICAS EN LAS SERIES HOMOLOGAS

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
Pentanol	0,8123 0,8133 0,8148 0,8168	(91) (90) (19) (92)	Butanal	0,8170	(119)
Exanol	0,8173 0,8204	(93) (94)	Exanal	0,8335	(120)
Eptanol	0,8192 0,8227	(95) (72)	Eptanal	0,8192 0,8219 0,8495	(121) (72) (125)
Octanol	0,8231 0,8253	(96) (76)	METIL-ALQUIL-CETONAS		
Nonanol	0,8266 0,8279	(97) (98)	Propanona	0,7912 0,7915 0,7918	(123) (67) (124)
Decanol	0,8285 0,8297	(99) (100)	Metil-etyl-cetona	0,7960	(184)
ETERES OXIDOS SIMETRICOS			M-propil-cetona	0,8058	(184)
Eter etilico	0,7132 0,71368 0,71398	(101) (102) (103)	M-butil-cetona	0,8123	(128)
Eter propilico	0,7428 0,7443	(104) (67)	M-pentil-cetona	0,8018 0,8154 0,8111	(72) (19) (184)
Eter butilico	0,7674	(105)	M-exil-cetona	0,8185 0,8189	(129) (130)
Eter pentilico	0,7774 0,7830	(106) (107)	M-epitil-cetona	0,8179	(184)
Eter actilico	0,8060	(107)	M-octil-cetona	0,8247	(131)
ETERES OXIDOS C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> -O-R			MONOACIDOS SATURADOS NOR-MALES		
M. E. Metil-Octilico-	0,7838	(112)	Metanóico	1,2078 1,2201	(131) (132)
E. Etil-Octilico	0,7833	(113)	Etanoico	1,0489 1,0492 1,0514	(133) (134) (135)
E. Propil-Octilico	0,7868	(114)	Propanoico	0,9906	(136)
E. Butil-Octilico	0,7904	(115)	Butanoico	0,9587	(137)
E. Eptil-Octilico	0,8036	(116)	Pentanoico	0,9375 0,9387 0,9415	(138) (138) (139)
E. Di-Octilico	0,8060	(117)	Exanoico	0,9270 0,9289	(19) (140)
ETERES OXIDOS CH <sub>3</sub> -O-R.			Eptanoico	0,9161 0,9183	(138) (141)
E. Metil-propilico	0,7247	(108)	Octanoico	0,9101 0,9139	(142) (143)
E. Metil-butilico	0,7432	(109)			
E. Metil-epitilico	0,7779	(110)			
E. Metil-octilico	0,7838	(111)			
ALDEHIDOS NORMALES					
Propanal	0,8066	(118)			

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
Nonanoico	0,9044 0,9057	(138) (138)	AMINAS PRIMARIAS		
CLORUROS DE ACIDO			Propilamina	0,7160	(63)
Cl. de acetilo	1,0822	(145)	Butilamina	0,7358 0,7401	(164) (165)
Cl. de propanoilo	1,0571	(146)	Pentilamina	0,751	(166)
Cl. de exanoilo	0,9755	(19)	Exilamina	0,7675	(166)
ESTERES METILICOS			NITRILOS		
Formiato de metilo	0,9731 0,9740	(149) (156)	Etanonitrilo	0,7821	(167)
Acetato de Met.	0,9331 0,9335	(149) (158)	Butanonitrilo	0,7904 0,7936 0,7891	(168) (169) (185)
Propanoato de Metilo	0,9138 0,9148	(156) (149)	Pentano-nitrilo	0,7935	(170)
Butanoato de M.	0,8970	(156)	Exanonitrilo	0,8058 0,8093 0,8069	(19) (171) (185)
Pentanoato de M.	0,8875	(158)	Dodecano-nitrilo	0,8237	(172)
Exanoato de M.	0,8837	(159)	Tetradecano-nitrilo	0,8274	(172)
Eptanoato de M.	0,8785	(160)	Exadecano-nitrilo	0,8301	(172)
Octanoato de M.	0,8763	(161)	Octadecano-nitrilo	0,8325	(172)
Nonanoato de M.	0,8744	(162)	-BROMO-NITRILOS		
ESTERES ETILICOS			-Br-butano nitrilo	1,4657	(186)
Formiato de Etilo	0,9003 0,9231	(148) (149)	-Br-pentano-nit.	1,3782	(186)
Acetato de Et.	0,8973 0,9010	(150) (151)	-Br-exano-nit.	1,3095	(186)
Propanoato de Et.	0,8904	(152)	-Br-eptano-nit.	1,2456	(186)
Butanoato de Et.	0,8767	(153)	-Br-octano-nit.	1,2114	(186)
Pentanoato de Et.	0,8737	(154)	-Br-nonano-nit.	1,1714	(186)
Exanoato de Et.	0,8712	(19)	-Br-decano-nit.	1,1429	(186)
Octanoato de Et.	0,8656	(155)	-Br-undecano-nit.	1,1202	(186)
			-Br-dodecano-nit.	1,0970	(186)
			-Br-tridecano-nit.	1,0809	(186)

## BIBLIOGRAFIA DE LOS DATOS DE PESO ESPECIFICO

- (1) Timmermans. C. 1912, II, 472.
- (2) Batschinski. Ph. Ch., 84, 659 (1913).
- (3) Karvonen.
- (4) Pergin. J. Pr. (2), 31, 488 (1885).
- (5) Timmermans y Martín. C. 1911, I, 16669, Bruhl, Ber 27 1086 (1894).
- (6) Timmermans y Martin. J. Ch. Phys., 25, 411 (1928).
- (7) Bruhl, Ber., 27, 1066.
- (8) Biron. J. Soc. Physik. Chim. St. Pets., 42, 147.
- (9) B.
- (10) Thorpe. J. Am. Chem. Soc., 37, 213 (1880).
- (11) Edgar. J. Am. Ch. Soc., 51, 1483 (1929).
- (12) Perkin. J. pr. (2), 31, 490 (1885).
- (13) Thorpe. J. Am. Chem. Soc., 37, 217 (1880).
- (14) Timmermans y Martín. J. Ch. Phys., 25, 411 (1928).
- (15) Young.
- (16) Eykman. C. 1907, II, 1209.
- (17) Kraft. Ber., 15, 1687 (1882).
- (18) B.
- (19) Ivan Simon. Bol. Soc. Ch. Belga, 38, 47 (1929).
- (20) B.
- (21) Schall. Ber., 25, 1490.
- (22) Mabery, Hudson. Am. Chem. J., 19, 482.
- (23) Braun. A. 382, 22 (1911). — Van Beresteyn. C., 1911, II, 1017.
- (24) Beilstein.
- (25) Bourguet.
- (26) Bourguet.
- (27) B.
- (28) B.
- (29) B.
- (30) B.
- (31) Clarke. J. Ch. Soc. London, 101, 1801.
- (32) Timmermans y Martín.
- (33) Richard y Shipley. J. Am. Ch. Soc., 38 996 (1916).
- (34) A. Dessart. Boll. Soc. Ch. Belga, 35, 9 (1926).
- (35) B.
- (36) B.
- (37) Levedew.
- (38) B.
- (39) Bourguet.
- (40) B.
- (41) Bramley. J. Ch. Soc. Lond., 109, 10 (1916).
- (42) Lorenz y Posen. Z. anorg. Ch. 96, 217 (1916).
- (43) T. W. Richards y H. M. Chadwell. J. Am. Ch. Soc., 47, 2280 (1924). — Polowzow. Z. physik. Chem., 75, 520.
- (44) Fletcher y Tyrer. J. Ch. Soc. Lond., 103, 522 (1913).
- (45) Tyrer. J. Ch. Soc. Lond., 97, 2624, — Richards. Speyers y Carver. J. Am. Chem. Soc., 46, 1203 (1924).

(&) Las citas señaladas con una B indican que los datos correspondientes han sido encontrados sin indicación de su origen en algunas de las obras siguientes: Beilstein, Org. Chem., H. Ifauffman "Bez. zwis. phys. Eigensch. v. chem. Konst.", Tablas de constantes de Landolt, Chemiker Kalender, o de los extensos trabajos de A. Zander A. 224, 56, (1884); y de Traube, A. 290, 119; Ber. 28, 410, 2718, 2924; Z. Anorg. Ch. 8, 328, 340, (1895).

- (46) Malose. C. R., 154, 1697.  
 (47) B.  
 (48) Tyrer. J. Chem. Soc. Lond., 97, 2624.  
 (49) Richard y Shipley. J. Am. Chem. Soc., 38, 996 (1916).  
 (50) Biron. J. Soc. Physic. Chim. St. Pet., 42, 147.  
 (51) B.  
 (52) B.  
 (53) Timmermans y Martín. J. Ch. Physik., 25, 411 (1928).  
 (54) Von Braum y Deutsch. Ber., 45, 2711.  
 (55) B.  
 (56) Vincent y Delachanal. Bl., 31, 11 (1878).  
 (57) Perkin. J. pr. (2), 31, 491/93 (1885).  
 (58) B.  
 (59) Bruhl. A., 200, 179.  
 (60) Karvonen. C., 1912, II, 1271.  
 (61) Karvonen. C., 1912, II, 1266.  
 (62) Lieben, Rossi, A., 159, 75.  
 (63) Karvonen. C., 1912, II, 1266. — M. L. Scherrill. J. Am. Chem., 52, 1982 (1930).  
 (64) Perkin. J. Pr. (2), 31, 495.  
 (65) Perkin. J. Pr. (2), 31, 497.  
 (66) Perkin. J. Pr. (2), 31, 497.  
 (67) Korber. An. Phys., 37, 1021.  
 (68) Bruhl. A., 203, 13.  
 (69) Lieben, Rossi, A., 159, 73.  
 (70) Lieben, Rossi, A., 159, 73.  
 (71) Lieben, Janecek, A., 187, 137.  
 (72) M. L. Scherrill. J. Am. Chem. Soc., 52, 1982 (1930).  
 (73) Perkin. J. Pr. (2), 31, 500.  
 (74) Dobriner. A., 243, 23 (1888) — Patterson y Thomson. J. Am. Chem. Soc., 93, 355 (1908).  
 (75) Perkin. J. Pr. (2), 31, 500.  
 (76) C. P. Smyth y W. N. Stoops. J. Am. Chem. Soc. 51, 3312 (1929).  
 (77) Dobriner. A., 243, 23 (1888) — Tyrer. J. Am. Chem. Soc. 105, 2534 (1914).  
 (78) Bruhl. A. 203, 15.  
 (79) Dobriner. A. 243, 23 (1888).  
 (80) C. P. Smyth y H. E. Rogers. J. Am. Chem. Soc., 52, 2227 (1930).  
 (81) Karvonen. C., 1912, II, 1266.  
 (82) Dobriner. A., 243, 27.  
 (83) Lieben, Janecek, A., 187, 138.  
 (84) Perkin. J. Pr. (2), 31, 504.  
 (85) Klason y Norlin. C., 1906, II, 1481.  
 (86) Richards y Coombs. J. Am. Chem. Soc., 37, 1674 (1915).  
 (87) Timmerman. C., 1910, II, 442.  
 (88) Doroszewski. C., 1910, I, 1566 C., 1910, I, 812.  
 (89) Bruhl. A., 203, 268.  
 (90) Zander. A., 224, 79 (1884).  
 (91) Malose. C. R., 154, 1697.  
 (92) Lieben, Rossi, A., 159, 73.  
 (93) Zander. A., 224, 80, 82 (1884).  
 (94) Lieben, Janecek, A., 187, 137.  
 (95) Zander. A., 224, 81 (1884).  
 (96) Zander. A., 224, 84 (1884).  
 (97) Kraff. Ber., 19, 2221 (1886).  
 (98) Kraff. Ber. 19, 2221 (1886).  
 (99) Kraff. Ber., 16, 1717. (1883); Ber., 19, 2221 (1886).  
 (100) Kraff. Ber., 16, 1717.  
 (101) Raymond. Dissert. Budapest, 1906, 27.  
 (102) T. W. Richards y H. M. Chadwell. J. Am. Chem. Soc., 47, 2280 (1925).  
 (103) Squibb.  
 (104) Zander. A., 214, 163 (1882).  
 (105) Dobriner. A., 243, 8 (1888).  
 (106) Perkin.  
 (107) Timmermans y Martín. J. Ch. Phys., 25, 411 (1928).  
 (108) Dobriner. A., 243, 2, (1888).  
 (109) Dobriner. A., 243, 3 (1888).

- (110) Dobriner. A., 243, 3 (1888). — Lieben y Rossi. A., 165, 111 (1873).  
 (111) Dobriner. A., 243, 4 (1888).  
 (112) Dobriner. A., 243, 4 (1888).  
 (113) Dobriner. A., 243, 6 (1888).  
 (114) Dobriner. A., 243, 8 (1888).  
 (115) Dobriner. A., 243, 10 (1888).  
 (116) Dobriner. A., 243, 10 (1888).  
 (117) Dobriner. A., 243, 8 (1888).  
 (118) Bruhl. A., 203, 13.  
 (119) Bruhl. A., 203, 13.  
 (120) Lieben, Janecek. A., 187, 130.  
 (121) Perkin. J. Am. Chem. Soc., 45, 477.  
 (122) Bruhl. A., 203, 28.  
 (123) Bramley. J. Chem. Soc. Lond. 109, 434 (1916).  
 (124) Perkin.  
 (125) Thorpe-Jones. Proc. Chem. Soc., 118, 4.  
 (126) Morgan, Stone y Francis. J. Am. Chem. Soc., 35, 1506 (1913).  
 (127) Perkin. Soc., 45, 479.  
 (128) Gartenmeister. Ph. Ch., 6, 530 (1890).  
 (129) Bruhl. A., 203, 29.  
 (130) Lowry. J. Am. Chem. Soc., 105, 81 (1914); I, (1065).  
 (131) Carner, Saxton y Parker. Am. Chem. J., 46, 237.  
 (132) Petterson. J. pr. (2), 24, 296.  
 (133) Petterson. J. pr. (2), 24, 296 (1881).  
 (134) Bonsfield y Lwry. J. Chem. Soc. Lond., 99, 1439.  
 (135) Laudolt. Jahrest., 1862, 24.  
 (136) Perkin. J. pr. (2), 32, 529 (1885).  
 (137) Zander. A., 224, 63 (1884).  
 (138) Dunstan. J. Chem. Soc. Lond., 107, 667 (1915).  
 (139) Lieben, Rossi. A., 159, 73.  
 (140) Zander. A., 224, 67.  
 (141) Lieben, Janecek. A., 187, 130.  
 (142) W. E. Garner y E. A. Rider. J. Chem. Soc. Lond., 127, 720. (1925).  
 (143) Zincke. A., 152, 9.  
 (144) Kraff. Ber., 11, 14, 13 (1878).  
 (145) Auwers y Schmidt. Ber., 46, 473 (1913).  
 (146) Walden. Ph. Ch., 55, 222, 231 (1906).  
 (147) A. Karvonen. Acta. Chem. Fenniae, 3, 101 (1930).  
 (148) Biron, C., 1910, I, 1913/14.  
 (149) Raymond. Dissert. Budapest. 1906, 27.  
 (150) Malose. C. R., 154, (1697).  
 (151) Cohen y Moesveld. Z. Phy. Ch., 93, 385 (1919).  
 (152) Matthews y Favilla. J. Phys. Ch., 22, 9 (1918).  
 (153) Auwers y Eisenlohr. Ph. Ch., 83, 430 (1913).  
 (154) Gartenmeister. A., 233, 273 (1886).  
 (155) Renesse. A., 171, 382 (1874).  
 (156) Ycung y Thomas. J. Chem. Soc. Lond., 63, 1191 (1893).  
 (157) T. W. Richards y H. M. Chadwell. J. Am. Chem. Soc., 47, 2280 (1925).  
 (158) B.; Gartenmeister. A., 233, 273.  
 (159) B.; Gartenmeister. A., 233, 278.  
 (160) B.; Gartenmeister. A., 233, 181.  
 (161) B.; Gartenmeister. A., 233, 286.  
 (162) B.; Gartenmeister. A., 233, 290.  
 (163) Perkin. J. Am. Chem. Soc., 55, 692 (1889).  
 (164) Lieben y Rosse. A., 158, 172 (1871).  
 (165) Lienermann y Zotta. A., 162, 3.  
 (166) Jager y Kahn. Proc. K. Akad. Wet. Amts., 18, 75 (1915).  
 (167) Ter Gazarian. C., 1906. II, 105.  
 (168) Harkins, Clark y Roberts. J. Am. Chem. Soc., 42, 702 (1920).  
 (169) Turner y Merry. J. Chem. Soc. Lond., 97, 2073.  
 (170) Morgan y Chazal. J. Am. Chem. Soc., 35, 1825 (1913).  
 (171) Henry. C., 1905, II, 214.  
 (172) Kraff y Stauffer. Ber., 17, 1728 (1882).  
 (173) Forzatti, Glasgow, Willingham y Rossini. J. Research. Natl. Bur. Standards. 36, 129 (1946).

- (176) Leenderste, Tulleners y Watterman, Rec. trac. Chim. 53, 715 (1934).  
 (177) Henne y Greenlee, J. Am. Chem. Soc., 67, 484 (1945).  
 (178) Zelinskii y Kazanskii, Comp. rend. Acad. U. R. S. S. 3, 168, (1944).  
 (179) Zelinskii y otros, Ber. 66 B, 1422 (1933).  
 (180) Schsmidt y Grosser, Ber. 73, 930 (1940).  
 (181) Giblons y otros, J. Am. Chem. Soc. 68, 1130 (1946).  
 (182) Vogel J. Chem. Soc. 636 (1943).  
 (183) Vogel Pat. Brit. 565452, Nov. 10, 1944.  
 (184) Covan, Geffery y Vogel, J. Chem. Soc. (London) 171 (1940).  
 (185) Drozdov y Bekhli, J. Gene Chem. (U. R. S. S.), 14, 280 (1944).  
 (186) Merck y Bruylants, Bull. Sci. acad. roy. Belg. 19, 681 (1933).

## INDICES DE REFRACTACION

Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.	Nombre	D <sub>4</sub> <sup>20</sup>	ref.
<b>HIDROCARBUROS SATURADOS NORMALES</b>					
Pentano	1,35745	(1)	Exadeceno-1	1,4410	(10)
	1,35828	(2)	Octadeceno-1	1,4449	(10)
	1,35638	(2)	HIDROCARBUROS MONOACETI-LENICOS-1		
	1,35801	(3)	Pentino-1	1,3832	(13)
	1,35864	(4)	Exino-1	1,3990	(13)
Exano	1,37486	(1)	Eptino-1	1,4088	(13)
	1,3791	(5)	Octino-1	1,4159	(13)
Eptano	1,38764	(1)	HIDROCARBUROS MONOACETI-LENICOS-2		
	1,38937	(2)	Butino-2	1,3921	(13)
	1,38777	(2)	Pentino-2	1,4039	(13)
	1,38777	(6)	Exino-2	1,4115	(13)
	1,38764	(7)	Octino-2	1,4278	(13)
Octano	1,39743	(1)	<b>CICLOPENTANOS Y HOMOLOGOS</b>		
	1,39750	(8)	Ciclopentano	1,40646	(1)
	1,39725	(9)	Metil-c-pentano	1,40969	(1)
Nonano	1,40549	(1)	Etil-c-pentano	1,4202	(14)
	1,40550	(3)	Propil-c-pentano	1,42627	(1)
	1,40630	(9)	Exil-c-pentano	1,4370	(15)
Decano	1,41189	(1)	<b>CICLOEXANOS Y HOMOLOGOS</b>		
	1,41192	(3)	Cicloexano	1,42623	(1)
Undecano	1,41730	(3)	Metil-c-exano	1,42305	(1)
Dodecano	1,42170	(3)	Etil-c-exano	1,43304	(1)
<b>HIDROCARBUROS MONOOLEFINICOS -1</b>					
Penteno-1	1,3716	(10)	Propil-c-exano	1,43696	(1)
	1,3711	(11)	Butil-c-exano	1,4420	(16)
Exeno-1	1,3881	(10)	Eptil-c-exano	1,4520	(16)
Epteno-1	1,3999	(10)	Dodecil-c-exano	1,4580	(16)
Octeno-1	1,4087	(10)			
	1,40880	(8)			
	1,4182	(12)			
Noneno-1	1,4157	(10)			
Deceno-1	1,4203	(10)			
Dodeceno-1	1,4301	(10)			

## BIBLIOGRAFIA DE LOS DATOS DE INDICES DE REFRACTION (&amp;)

- (1) FORZIATTI, GLASGOW, WILLINGHAM y ROSSINI. — *J. Research. Natl. Bur. Standards*, 36, 129 (1946).
- (2) A. KARBONENEN. — *Acta Chem. Fennica*, 3, 101 (1930).
- (3) DORNT y SMITH. — *J. Am. Chem. Soc.* 52, 3.546 (1930).
- (4) ECKART. — *Brenn. — Chem.* 4, 24 (1923).
- (5) BRUNN y HICKS. — *Bur. Standards y Researchs*, 5, 933 (1930).
- (6) SMITH y STOPPS. — *J. Am. Chem. Soc.* 50, 1883 (1928).
- (7) BROOKS, HOWARD y CRAFTON JR. — *J. Res. Natl. Bur. Standards*, 24, 33 (1940).
- (8) WATTERMANN y DE KOCK. — *Rev. trav. de Chim.* 53, 725 (1934).
- (9) Z. *Brennstoff Chemie*, 29, 21 (1928).
- (10) WIBAUT y GELDOF. — *Rec. trav. Chim.* 65, 125 (1946).
- (11) LEENDERSTE, TULLENERS y WATTERMANN. — *Rec. trav. Chim.* 53, 715 (1934).
- (12) KIRRMANN. — *Bull. Soc. Chim.* (4) 39, 938 (1926).
- (13) HENNE y GREENLE. — *J. Am. Chem. Soc.* 67, 484 (1945).
- (14) ZELINSKII y KAZANSKII. — *Comp. rend. acad. U. R. S. S.* 3, 168 (1944).
- (15) ZELINSKII, MIKHILIMA y EVENTOVA. — *Ber.* 66 B, 1422 (1932).
- (16) SCHMIDT y GROSSER. — *Bur.* 73, 930 (1940).
- (17) GIBBONS y otros. — *J. Am. Chem. Soc.* 68, 1130 (1946).
- (18) BRAUN y DEUTSCH. — *Ber. Deutch. — Chem. Ges.* 45, 2171.
- (19) VOGEL. — *J. Chem. Soc.* 636 (1943).
- (20) CLARK y STREIGHT. — *Trans. Roy. Soc. Can.* 45, 2171.
- (21) VOGEL. — *Pat. Brit.* 565.452, Nov. 10 (1944).
- (22) MORGAN y LOWRY. — *J. Physic. Chem.* 34, 2385 (1930).
- (23) BRIANT. — *J. Am. Chem. Soc.* 55, 4279 (1933).
- (24) BERMER. — *Z Physic. Chem.* (A) 141, 91 (1929).
- (25) DAVIS y MURRAY. — *Ind. Eng. Chem.* (1926).
- (26) POPELIER. — *Bull. Soc. Chem. Belg.* 32 179 (1928).
- (27) SORNET. — *Rev. Chim. Ind.* 38, 1 (1929).
- (28) COVANT, GEFREY y GOHEL. — *J. Chem. Soc. (London)* 171 (1940).
- (29) POWELL y HAGEMANN. — *J. Am. Chem. Soc.* 66, 372 (1944).
- (30) GELSE, THESIS, BURDEOS (1911).
- (31) GWYN y DEGERING. — *Pat. EE. UU.* 2.383.965, Sep. 4 (1945).
- (32) HENNION y NIEULAND. — *J. Am. Chem. Soc.* 56, 1802 (1934).
- (33) PALOMAA y SITTONEN. — *Ber.* 63 B, 3117 (1930).
- (34) SAH y SHAD YUAN y CHUNG-HSI. — *J. Chem. Soc.* 305 (1931).
- (35) DROZDOW y BEKHLLI. — *J. Gen. Chem. (U. R. S. S.)* 14, 280 (1944).

(Continuará)

(&) Los datos que figuran en el trabajo y no tienen referencia bibliográfica han sido encontrados sin indicación de su origen en alguna de las obras siguientes: Beilstein, Org. Chem. Kauffmann, Bez. zwis. phys. Eigensch. v. che. Konst. Tablas de constantes de Landolt. Chem. Kal. Critical Tables. Tablas anuales de constantes y datos numéricos (francesas).

# PREPARACION DEL AUROTIOSULFATO DE BARIO CRISTALIZADO

por JULIÁN IBÁÑEZ JANÉ

## INTRODUCCION

En algunos trabajos sobre los aurotiosulfatos de diversos metales, hemos observado que para su preparación se partía del aurotiosulfato de bario y, entre ellos, J. Martín Sauras (1) logró preparar aurotiosulfato de calcio, exahidratado con esta técnica. Con objeto de llegar a la obtención de aurotiosulfatos de metales pesados, deseamos obtener un aurotiosulfato de bario en las mejores condiciones posibles, y así, el profesor don Juan Martín Sauras nos encargó con especial interés su preparación en estado de pureza y cristalizado, ya que mediante él podíamos obtener cualquier disolución de aurotiosulfato de metal pesado mediante la reacción:



La carencia absoluta de datos bibliográficos sobre características, preparación, propiedades, etc., que pudieran llevarnos a la obtención inmediata de tales aurotiosulfatos de metales pesados, viene a demostrarnos el escaso estudio que sobre ellos se había efectuado, hasta tal punto, que solamente nos ha sido posible hallar bibliografía de los de sodio, bario, calcio y amonio. El de bario, que es el que nos interesa, fué preparado por Fordos y Gelis (2), mediante el tratamiento de una disolución de aurotiosulfato de sodio y cloruro de bario con alcohol, precipitándose de color blanco, gelatinoso y amorfo.

Siguiendo el mismo procedimiento, J. M. Gamboa (3) logró prepararlo en forma cristalina por primera vez, dejando evaporar disoluciones acuosas del citado producto gelatinoso.

Por otra parte, sólo nos queda añadir que hemos logrado su obtención en estado de pureza y cristalizado, por precipitación de sus disoluciones mediante alcohol o acetona, resultado que nos indujo a pensar en el interés de este paso para el esclarecimiento del capítulo de aurotiosulfatos, especialmente de los de metales pesados.

## DE BARIO CRYSTALIZADO

## II

## DISCUSION DE LOS METODOS DE PREPARACION

El método de Fordos y Gelis (2), aparte de dar un producto amorfo y de necesitarse mucho tiempo para su filtración, aun a vacío, presenta el inconveniente de que siempre se descompone parcialmente al dejar secar el producto, variando su coloración del blanco a un pardo más o menos oscuro. Además, hemos podido comprobar que este producto, una vez en estado seco, no es totalmente soluble en agua y aparecen en su análisis unos resultados erróneos y discordantes, aproximadamente cercanos a los datos de una constitución anhidra.

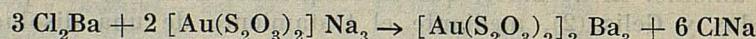
Procurando reproducir con toda fidelidad el método utilizado por Gamboa (3), hemos visto que al dejar evaporar la disolución del producto gelatinoso, a la temperatura ordinaria y durante varios días, aparece también una descomposición de la disolución a medida que se va concentrando, precipitando un polvillo pardo.

No obstante, al variar las condiciones de temperatura, verificando la experiencia a 5 grados centígrados aproximadamente, sobre placa Petri y en un desecador, se puede observar unas fibrillas de aurotiosulfato de bario en forma de cristales arborescentes que van trepando por las paredes de la placa. Examinadas al microscopio presentan un aspecto más bien cristalino aunque no definido.

## III

## PARTE EXPERIMENTAL

1. *Sustancias de partida.* — Habiendo comprobado que al verter una disolución de cloruro de bario sobre otra de 0,5 grs. de aurotiosulfato de sodio en 10 c. c. de agua, aparece una turbidez de aurotiosulfato de bario, resultado de la ecuación:



preparamos una disolución diluida de 5 grs. de aurotiosulfato de sodio en 400 c. c. de agua, y la cantidad correspondiente de  $\text{Cl}_2\text{Ba}$  en 100 c. c. de agua; es decir, disolución de aurotiosulfato de sodio y cloruro de bario en 500 c. c. de agua, quedándonos entonces una disolución completamente transparente. El aurotiosulfato de sodio empleado lo hemos preparado según el método descrito por Gamboa (3) y responde a las cualidades de pureza deseadas; en cuanto al cloruro de bario, es de fabricación Merck.

Esta disolución, mezcla de aurotiosulfato de sodio y cloruro de bario en las cantidades anteriormente indicadas, a la cual daremos el nombre

de "disolución base", para mayor claridad, ha sido nuestro punto de arranque para las experiencias que a continuación exponemos.

2. *Preparación del aurotirosulfato de bario.*— Tomando muestras de la solución base y dada la insolubilidad del aurotirosulfato en alcohol, vamos añadiendo en calidad de experiencia este medio precipitante hasta llegar a calcular la cantidad necesaria para que en la citada solución base nos aparezca una ligera turbidez.

En nuestro caso, y a la temperatura de trabajo, necesitamos de 1,9 a 2,0 c. c. de alcohol para 5 c. c. de solución base.

Si a una de estas disoluciones alcohólicas, transparentes y sin ninguna turbidez, la dejamos enfriar hasta unos 5 grados, observamos que nos aparece todo como una pasta gelatinosa, pasta que recobra su primitivo estado de disolución dejándola calentar a la temperatura ambiente.

A otras disoluciones base les hemos ido añadiendo alcohol c. c. a c. c., en intervalos de media hora y con agitación mecánica por el mismo espacio de tiempo, resultándonos de esta forma, a la temperatura ordinaria, producto gelatinoso en todas las experiencias. Pero he aquí que si a estas disoluciones las vamos calentando, agitando y añadiendo alcohol cada cinco minutos, hasta una temperatura de 60 grados sin que haya llegado a enturbiarse, al dejarlas enfriar aparecen finas y abundantes agujas que se pueden filtrar rápidamente y que, dejadas secar al aire, no se modifican en su aspecto ni en su color blanco primitivo. Además, tales agujas tienen brillo sedoso y son completamente solubles en agua. Véanse ensayos 1 y 2 en la Tabla I sobre estos resultados.

Más tarde y mediante nuevas experiencias, hemos llegado a la preparación de agujas semejantes, de menor tamaño, solamente calentando la solución a 60 grados y añadiendo alcohol hasta una ligera turbidez, dejándola enfriar a continuación. Tales ensayos vienen reseñados con los números 3, 4, 5, 6 y 7 de la Tabla I, así como los de la Tabla II.

TABLA I  
Preparación del aurotirosulfato de bario

Ensayos	"Au Ba" grs./c. c.	Tempe- ratura	Alcohol c. c.	Tiempo re- poso (horas)	Grs. de "Au Ba"	Rendimien- tos %
1	0,6/50	60	21	24	0,2754	45
2	0,6/50	60	22	24	0,2328	47
3	0,6/50	60	25	24	0,2828	
4	0,6/50	60	45	12	0,4392	73
5	0,5/50	60	50	6	0,3714	74
6	0,5/50	60	45	24	0,3322	66
7	0,5/50	60	50	24	0,3886	78

TABLA II

## Preparación del aurotiosulfato de bario

Ensayos	"Au Ba" grs./c. c.	Tempe- ratura	Alcohol c. c.	Tiempo re- paso (horas)	Grs. de "Au Ba"	Rendimien- tos %
1	0,1/25	60	25	72	0,0636	64
2	0,2/50	60	75	24	0,1612	81
3	1,6/412	60	560	24	1,0544	66
4	0,6/100	60	125	24	0,4892	78
5	5,4/900	60	1350	24	4,38	80
6	3,0/400	60	550	14	2,724	91
7	2,7/200	60	135	22	2,4757	94

TABLA III

## Ensayos con acetona

Ensayos	"Au Ba" grs./c. c.	Tempe- ratura	Acetona c. c.	Tiempo re- paso (horas)	Grs. de "Au Ba"	Rendimien- tos %
1	0,25/25	50	35	12	0,1034	40
2	0,25/25	50	40	12	amarillea	

Igualmente hemos llegado a idéntica conclusión experimental añadiendo acetona a la disolución base, previo calentamiento a unos 50 grados y dejándola enfriar después. Hemos procurado disminuir la temperatura a fin de evitar coincidiese con el punto de ebullición de la acetona. Los resultados se resumen en la Tabla III.

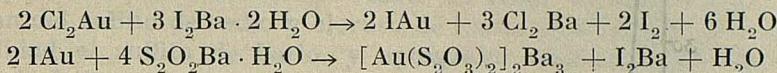
En este caso, las agujas presentan el inconveniente de que, al dejarlas cierto tiempo en la disolución, toman un color amarillento que va aumentando en intensidad con el tiempo. La cantidad de acetona necesaria para la precipitación del aurotiosulfato de bario es mucho mayor que la cantidad de alcohol que, con el mismo fin y en las mismas condiciones, se necesitaría.

Otro método que también nos condujo a la formación de agujas de aurotiosulfato de bario consiste en añadir a la solución base, calentada a 60 grados, mezclas de alcohol y acetona, apareciendo entonces las agujas sueltas y muy bonitas.

Finalmente, intentamos la posibilidad de aumentar el tamaño de las agujas, consiguiéndolo al verificar el tratamiento alcohólico con solucio-

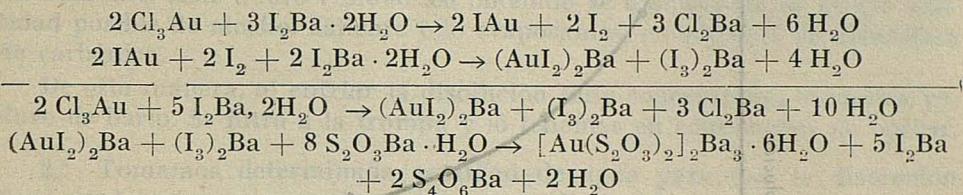
nes todavía más diluidas, después de haberlas calentado a la misma temperatura de 60 grados. Véanse los ensayos 3, 4 y 5 de la Tabla II.

3. *Preparación del aurotirosulfato de bario, por el método del yoduro.* Otra manera de llegar al aurotirosulfato de bario fué siguiendo el método del yoduro (4), o sea reduciendo la sal de  $\text{Au}^{\text{III}}$  a  $\text{Au}^{\text{I}}$  con la cantidad calculada de yoduro de bario, con objeto de obtener el yoduro auroso,  $\text{IAu}$ , que, disuelto directamente en tiosulfato bárico, nos diera el aurotirosulfato de bario, según las ecuaciones siguientes:



Por ellos calculamos que por cada gramo de Au se necesitan 16,08 gramos de  $\text{I}_2\text{Ba}$ , 2  $\text{H}_2\text{O}$  y 5,69 grs. de  $\text{S}_2\text{O}_3\text{Ba} \cdot \text{H}_2\text{O}$ .

Análogamente, podemos hacer la reducción del  $\text{Cl}_3\text{Au}$  en presencia de un exceso de yoduro de bario, con el fin de que el yoduro de oro formado se disuelva en el yoduro de bario excedente. Vertiendo esta solución sobre la de tiosulfato de bario se verifican los siguientes procesos:

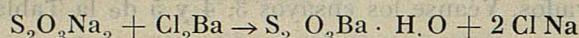


cuyo cálculo estequiométrico nos dice que a cada gramo de Au corresponden 16,08 gramos de yoduro de bario bihidratado y 5,69 de tiosulfato de bario monohidratado.

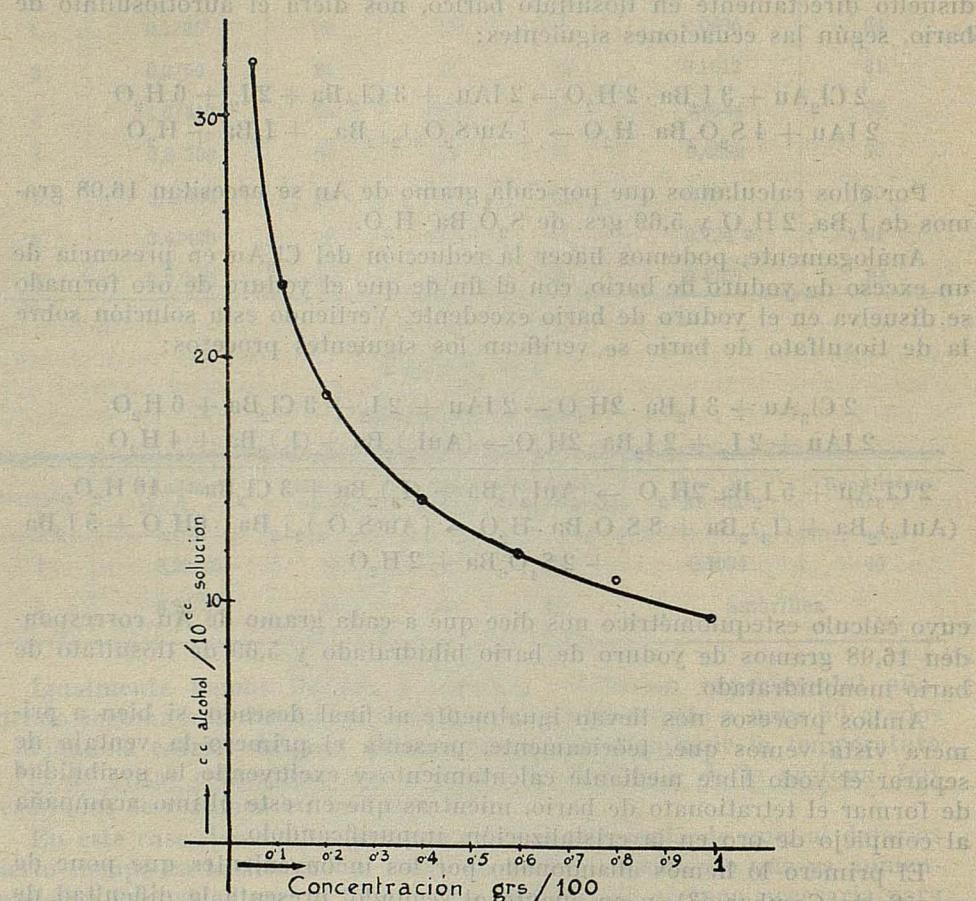
Ambos procesos nos llevan igualmente al final deseado, si bien a primera vista vemos que, teóricamente, presenta el primero la ventaja de separar el yodo libre mediante calentamiento y excluyendo la posibilidad de formar el tetratiónato de bario, mientras que en este último acompaña al complejo de oro en la cristalización, impurificándolo.

El primero lo hemos abandonado por los inconvenientes que pone de manifiesto Gamboa (3), y en cuanto al segundo, presenta la dificultad de que, junto con el aurotirosulfato de bario, precipita siempre algo de tetratiónato de bario y necesitaríamos una serie prolongada de recristalizaciones para llegarlo a obtener en estado de pureza.

a) *Preparación del cloruro de oro.* — En esta preparación seguimos el método descrito en (5), disolviendo oro purísimo en agua regia y evaporando a sequedad en bañomaría. Tratamos dos o tres veces con ácido clorhídrico hasta eliminar totalmente el nítrico y disolvemos en agua en la proporción de 1 gr. de oro por cada 15 c. c. de agua.

b) *Preparación del tiosulfato de bario.* — Basándonos en la reacción

preparamos dos disoluciones concentradas de tiosulfato de sodio y de cloruro de bario, que vamos añadiendo gota a gota con sendas buretas sobre un vaso de precipitados que contiene cierta cantidad de agua y con agitador

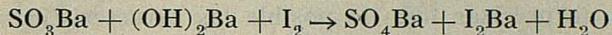


Gráfica 1.

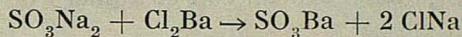
mecánico en movimiento. Se filtra el precipitado de tiosulfato de bario y se vuelve a poner en suspensión con renovada cantidad de agua y se agita durante cierto tiempo. Nueva filtración y se procede al ensayo de los cloruros en las aguas de lavado; de ser éste negativo, indica que el tiosulfato de bario ha sido obtenido en condiciones de pureza, y en caso contrario, se repite la suspensión en agua agitando hasta que la investigación del halógeno sea negativa.

c) *Preparación del yoduro de bario* — Una vez elegido el segundo de los procedimientos anteriores para la obtención del aurotiosulfato de bario, procedemos a la preparación del agente reductor, yoduro de bario, siguiendo simultáneamente los dos métodos que se detallan.

1.º Ensayamos la preparación del reductor (6) consistente en descomponer sulfito de bario con hidróxido bárico y yodo, según la reacción:



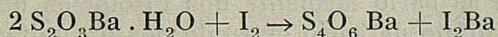
Preparamos primeramente el sulfito de bario, mediante doble descomposición del sulfito de sodio y cloruro de bario, precipitando por su menor solubilidad el sulfito de bario, y agregamos alcohol hasta alcanzar un grado alcohólico del 50, para evitar la oxidación del sulfito a sulfato.



Procedemos entonces a la obtención del yoduro de bario, según lo descrito arriba. El líquido lo destilamos en atmósfera de carbónico, puesto que, de no hacerlo, en estas condiciones siempre nos aparece yodo libre. El residuo seco lo disolvemos en alcohol, filtramos y volvemos a destilar nuevamente. Este nuevo residuo así obtenido se disuelve en la menor cantidad posible de alcohol caliente y lo evaporamos, en cápsula, en atmósfera de carbónico.

De esta manera, al enfriar la disolución muy concentrada, cristaliza yoduro de bario. Se filtra a la trompa y lo tenemos en condiciones de operar.

2.º Tomamos determinada cantidad de agua para que la disolución final sea lo más concentrada posible, y en ella hacemos una suspensión de tiosulfato de bario, añadiendo yodo en la cantidad calculada, según la reacción



En caso de quedar yodo libre, inmediatamente reconocible por la coloración parda que tiene la solución, se añade paulatinamente tiosulfato de bario hasta decoloración total. Hemos de separar el tetratiónato de bario y el tiosulfato de bario que pudiera estar en suspensión, por filtración, añadiendo luego alcohol en cantidad aproximada de tres veces el volumen de agua que habíamos puesto y dejándolo reposar 24 horas. Filtramos el precipitado, en el cual se encuentra el tetratiónato de bario; en la solución está el yoduro de bario, conteniendo como impureza algo de tetratiónato de bario. Al concentrar la disolución nos aparece con los mismos inconvenientes que en el procedimiento anterior, es decir, con yodo libre en presencia, resolviéndolos de idéntica forma.

4. *Recristalización del aurotiosulfato de bario.* — El aurotiosulfato obtenido se disuelve en agua, aproximadamente en una solución de 0,5 gramos en 100 c. c., filtrando la pequeña turbidez que pudiera quedar. A esta

solución, después de calentarla a 60 grados centígrados, le añadimos alcohol hasta la aparición de ligerísima turbidez, lo cual suele ocurrir añadiéndole alcohol en una cantidad aproximada de 5/4 partes del volumen de la disolución. Al dejarla enfriar precipita el aurotiosulfato de bario, cristalizado en agujas finas y claras.

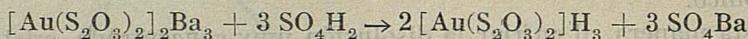
El rendimiento obtenido después de esta recristalización es, aproximadamente, de un 80 %.

Con objeto de precisar todo lo posible las características externas del aurotiosulfato de bario que hemos preparado, damos las siguientes microfotografías, procedentes de preparaciones de distintas pruebas.

5. *Análisis del aurotiosulfato de bario.* — Una vez obtenido el aurotiosulfato bárico procedemos a su análisis, a fin de comprobar el estado de pureza y su fórmula química exacta, con el número de moléculas de agua de cristalización.

Una muestra pesada de aurotiosulfato de bario la disolvemos en agua, añadiéndole un determinado volumen de ácido sulfúrico valorado; con ello perseguíamos dos fines: precipitar el bario al estado de sulfato de bario, analizándolo por gravimetría, y conocer la cantidad de sulfúrico que quedaba en la disolución:

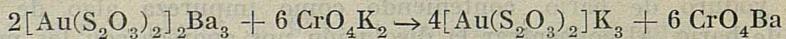
La ecuación del proceso responde a la reacción:



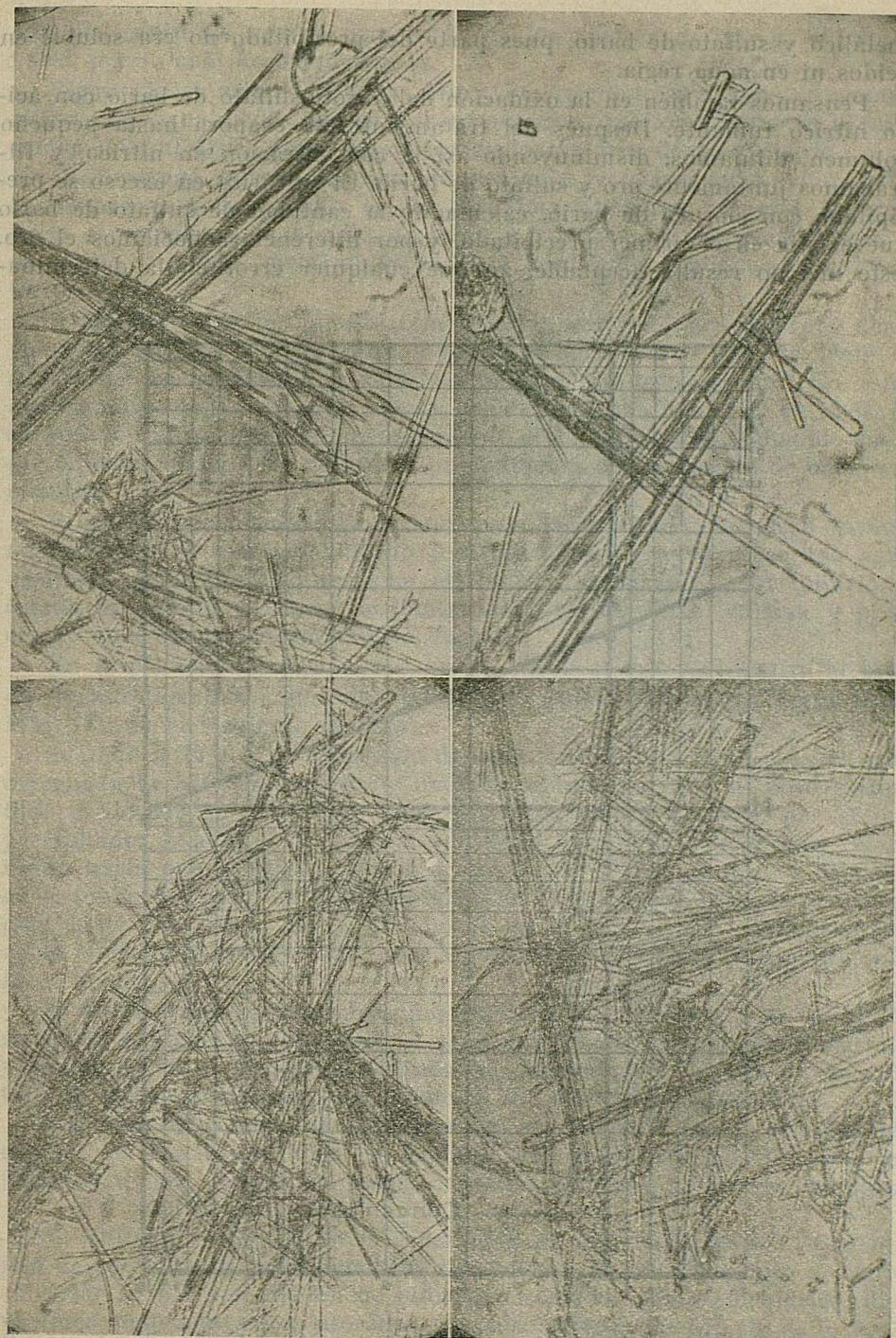
Pensamos que el ácido aurotiosulfúrico libre sería lo suficientemente estable para poder llevar a cabo el proceso, pero la práctica nos ha demostrado que no posee la estabilidad necesaria para sufrir todas las manipulaciones que requiere la marcha.

Por ello, para evitar la presencia de ácido aurotiosulfúrico libre, probamos a precipitar el bario mediante una disolución de sulfato de sodio valorada, pero el sulfato de bario obtenido por precipitación era de grano extremadamente fino que atravesaba el filtro, cosa lógica, ya que hacíamos la precipitación en frío para evitar la alteración del producto. Además, siempre estaba acompañado de oro por descomposición del aurotiosulfato de sodio, debido al largo tiempo que debía mediar entre la adición del precipitante y la filtración del precipitado.

Probamos entonces a precipitarlo al estado de cromato, según la reacción:

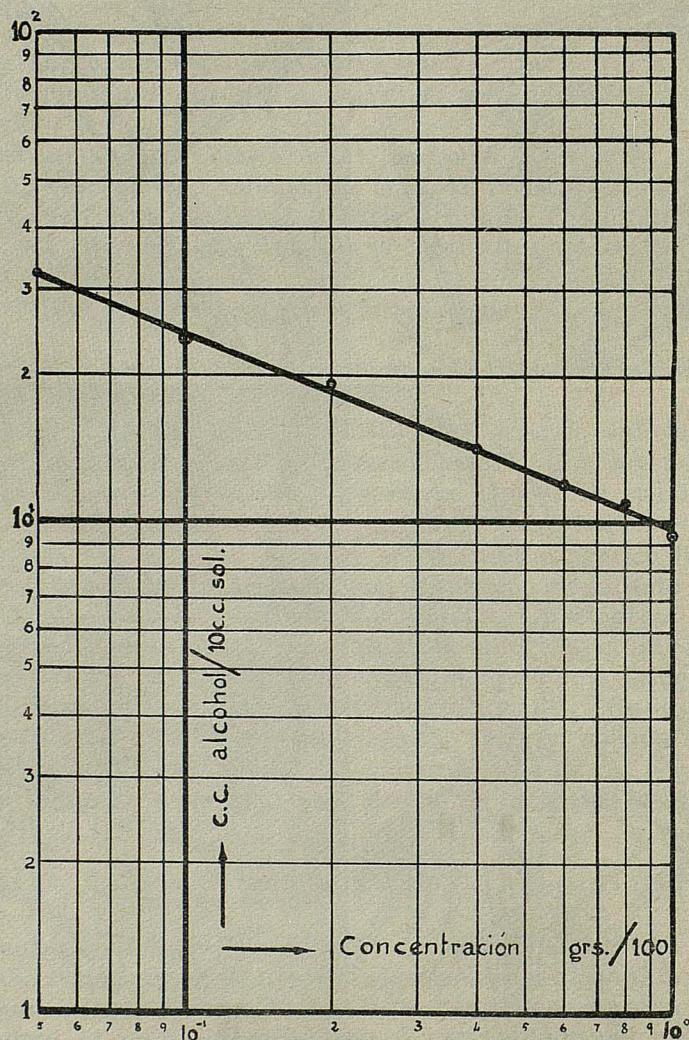


en medio neutro o acético. El exceso de cromato no interfería en nada, toda vez que al tratar por agua oxigenada la disolución de aurotiosulfato en medio alcalino (método de Ríus Miró) (7), se nos reduce a cromo trivalente, marchándose en las aguas residuales. El precipitado obtenido no era exclusivamente de cromato de bario, sino que venía acompañado de oro



metálico y sulfato de bario, pues parte del precipitado no era soluble en ácidos ni en agua regia.

Pensamos también en la oxidación del aurotiosulfato de bario con ácido nítrico fumante. Después del tratamiento, se evapora hasta pequeño volumen, diluíamos, disminuyendo así la concentración en nítrico, y filtrábamos juntamente oro y sulfato de bario. El sulfúrico en exceso se precipitaba con cloruro de bario, calculando la cantidad de sulfato de bario que existía en el primer precipitado, y por diferencia conocíamos el oro. Este método resulta aceptable, aunque cualquier error en la determina-

Gráfica 2.<sup>a</sup>

ción del sulfúrico vendrá arrastrado en los valores de oro y sulfato de bario, por lo cual lo abandonamos.

Siguiendo el método de Ríus Miró (7), oxidando con agua oxigenada, obteníamos igualmente que en el caso anterior, que los errores en la valoración del sulfúrico libre repercuten en los valores de oro y bario.

Continuando nuestro sistema de exclusión y procurando evitar todos los inconvenientes surgidos en los métodos anteriores, ideamos aislar el bario al estado de carbonato de bario y analizar así, separadamente, el ión bario y el ión aurotiosulfúrico, con resultados plenamente satisfactorios.

A tal fin, tomamos muestras que varían entre 0,7 grs. y 1 gr., disolviéndolas en 200 c. c. de agua. Esta solución, siempre que se trate de productos recristalizados, resulta completamente transparente. En estas condiciones añadimos, gota a gota, 60 c. c. de una solución al 15 % de carbonato sódico, agitando enérgicamente. Este carbonato es añadido siempre en exceso con el fin de que la precipitación del carbonato de bario sea cuantitativa.

El precipitado formado de carbonato de bario se deja en reposo durante cuatro horas y, una vez filtrado y lavado tres o cuatro veces con agua destilada, se le disuelve en agua clorhídrica, volviendo a precipitarlo al estado de sulfato de bario mediante sulfúrico. Se filtra, calcina y pesa, con lo cual queda determinado el bario.

En la primera disolución nos queda ahora el oro y el azufre al estado de aurotiosulfato de sodio, para cuyo análisis obramos, según Rius Miró (7), de la siguiente manera:

Se añaden 20 c. c. de hidróxido de sodio concentrado y 10 c. c. de agua oxigenada de 110 volúmenes; se calienta al bañomaría, y al poco tiempo todo el líquido se oscurece: azul, primero; pardo, después, por el oro precipitado. Añadimos 5 c. c. más de agua oxigenada y seguimos calentando hasta que el líquido queda transparente y todo el oro se deposita en el fondo del vaso, en pequeños grumos. La duración total de la operación es de unas cinco horas, al cabo de las cuales, y tras neutralizar con ácido clorhídrico concentrado, gota a gota, añadimos unos centímetros cúbicos en exceso

El oro filtrado se determina por calcinación y pesada, y el tiosulfato de sodio, oxidado a sulfato por el agua oxigenada añadida anteriormente y contenido en la disolución filtrada, lo determinamos en forma de sulfato de bario, añadiéndole una solución 0,1 M de cloruro de bario.

Los resultados obtenidos se detallan en la Tabla IV, y de ellos sacamos en conclusión, que la fórmula del aurotiosulfato de bario es  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]_2\text{Ba}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ , es decir, cristaliza con seis moléculas de agua.

6. *Influencia del pH en la estabilidad de las disoluciones.* — Con objeto de averiguar la estabilidad de disoluciones de aurotiosulfato de bario al variar su pH por adición de hidróxido sódico o ácido clorhídrico, dispusimos siete matracitos aforados con disoluciones de pH: 3, 4, 5, 6, 7,

TABLA IV.—Análisis del aurotiosulfato de bario

Ensayos	Muestra grs.	SO <sub>4</sub> Ba grs. (para Ba)	Au grs.	SO <sub>4</sub> Ba grs. (para S)	Ba %	Au %	S %
	Teórico .....				30,23	28,94	18,82
	Vidrio+muestra=10,4750	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 13,2057	Crisol + Au = 12,9500	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 15,6654			
	Vidrio = 9,6626	Crisol = 12,7916	Crisol = 12,7152	Crisol = 14,5976			
1	Muestra = 0,8124	SO <sub>4</sub> Ba = 0,4141	Au = 0,2348	SO <sub>4</sub> Ba = 1,0678	29,99	28,90	18,07
	Vidrio+muestra = 9,6626	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 14,0161	Crisol + Au = 13,1180	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 15,2684			
	Vidrio = 8,7024	Crisol = 13,5290	Crisol = 12,8438	Crisol = 14,0150			
2	Muestra = 0,9602	SO <sub>4</sub> Ba = 0,4871	Au = 0,2742	SO <sub>4</sub> Ba = 1,2534	29,89	29,44	17,94
	Vidrio+muestra = 8,7024	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 14,5978	Crisol + Au = 13,6306	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 14,1352			
	Vidrio = 7,9993	Crisol = 14,2395	Crisol = 13,4236	Crisol = 13,2044			
3	Muestra = 0,7031	SO <sub>4</sub> Ba = 0,3583	Au = 0,2070	SO <sub>4</sub> Ba = 0,9308	29,99	28,55	18,18
	Vidrio+muestra = 8,9902	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 13,3328	Crisol + Au = 12,9958	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 15,3575			
	Vidrio = 7,9984	Crisol = 12,8116	Crisol = 12,7146	Crisol = 14,0412			
4	Muestra = 0,9922	SO <sub>4</sub> Ba = 0,5212	Au = 0,2812	SO <sub>4</sub> Ba = 1,3163	30,91	28,34	18,22
	Vidrio+muestra = 8,9410	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 14,0412	Crisol + Au = 13,6918	Crisol + SO <sub>4</sub> Ba = 14,5872			
	Vidrio = 7,9984	Crisol = 13,5426	Crisol = 134236	Crisol = 13,3328			
5	Muestra = 0,9426	SO <sub>4</sub> Ba = 0,4984	Au = 0,2682	SO <sub>4</sub> Ba = 1,2544	30,94	28,45	18,27

8 y 9, respectivamente. Todas estas disoluciones, que contienen 0,1 gramo de aurotirosulfato de bario en 100 c. c. de agua, se mantienen transparentes y sin signo de descomposición durante seis días, de lo que se puede deducir que las reacciones con aurotirosulfato de bario son indiferentes a un pH que varía entre 3 y 9, a diferencia de lo que sucede con el aurotirosulfato de sodio, que, según Gamboa (3), es estable solamente a pH superior a 5,5.

7. *Solubilidad del aurotirosulfato de bario.* — Determinamos esta propiedad física utilizando un Erlemeyer de 50 c. c. con agua y añadiendo aurotirosulfato de bario hasta que se obtiene la disolución saturada, para lo cual añadimos un exceso de sólido y lo mantuvimos en un termostato a 19,0 grados centígrados por espacio de 24 horas, agitando frecuentemente. Al cabo de este tiempo se filtra y se toman dos muestras con una pipeta de 10 c. c., en las cuales, después de eliminar el bario por el método descrito anteriormente, se precipita, calcina y pesa el oro existente en la disolución. Los cálculos, que exponemos en la Tabla V, nos dan para la solubilidad del aurotirosulfato de bario en agua, a 19,0 grados centígrados, el valor medio de 4,58 grs. por 100 c. c.

8. *Densidad del aurotirosulfato de bario.* — Decidimos determinar esta constante física por el método del frasco, empleando como líquido, benceno, y empezando por determinar la densidad del mismo.

Las experiencias hechas las detallamos en la Tabla VI.

Conocida así la densidad del benceno, procedemos a calcular la del aurotirosulfato de bario, insoluble en él, por el mismo procedimiento. Según se puede apreciar en los datos detallados en la Tabla VII, la densidad del producto por nosotros obtenido es, a la temperatura de 24 grados centígrados, de 1,51<sub>9</sub>.

TABLA V

Ensayos	Temp. en grados	Au grs.	Solubilidad %	MEDIA
1	19,0	Crisol + oro = 13,5604 Crisol (tara) = 13,4278 <hr/> oro = 0,1326	4,57	4,58
2	19,0	Crisol + oro = 12,8514 Crisol (tara) = 12,7186 <hr/> oro = 0,1328	4,59	

TABLA VI  
Densidad del benceno

Ensayo	Grados C	Peso del agua grs.	Densidad	Vol.	Peso del benceno	Densidad
1	23°40	Frasco + agua = 55,6030			Frasco + benceno = 52,5248	
		Frasco = 30,6276			Frasco = 30,6276	
		Agua = 34,9754	0,997442	25,0394	Benceno = 21,8972	0,8745
2	24°80	Frasco + agua = 56,1744			Frasco + benceno = 53,0920	
		Frasco = 31,2010			Frasco = 51,2010	
		Agua = 24,9734	0,997095	25,0461	Benceno = 21,8910	0,8740

TABLA VII  
Densidad del aurotiosulfato de bario

Ensayo	Muestra	Grados C	P' - P''	V	Densidad	Densidad Valor medio				
1	Frasco + muestra = 31,9504	23°40	P' = 52,5248	0,8624	1,53 <sub>3</sub>					
	Frasco = 30,6276		P'' = 53,0934							
	Muestra = 1,3228		P' - P'' = -0,5686							
2	Frasco + muestra = 83,2380	24°80	P' = 53,0920	1,3525	1,50 <sub>0</sub>	1,51 <sub>0</sub>				
	Frasco = 31,2110		P'' = 53,9469							
	Muestra = 2,0370		P' - P'' = -0,8549							
V = Volumen de la muestra										
P' = Peso del frasco con benceno										
P'' = Peso del frasco con muestra + benceno										

9. Relación entre la concentración de las disoluciones y la cantidad necesaria de precipitante.— Como a través de las distintas experiencias que se muestran en las Tablas I y II, observamos que, a medida que dis-

minuye la concentración, aumenta la cantidad de alcohol necesaria para precipitar el aurotiosulfato de bario, hacemos pruebas con disoluciones de distinta concentración, tomando volúmenes iguales, con objeto de determinar la cantidad de alcohol necesaria para que la solución empiece a enturbiarse. Todas ellas las llevamos a cabo a la temperatura de 60 grados centígrados y obtenemos los datos de la Tabla VIII, que a continuación exponemos:

TABLA VIII

Concentraciones % .....	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0,1	0,05
Alcohol en c.c. .....	9,2	11,0	12,0	14,1	18,6	23,0	32,0

Estos datos están obtenidos de una solución de aurotiosulfato de bario al 1 % y de la cual se toman distintas cantidades, diluyéndolas a 10 c. c. Llevados a coordenadas cartesianas, obtenemos la gráfica 1, y en papel logarítmico la gráfica 2. La obtención de una recta en la representación logarítmica nos dice que el fenómeno estudiado está regido por una ley exponencial, ecuación que puede calcularse por medidas directas de la pendiente y ordenada en el origen de la recta en la representación logarítmica. La fórmula obtenida es

$$A = 0,98 C^{-0,40}$$

en la que A es la cantidad de alcohol, en centímetros cúbicos, necesaria para producir ligera turbidez, cuando se añade a un centímetro cúbico de disolución de aurotiosulfato de bario contenido C grs. %.

10. *Estabilidad al calentamiento del aurotiosulfato de bario.*—En general, los aurotiosulfatos son muy sensibles a los pH ácidos y a las temperaturas elevadas. Como ya hemos reseñado, el aurotiosulfato de bario resiste muy bien la acidez y para completar nuestros conocimientos sobre su estabilidad ensayamos la influencia que pudiera tener la elevación de la temperatura, en unas pruebas de carácter meramente cualitativo.

Para ello, muestras del producto, colocadas en vidrios de reloj, se sometieron a temperaturas de 60, 80 y 100 grados centígrados, por espacio de diez horas, encontrando que el producto no se descompone apreciablemente, pues conserva su color blanco y la propiedad de disolverse en agua, dando soluciones transparentes.

Estos ensayos, junto con los referentes a la estabilidad de las disoluciones del producto frente a los medios ácidos, indican que el producto preparado por nosotros tiene una amplia zona de existencia, mientras el producto gelationoso conocido hasta ahora, ya dejándolo estar a la temperatura ambiente, amarillea al cabo de pocas horas.

## CONCLUSIONES

Primera. El aurotiosulfato de bario obtenido por Fordos y Gelis es amorfo, parcialmente insoluble en agua una vez seco, y con el tiempo se descompone.

Segunda. Aplicando el método sugerido por Gamboa en la preparación del aurotiosulfato de sodio, a la obtención del de bario, llegamos siempre a resultados erróneos, por venir acompañado de tetratiosulfato de bario como impureza.

Tercera. El aurotiosulfato de bario por nosotros obtenido mediante adición de alcohol, es completamente estable, cristalino y blanco. Al mismo resultado se llega añadiendo acetona o mezclas de alcohol-acetona. Con acetona solo, amarillean las agujas en la disolución, por efecto del tiempo.

Cuarta. Cuanto más diluidas son las disoluciones de partida, mayor es el tamaño de las agujas obtenidas.

Quinta. La cantidad necesaria de alcohol para conseguir la precipitación del aurotiosulfato de bario cristalizado, sigue la función exponencial  $A = 0,98 C^{-0,40}$ .

Sexta. Como resultado del análisis establecemos la fórmula del aurotiosulfato de bario, que es  $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)_2]_2\text{Ba}_3\text{S}_2\text{O}_3\text{H}_2\text{O}$ .

Séptima. El pH entre 3 y 9 no influye en la estabilidad de sus disoluciones.

Octava. La solubilidad del aurotiosulfato de bario en agua, a 19,0 grados centígrados, es de 4,58 grs. por cien centímetros cúbicos de disolución.

Novena. La densidad del producto preparado es el de 1,51.

Zaragoza, marzo de 1950.

*Laboratorios de Química Inorgánica y de Coloides  
química de la Sección de Zaragoza del Instituto  
Antonio de Gregorio Rocasolano del C. S. I. C.*

## BIBLIOGRAFIA

- (1) J. MARTÍN SAURAS. — Universidad, pág. 716. Zaragoza, 1935.
- (2) FORDOS Y GELIS. — Ann. Chim. Phys. (3), 13, 394, 1895.
- (3) J. M. GAMBOA. — Tesis. Zaragoza, 1947.
- (4) E. KEIDING. — Ref. Chem. Abs. 22, 3024, 1928.
- (5) J. ABELLÓ PASCUAL. — Citado por Gamboa (1. c.).
- (6) J. W. MELLOR. — Vol. III, pág. 590.
- (7) C. WENDLER. — Ref. Mellor. Vol. III, pág. 739.
- (8) A. RÍUS MIRÓ. — La Medicina Ibera. 22, 255, 1928.

# Aplicación del análisis de la varianza a un ensayo de lucha contra los adultos de *LEPTINOTARSA DECEMLINEATA*

por AGUSTIN ALFARO

Ingeniero Agrónomo, del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas

La lucha química contra el crisomélido *Leptinotarsa decemlineata* viene haciendo, principalmente, con arseniato de plomo, diclorodifeniltricloroetano (D D T) y hexaclorociclohexano (6 6), productos que tienen una manifiesta eficacia contra sus larvas, aunque no todos los preparados de carácter agrícola a base de los dos últimos compuestos de síntesis orgánica ofrecen parecida utilidad (1).

Mayores diferencias que contra las larvas acusan esos productos cuando se les emplea para eliminar los imágos, el tratamiento de los cuales puede tener principal interés al comenzar la actividad de la plaga en primavera, y cuando, salvadas las generaciones larvarias, quedan los patales invadidos de masas de adultos que van a ser los próximamente invernantes, pues aunque en este caso la destrucción de ellos no sea frecuentemente precisa para salvar la producción en curso, porque suele estar ya prácticamente formada, sí tiene, en cambio, un marcado carácter de previsión el eliminar buena parte de esas formas que, a través del invierno, van a constituir la reserva de plaga que ha de guardar el suelo hasta la primavera siguiente.

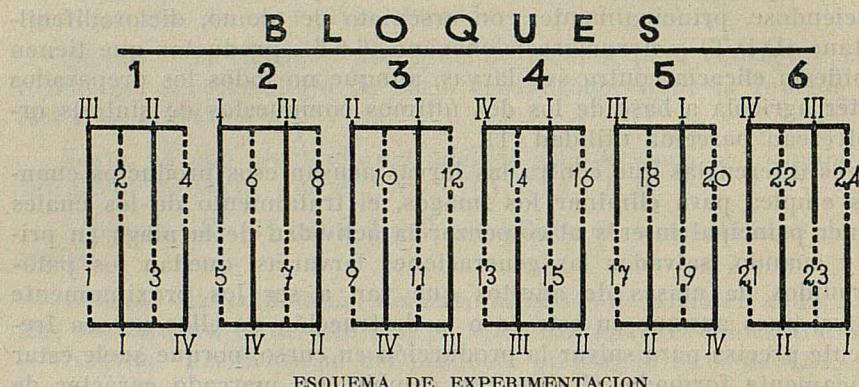
Para comprobar la utilidad de esos insecticidas con todas las garantías posibles, hicimos ensayos de tratamiento de los adultos y larvas (2), de modo que pudieran ser sus resultados sometidos a análisis estadístico, esperando de ello unas mayores precisiones que del simple ensayo de tales productos, aun con las limitaciones que impone la especial naturaleza de la experimentación entomológica, en la que no es siempre factible utilizar las normas corrientes para el planteamiento de experiencias culturales que comparan una modalidad de abonado, variedades, etc. Así

(1) A. ALFARO. — Los nuevos insecticidas orgánicos de síntesis y su aplicación al tratamiento de algunas plagas de interés actual para la economía aragonesa. "Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza". Serie 3.<sup>a</sup> Tomo III. 1948.

(2) El vol. XVII del "Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola", ahora en curso de publicación, recogerá un trabajo con esos resultados, y los obtenidos en otros dos ensayos sobre imágos de *Leptinotarsa decemlineata*, son el objeto de éste que aquí publicamos.

como en éstas la unidad parcela pequeña tiene ciertos inconvenientes, en las experiencias entomológicas ofrece, a veces, posibilidades que la hacen insustituible, llegándose a adoptar la formada por una sola planta, que es lo que, siguiendo a otros autores, nosotros haremos, comparando después los resultados obtenidos mediante el "Análisis de la varianza" ideado por FISHER.

Como son muchos los productos agrícolas de las dos series orgánicas de síntesis al principio citadas, elegimos como representantes de ellas a dos que han ofrecido en anteriores experiencias los mejores y más uniformes resultados, a los que designamos por J e Y: el primero con un 5 % de D D T, del cual el 78 % es pp' D D T, y el segundo con el 15 % de la mezcla de isómeros del hexaclorociclohexano, en el que el gammahexano resulta a la concentración del 3 %; como arseniato de plomo se emplea uno con el 30 % de  $As_2O_5$ . El J se ensaya a la concentración del 1 % (I), el Y a las del 1 % (II) y 1,25 % (III) y el arseniato de plomo al 1 % (IV).



Los números romanos representan los tratamientos en los 24 semisurcos de patatas pulverizadas.

Para preparar estas suspensiones se agrega lentamente el producto a una pequeña cantidad de agua y se bate con él hasta formar una papilla homogénea; una vez lograda, se la deja en reposo durante diez minutos y después se la incorpora al resto del agua, removiéndola simultáneamente.

Estas suspensiones insecticidas se pulverizan alternativamente sobre los semisurcos que resultan al dividir el rectangular campo de patatas por una paralela a su mayor dimensión, operando así en evitación de que, si el viento arrastrase hasta las plantas de la línea inmediata alguna parte de la suspensión que se pulveriza, pudiera falsear en ella los resultados; además, se pulveriza bajo y en día de viento inapreciable.

Una planta elegida al azar en cada uno de los semisurcos que se pulverizan y numeran correlativamente del 1 al 24, se cubre con evolucionario de tela metálica y recibe seguidamente 40 adultos de *Leptinotarsa decemlineata* recogidos sobre las mismas plantas en él tratadas, completando

ese número, en caso preciso, con los de otras que no han sido pulverizadas. Diariamente se registran las bajas ocurridas en cada evolucionario, anotando como tales solamente los cadáveres encontrados y no las de aquellos insectos que hayan desaparecido por enterramiento u otra causa cualquiera, y las cifras totales al cabo de cinco días son las que sirven de base a la comparación de los productos y concentraciones ensayados, empleando para su análisis el método de repeticiones por bloques al azar elegidos, en los que se hacen seis de ellas con el orden de sucesión que se esquematiza en el gráfico.

La persistencia de la acción insecticida se compara con nuevas recontaminaciones de insectos hechas, a los 10 días de la pulverización, sobre las mismas plantas en que se observa la acción insecticida inmediata.

Ambos ensayos, de acción inmediata y persistente, se hacen en la segunda quincena de mayo, sobre adultos que subsistieron como invernantes desde el año anterior.

#### ACCION INSECTICIDA INMEDIATA

Las mortalidades registradas y el análisis de la varianza a que ellas dan lugar, se recogen en los cuadros 1.<sup>o</sup> al 3.<sup>o</sup>, no habiendo existido bajas por mortalidad natural en una planta testigo.

CUADRO 1.<sup>o</sup>: MORTALIDAD POR EVOLUCIONARIO

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1. <sup>o</sup>	1	2	1	9	3	2	4	1	1	5	2	1	0	3	1	1	2	0	7	1	0	0	1	2
2. <sup>o</sup>	14	11	11	16	6	10	16	6	4	12	13	2	13	8	7	4	4	4	8	5	3	3	6	3
3. <sup>o</sup>	12	17	17	10	17	12	7	18	4	11	13	8	6	11	14	7	10	4	12	6	6	7	9	18
4. <sup>o</sup>	4	9	2	1	9	1	3	4	1	6	3	0	2	4	9	5	4	9	7	3	0	3	2	9
5. <sup>o</sup>	3	0	3	3	4	4	2	2	2	3	6	8	2	5	3	5	0	2	6	4	5	9	2	
<b>Totales..</b>	34	39	34	39	39	29	32	31	12	36	34	17	29	28	36	20	25	17	36	21	13	18	27	34

CUADRO 2.: MORTALIDAD TOTAL POR FORMULA Y BLOQUE

Fórmulas	B L O Q U E S						Totales
	1	2	3	4	5	6	
I	39	39	34	36	36	34	218
II	34	31	12	20	17	18	132
III	34	32	17	28	25	27	163
IV	39	29	36	29	21	13	167
TOTALES.	146	131	99	113	99	92	680

CUADRO 3.: ANALISIS DE LA VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados de las desviaciones	Media de cuadrados de las desviaciones	1/2 L. de media de cuadrados
Bloques . . . . .	5	561,33	112,26	
Tratamientos . . . .	3	634,33	211,44	2,6769648
Error . . . . .	15	473,67	31,58	1,7262582
TOTAL. . . . .	23	1.669,33		$z=0,9507066$

En las tablas de FISHER (1), para  $P = 0,01$ ,  $v_1 = 3$  y  $v_2 = 15$ , es  $z = 0,8448$ , valor que, comparándolo con el antes calculado, indica que la experiencia es significativa.

(1) FISHER, R. A. — "Statistical Methods for Research Workers". Londres, 1941. Puede también consultarse la obra editada en Madrid por el Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas: "Experimentación Agrícola. Fundamentos Estadísticos y Métodos operatorios", de la que son autores PÉREZ CALVET (R.), ZULUETA (J. M.) y ANÓS (A.).

RESUMEN DE RESULTADOS

Tratamientos	Mortalidades
J al 1 % . . . . .	218
Y al 1 % . . . . .	132
Y al 1,25 % . . . . .	163
Arsenato de plomo al 1 % . . . . .	167
MEDIA . . . . .	170
Errores típicos:	
por evolucionario: $\sqrt{31,58}$	5,62
por tratamiento: $5,62 \sqrt{4}$	11,24
de la diferencia de tratamientos $11,24 \sqrt{2}$	15,90
Diferencias significativas	
$15,90 \times 2,947$	46,86
$15,90 \times 2,131$	33,88
	Para P = 0,01 y v = 15
	Para P = 0,05 y v = 15

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

Diferencias entre I y II	
" " I y III	Significativas para P = 0,01
" " I y IV	
" " II y III	No significativas
" " III y IV	
" " II y IV	Significativas para P = 0,05

PERSISTENCIA DE LA ACCION INSECTICIDA

Las mortalidades registradas en las recontaminaciones hechas con el mismo número de insectos, a los 10 días de la pulverización, y el análisis de la varianza que ellas motivan, se recogen en los cuadros 4.<sup>o</sup> al 6.<sup>o</sup>

CUADRO 4.º: MORTALIDAD POR EVOLUCIONARIO

Días	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1.º	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.º	0	2	0	15	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1
3.º	0	7	1	8	3	6	0	0	1	11	11	0	1	2	18	0	0	0	2	1	1	0	1	9
4.º	0	5	0	6	10	2	0	0	0	5	8	0	4	0	6	0	0	0	9	2	8	0	1	8
5.º	1	5	1	4	9	3	0	0	1	2	12	0	2	0	9	1	1	2	2	3	6	1	3	7
<b>Totales..</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>19</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>16</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>25</b>

CUADRO 5.º: MORTALIDAD TOTAL POR FÓRMULA Y BLOQUE

Fórmulas	B L O Q U E S						Totales
	1	2	3	4	5	6	
I	19	23	31	34	13	25	145
II	2	0	2	1	2	1	8
III	1	0	0	2	1	6	10
IV	34	15	19	7	6	16	97
<b>TOTALES.</b>	<b>56</b>	<b>38</b>	<b>52</b>	<b>44</b>	<b>22</b>	<b>48</b>	<b>260</b>

CUADRO 6.º: ANÁLISIS DE LA VARIANZA

	Grados de libertad	Suma de cuadrados de desviaciones	Media de cuadrados de desviaciones	1/2 L. de media de cuadrados
Bloques . . . . .	5	185,33	37,07	
Tratamientos . . . . .	3	2.283,00	761,00	3,3173094
Error . . . . .	15	655,00	43,67	1,8883265
<b>TOTAL. . . . .</b>	<b>23</b>	<b>3.123,33</b>		<b>z = 1,4289829</b>

En las tablas de FISHER, para  $P = 0,001$ ,  $v_1 = 3$  y  $v_2 = 15$ , es  $z = 1,1169$ , luego la experiencia es significativa.

#### RESUMEN DE RESULTADOS

Tratamientos	Mortalidades
J al 1 % . . . . .	145
Y al 1 % . . . . .	8
Y al 1,25 % . . . . .	10
Arseniano de plomo al 1 % . . . . .	97
MEDIA . . . . .	65

Errores típicos:	
por evolucionario: $\sqrt{43,67}$	6,61
por tratamiento: 6,61 $\sqrt{4}$	13,22
de la diferencia de tratamientos: $13,22\sqrt{2}$	18,70
Diferencias significativas	
$18,70 \times 2,947$	55,11
$18,70 \times 2,131$	39,85

Para  $P = 0,01$  y  $v = 15$   
Para  $P = 0,05$  y  $v = 15$

#### INTERPRETACION DE RESULTADOS

Diferencias entre	I y II	}	Significativas para $P = 0,01$
"	I y III		
"	I y IV		Significativas para $P = 0,05$
"	II y III		No significativas
"	II y IV	}	Significativas para $P = 0,01$
"	III y IV		

R E S U M E N

Se compara la eficacia inmediata y persistente sobre imagos de *Leptinotarsa decemlineata* que han subsistido como invernantes desde el año anterior, de las suspensiones en agua de un arseniato de plomo, un producto a base de D D T y otro en que el principio activo es el gammahexano, representativos estos dos últimos de los mejores preparados agrícolas de esas series de insecticidas clorados, entre los de fabricación nacional, ofreciendo como resultado:

1.º La superioridad del insecticida a base de D D T sobre los otros dos, tanto en acción inmediata como persistente.

2.º A igualdad de concentración, diferencias significativas de mortalidad entre el arseniato de plomo y el producto de la serie 666, tanto en acción inmediata como persistente, y aun, respecto a esta última, para concentraciones del insecticida clorado superiores en un 25 % a las del arsenical, y

3.º Falta de significación entre las diferencias de mortalidad producidas por las concentraciones ensayadas en el producto a base de gammahexano.

# Contribución al estudio Anatòmico y Fisiológico de los Efipigerinos de la Sierra del Guadarrama, en especial del cuerpo adiposo y del Corpus Allatum

por HORACIO MARCO MOLL

## INTRODUCCIÓN

### INDICE TEMARIO

	Páginas
I. Introducción	128
II. Material	129
III. Técnica	130
IV. Breve resumen histórico sobre el cuerpo graso	131
V. Topografía del cuerpo adiposo de los Efipigerinos	132
VI. Cuerpo adiposo cefálico	134
VII. Cuerpo adiposo periférico subepitelial	136
VIII. Cuerpo adiposo lobular sincitial	138
IX. Cuerpo adiposo pericardial	141
X. Enocitos	142
XI. Aparato tricoglandular	143
XII. Resumen de los métodos histoquímicos para la investigación de lípidos	145
XIII. Investigación microquímica de lípidos en el cuerpo adiposo de los Efipigerinos	147
XIV. Investigación microquímica de otras sustancias de reserva	149
XV. Estudio del micetomo	150
XVI. Simbiontes en el seno de los Efipigerinos	151
XVII. Morfología del corpus allatum y su situación	153
XVIII. Estructura e histología del corpus allatum	154
XIX. Conclusiones	155
XX. Bibliografía	157

I

INTRODUCCION

El objeto de este trabajo es el de realizar un estudio sobre la contextura de tipo anatómico y fisiológico de los *Efipigerinos* de la Sierra del Guadarrama, con especial interés de la parte correspondiente al cuerpo adiposo y corpora allata. He elegido las especies correspondientes al género *Platystolus* y *Steropleurus*, que fueron identificadas por Bolívar.

El orientar el curso de mi trabajo hacia esos dos elementos importantes del cuerpo del insecto, ha sido para completar el estudio de los mismos, ya que no he hallado sobre ellos, con respecto a lo indicado, trabajo de clase alguna, a excepción de mi compañero Anadón, que ha realizado un estudio sobre los mismos insectos, al mismo tiempo que el que tengo el honor de exponer, pero orientado al estudio del tubo digestivo.

Este trabajo que he realizado puede servir como punto de partida para ulteriores investigaciones, que nos podrán dar una amplitud de información, sobre un grupo de insectos tan típicamente localizados en la Sierra del Guadarrama.

Se apreciará en este estudio, que hago una separación entre lo recogido como historial de los estudios realizados a través de los tiempos, tanto sobre el cuerpo adiposo como sobre el corpus allatum, y que otra parte corresponde a lo por mí observado, en el curso de mis investigaciones, rebatiendo aquellas afirmaciones que he hallado en algunos autores, que dándoles un carácter general, yo no lo he podido apreciar en los *Efipigerinos*, material base para el desarrollo de mi trabajo.

Antes de comenzar con la exposición de mis investigaciones debo de dar públicamente las gracias al catedrático de la Universidad de Madrid y jefe del Laboratorio de Fisiología Comparada del Instituto "Juan de Acosta" de Ciencias Naturales, señor Alvarado, tanto por los consejos como por su acertada dirección en mi modesto trabajo. Debo igualmente manifestar mi gratitud al catedrático de la Universidad de Zaragoza, D. Pedro Fernando, por darme facilidades para poder trabajar en el Laboratorio de su Cátedra, ya que, por motivos de mis servicios profesionales, me hallo en la ciudad cesaraugustana. Y, por último, expresar mi más sincera gratitud al catedrático de la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad de Zaragoza, don Julián Bernal, al facilitarme el uso de su microscopio universal Reichert, especial para las microfotografías.

## MATERIAL

Como material he elegido el *Platystolus martinezzi* Bol., dado a conocer como tal especie en el año 1878, en los anales de la Sociedad Española de Historia Natural, II, por D. Ignacio Bolívar; formas de gran tamaño, por lo general con una longitud aproximada a los 40 mm., las hembras provistas de su largo oviscapto que mide alrededor de los 30 mm. El color de los mismos es, por lo general, amarillo claro, desarrollándose por la Sierra del Guadarrama en grandes cantidades, y extendiéndose por los campos próximos a Madrid. Su desarrollo óptimo corresponde a los meses de mayo y junio, desapareciendo luego totalmente; coincide su desarrollo con la época de la granación del trigo y su recogida. En la Sierra suele vivir sobre las retamas. La otra especie, *Steropleurus stali* Bol., fué también dada a conocer por este sabio investigador en el año 1877, también en los Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, VI. Integran esta especie individuos de tamaño más reducido que en la forma anterior, la longitud del cuerpo no pasa de los 20 mm. y los oviscaptos de las hembras tienen una longitud de unos 17 mm. El color de estas formas es típicamente verdosa, muchas veces con manchas que tiran a un verde oliváceo; los élitros, que en la especie anterior son de amarillo claro, en el *Steropleurus stali* Bol. se nos manifiesta de negro oliváceo. Igualmente habitan en la Sierra del Guadarrama, estando su vida limitada a la altura, pues no se desarrollan en lugares que estén por debajo de los 1.000 metros sobre el nivel del mar; viven sobre matorrales, en donde se guarecen cuando el tiempo amenaza lluvia. Son, como todos los Etipigerinos, omnívoros, alimentándose de plantas, entre otras, las especies pertenecientes a los géneros *Senecio*, *Centaurea*, *Verbascum* y otros. Su ciclo vital adulto es sumamente reducido, no pasa en los *Steropleurus* de un mes y su aparición tiene lugar a últimos de agosto, estando su máximo incremento en el mes de septiembre. Tanto los *Platystolus* como los *Steropleurus* pueden capturar otros insectos o alimentarse de cadáveres de ellos, y aun llegan a devorarse mutuamente, como he podido apreciar. Son todos ellos de vida diurna. Tanto el macho como la hembra son capaces de emitir sonidos, mucho más potentes en el sexo masculino, realizados típicamente por el frote que realizan sus élitros entre sí, los cuales emiten normalmente dos notas rápidas que se repiten con ciertos intervalos.

Las hembras, con su largo oviscapto, realizan la puesta de huevos, siempre, en los dos casos a que me refiero, sobre el terreno, que ha de tener para ello una determinada consistencia y ciertas características apropiadas, ya que he podido apreciar que no todos los terrenos son aptos para tal función. Cada puesta consta de numerosos huevos, que son de forma

alargada y caracterizados por su peculiar aplastamiento en sentido longitudinal. De los huevecillos nacen las formas larvarias, que en este caso, por pertenecer al grupo de los Efipigerinos, son en todo semejantes a los individuos adultos, careciendo, como es natural en toda forma de tipo larvario, de la facultad reproductora, así como también de los órganos destinados a emitir el sonido.

Tenemos, pues, vistos en este bosquejo los caracteres más salientes de las formas que se estudian en el presente trabajo, tanto en el aspecto morfológico como en el anatómico. Una más detallada descripción de los citados insectos la tenemos en los trabajos citados anteriormente, por lo que a ellos remito al lector que le interese.

### III TECNICA

Para el estudio de los cuerpos adiposos he considerado conveniente fijar el material, previamente narcotizados los animales en cloroformo, en formal al 20 %. En algunos casos he utilizado como fijador el líquido de Bouin.

Teniendo en cuenta el grave inconveniente que presenta para el estudio de los cuerpos grasos aplicar durante la inclusión sustancias que alteran o disuelven a los lípidos, he juzgado pertinente aplicar el método de Ciaccio, basado en que las piezas se fijan en la mezcla:

Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub> K <sub>2</sub> al 3 % .....	100 cc.
Formalina .....	20 cc.
Ácido acético .....	5 cc.

durante 24 horas, pasando los cortes durante unos 7 días por una solución de bicromato potásico al 3 %, lavando dicho material en agua corriente, durante 24 horas. Ahora se incluye en parafina, tratando previamente el bloque en diafanol, para que la quitina se reblandezca. Se obtienen cortes de unas diez micras, que se tratan por Sudán III (solución alcohólica al 70 %) durante 30 minutos; se lava luego rápidamente en alcohol de 30°, se colorean a continuación los núcleos en hematoxilina, montando ulteriormente en glicerina-gelatina.

También he utilizado para la investigación los métodos tan conocidos de la hematoxilina-eosina, así como los de impregnación de plata, según variantes de Río-Hortega al tano-argentico de Achúcaro y método del carbonato de plata de Río-Hortega.

IV

BREVE RESUMEN HISTORICO SOBRE EL CUERPO ADIPOSO

En el transcurso de las investigaciones realizadas a través de los tiempos, referentes al estudio del cuerpo adiposo en los insectos, se ha llegado a establecer como verdad inconcusa, que el cuerpo adiposo no es una masa indiferenciada, sino que tiene una morfología claramente especificada. En efecto, en primeros estudios verificados por JANET (19), indica este autor que los rudimentos embrionarios del cuerpo adiposo, son grupos de células metaméricas de origen mesodérmico, las cuales se individualizan en la lámina mesodérmica embrionaria, unida al tegumento. La región en donde aparecen estos rudimentos es vecina a los estigmas. Admite que en el punto de contacto con los rudimentos adiposos es donde se originan los enocitos, así como ocurre con los adipocitos que, engendrados en un principio del período larvario, manifiestan su actividad durante la vida del insecto.

VANEY (46), en *Simulium* y *Chironomus*, admite que el tejido adiposo imaginal deriva directamente del tejido adiposo larvario. SCRIBAN y DRAGUT (38) admiten en *Simulium* dos clases de tejido adiposo, uno interno, que forma dos cordones longitudinales que se ramifican de trecho en trecho, con la particularidad de que en el extremo anterior del cuerpo se unen alrededor del tubo digestivo y del sistema nervioso, para dar lugar a una masa adiposa continua, que llena por completo la cavidad general de esta parte del insecto.

El otro es el que por su posición se le llama periférico, el cual se halla integrado por una capa monoestratificada de células. Esta capa se extiende únicamente por la cara dorsal y lateral del cuerpo del insecto, apoyándose sus bordes marginales en la cara interna del tegumento. Pero esta capa no forma una superficie continua, sino que se halla interrumpida al nivel de las inserciones de las fibras musculares longitudinales, que van a parar a la cara interna del tegumento, así como va provista de una serie de orificios que establecen comunicación entre la cavidad general y el espacio situado en la parte inferior del tegumento.

PHILIPSCHECHENKO (35) diferencia en *Colembola* dos formaciones en el cuerpo adiposo; una capa subepitelial periférica y un cordón interno que rodea, en un grado más o menos amplio, una gran parte del tubo digestivo. En los Acorútidos y Entomóbridos ese cordón interno se halla perfectamente segmentado, tanto en el tórax como en el abdomen. Esta metamericización indicada por PHILIPSCHECHENKO no es de carácter general, ya que falta en el grupo de los Esmintúridos. Por ello, se aprecia que la metamericización de dicho cuerpo adiposo es más bien propiedad congénita de grupo.

WIEEOWIEJSK aprecia en las larvas de *Chironomus*, *Corethra*, y *Culex* una regular disposición del cuerpo adiposo que se halla localizado en la parte superior del cuerpo.

VI

## REVISTA RESUMEN HISTÓRICO SOBRE EL CUERPO ADIPOSO

V

## TOPOGRAFIA DEL CUERPO ADIPOSO DE LOS EPIPIGERINOS

Vamos a estudiar la distribución del cuerpo adiposo en los Epiptigerinos. En ellos se pueden apreciar diversos tipos, los cuales clasifico en:

- a) Cuerpo adiposo cefálico.
- b) Cuerpo adiposo periférico subepitelial.
- c) Cuerpo adiposo lobular sincitial.
- d) Cuerpo adiposo pericardial.

Como se aprecia, admito la existencia de cuatro tipos diferentes, en contradicción a lo observado por diversos investigadores. Así, SCRIBAN y DRAGUT (38), en sus observaciones en *Simulium*, distinguen dos tipos, uno el llamado tejido adiposo interno, que aparece en forma de dos cordones longitudinales que se ramifican a lo largo de su recorrido y que se unen por el extremo, rodeando el tubo digestivo constituyendo una masa adiposa continua, que llena en parte, la cavidad general del cuerpo; y otro el tejido adiposo periférico, dispuesto en forma de láminas y del que se daban detalles en la página 131.

Se aprecia una falta del cuerpo adiposo en las patas, ya que, debido a su función especial, se hallan ocupadas totalmente por los paquetes musculares. En la cabeza hemos indicado la presencia del tejido adiposo, al cual le denominó *cuerpo adiposo cefálico*. En efecto, basta apreciar los esquemas de las figuras 1 y 2; la figura 1 representa un corte en sentido vertical de la cabeza, según un plano posterior a la inserción de los ojos, compuestos de un *Steropleurus stali*; la figura 2 representa una vista paralela a la anterior, pero en un plano vertical, oblicuo con relación al eje del cuerpo del animal, siendo esto la causa de que aparezca el ojo derecho y no el izquierdo. Este cuerpo adiposo adopta una disposición que difiere notablemente del que se aprecia en la normalidad de los casos. No constituye formaciones sincitiales, caso corriente en este tejido, ni aparecen disposiciones columniformes, sino que, por el contrario, distingue masas celulares que llenan ciertos espacios de la región cefálica, como se puede apreciar en la figura 1. Observo que se disponen en especial, rodeando el tubo digestivo (porción esofágica), particularmente en la porción superior, siendo caso raro que se presente en la parte inferior del mismo (véase en la figura 1 (a) y en la figura 2 (a); en especial, en ésta vista última, de tipo esquemático como la anterior, se ve que el cuerpo adiposo tiene una misión de relleno en esta parte de la región

cefálica, hallándose convenientemente asegurado el suministro de aire por medio de las tráqueas marginales que, rodeando la masa celular adiposa, emite las correspondientes traqueolas.

Pero no sólo se circscribe la presencia del citado cuerpo adiposo a lo ya visto en la región superoesofágica cefálica, sino que, también, aparecen masas celulares adiposas en la parte inferior de la cabeza. En la figura 1 se pueden distinguir las porciones *b*, que llenan el espacio que dejan libre los paquetes musculares; en la misma figura (*c*) rellena el espacio derecho, estando próximo a una de las glándulas salivares (ver figura 1 (*d*)). Análogas disposiciones se pueden apreciar en la figura 2, por lo que dejamos al lector la comparación de las dos. Aprecio, pues, en conclusión, que existe un tejido adiposo en la región cefálica dispuesto topográficamente en tres regiones: la superoesofágica y las dos porciones inferolaterales, derecha e izquierda.

El otro tipo que asigno es el *cuerpo adiposo periférico subepitelial*; Este tejido es el que se dispone por debajo de la capa subepitelial, a manera de capa más o menos continua. Se encuentra localizado por toda la región torácica y la abdominal. Llama la atención el que en la región torácica se nos presenta con un desarrollo sumamente reducido, que contrasta con la región abdominal, en el cual se presenta notablemente desarrollado, en especial el que se halla localizado ventralmente. Se pueden seguir los dibujos esquemáticos representativos, en las figuras 3, 4 y 5. En la figura 3, que representa un corte en sección vertical del abdomen, se puede ver esa especie de manto o capa, que se halla desarrollada por debajo de la capa subepitelial. La continuidad de esta especie de manto, que constituye el cuerpo adiposo periférico, se halla interrumpido por la presencia de los paquetes de fibras musculares longitudinales dorsales y ventrales (figuras 3, *e* y *f*). En la figura 4, representación esquemática de la porción dorsal de un *Platystolus martinezzi*, se puede observar el gran incremento que adopta el cuerpo adiposo, pero en donde constituye una verdadera masa es en la región ventral (véase la figura 5). Hay que hacer resaltar el hecho notable de que el cuerpo adiposo ventral se dispone en masas irregulares, de células bien delimitadas y hallándose intercaladas entre ellas una gran cantidad de enocitos. En cambio, las células adiposas localizadas, en la región dorsal y lateral, se presentan en grupos columniformes, por lo general en número reducido de células, que suelen tener como base algún enocito, que en ciertos casos se halla intercalado entre las células adiposas. Suelen estar por lo general, dichas formaciones columniformes sobre algún conducto traqueal, como se distingue en las figuras 6, 7, 8 y 16.

Hay que mencionar el *cuerpo adiposo lobular sincitial*, que se halla en mayor proporción en las hembras que en los machos, y es el que los autores llaman cuerpo adiposo interno. Se halla integrado por masas sincitiales de tipo lobular (véanse figuras 9, 10 y 11). Rellenan el espacio comprendido entre el tabique pericárdicodiafragmático, tubo digestivo y glándulas sexuales, siendo siempre exclusivo de la región abdominal.

El *cuerpo adiposo pericardial* es el que se halla constituido por cé-

lulas que rodean el corazón o vaso dorsal (ver figura 22-g). Son células que se encuentran en gran cantidad y suelen a veces insinuarse entre las células adiposas periféricas (figura 25).

Este cuerpo adiposo manifiesta en la parte central de las células que lo forman, una vacuola de gran tamaño, de cuyas características hablaré en lugar oportuno, mientras que las células adiposas periféricas presentan numerosas vacuolas.

## VI

### CUERPO ADIPOSO CEFÁLICO

En la parte referente a la topografía del cuerpo adiposo mencionaba, como una variedad, el llamado *cuerpo adiposo cefálico*. En las obras diversas que he consultado, como las de WEBER (50), IMMS (17), y BERLESE (4), no he podido apreciar una clara separación de este cuerpo adiposo. IMMS sólo admite dos tipos de cuerpo adiposo, el que denomina capa parietal y el que llama capa visceral, en el que probablemente engloba mi cuerpo adiposo cefálico. H. WEBER establece una disinción análoga a la que da IMMS, admitiendo que, en muchos casos, se suele presentar el cuerpo adiposo con una clara metamorfización.

Observado el cuerpo adiposo cefálico al natural, sobre ejemplares recién sacrificados, veo que se presenta normalmente blanco, en formaciones más bien de tipo lobular, que llenan los espacios vacíos que dejan los músculos cefálicos y cuya situación se aprecia en las figuras 1 y 2. El conjunto de esas masas celulares adiposas se halla rodeado por una especie de tenue túnica, normalmente incolora, que permite apreciar por transparencia la coloración del cuerpo adiposo propiamente dicho.

Observando a grandes aumentos, se puede distinguir lo que nos ofrecen las figuras 20 y 14. En la figura 20, vista en un aumento de 150 diámetros, en tinción a base de hematoxilina-eosina, se aprecia una masa de células adiposas con la característica tan corriente en ellas, de apoyarse sobre tráqueas, que aseguren en lo posible una máxima aireación; muchas veces atravesadas por traqueolas, que se insinúan por entre las células.

Estas células adiposas tienen un contorno irregular, a veces poligonal, debido a la estrechez del espacio en el que se hallan situadas; en muchas ocasiones se destacan formaciones columniformes que demuestran que se han originado por procesos de división, verificados en un mismo sentido, sin que se separen por sus membranas. Las células integrantes tienen un tamaño que oscila alrededor de las 37 micras de longitud por 13 micras de ancho, aun cuando pueden estar igualmente desarrolladas en

los dos sentidos, quedando compensadas tales medidas, estableciéndose en este caso una medida aproximada de 20 micras de diámetro. La membrana es gruesa, birrefringente, como se aprecia en la figura 14. En su interior distingo un núcleo, en forma generalmente ovalada, algunas veces elipsoidal, raramente esférica, o en contados casos de contorno irregular. El tamaño de los mismos oscila entre las 5 y 6 micras. La membrana nuclear aparece, en la mayoría de los casos, bien teñida, por lo que los núcleos se hallan perfectamente delimitados; en el interior aparece una masa, teñida más o menos uniformemente de oscuro, translúcida, de estructura vacuolar. Los contornos de estas vacuolas nucleares son claramente cromófilas, no tienen un contorno continuo, sino que se hallan constituidas por una serie de gránulos, de tinción ácido-cromófila, que alternan con otros de carácter cromófobo. Esta estructura reticulada nos muestra claramente la presencia de la cromatina propiamente dicha. No presentan tales células un nucléolo preciso; los gránulos que distingo en los núcleos de la figura 19 son los llamados pseudo-nucléolos que designan los autores.

El citoplasma es aparentemente homogéneo, con finísimas granulaciones, delimitando espacios vacuolares de tamaño diverso. En él se encuentran cristales, ya aislados (figura 14 b), o ya en concreciones (figura 14 c). Se trata, pues, de células adiposas que almacenan, en cantidad más o menos apreciable, ácido úrico bajo la forma de uratos. La presencia de tales sustancias se realiza mediante la prueba de la murexida, según el método indicado por L. HALLMANN (13), ya que tratando el tejido adiposo cefálico, de animal recién sacrificado (previamente colocado en un pocillo de porcelana), con una gota de ácido nítrico al 10 %, y sometiéndolo después el trozo objeto del análisis a un cuidadoso lavado en agua destilada, he observado, al cabo de unos minutos, que se distinguen unas zonas teñidas de rojo, las cuales, sometiéndolas a la acción de vapores de amoníaco, viran a una coloración purpúrea que denuncia la presencia de ácido úrico y de uratos.

Si se analiza el contenido úrico de estas células y se compara lo hallado por otros investigadores, me encuentro con que MARCHAL (29) afirma la existencia en el género *Pelopée* (esfégido) de células con uratos, no localizadas en una determinada región del cuerpo, como lo he apreciado en los Efipigerinos, sino diseminadas en el espesor del cuerpo adiposo. Asigna a tales concreciones úricas un tamaño de 15 micras; en el caso de los Efipigerinos el tamaño que he podido apreciar es de una milímetro. JANET (19) los aprecia igualmente en los Himenópteros, pero localizados en los adipocitos normales del insecto.

Como se puede ver en la figura 14, las concreciones úricas aparecen bajo la forma de vesículas, que encierran un glóbulo refringente, de tamaño ya indicado anteriormente, el cual no llega a una milímetro. Por la forma en que se presentan esas concreciones, se hallan cristalizadas, no líquidas, como presupone JANET, las cuales proceden del metabolismo endógeno, correspondiente a la región cefálica, la cual, careciendo de aparato especial para ello, una parte de los productos del citado metabolismo

serán arrastrados por la corriente sanguínea; pero otra parte será retenido por las citadas células, para bloquearlas y pasar a formar una materia inerte. Es evidente, que de seguir este proceso de un modo continuo se podría llegar a ocupar todo el protoplasma de las células adiposas céfálicas y determinar la destrucción de las mismas; pero hay que hacer observar que se trata de insectos de vida efímera, pues a lo sumo llevan un mes de vida adulta, ya que en los primeros estados de su desarrollo se producen procesos lisigénicos y regeneradores de tejido.

También se observa la presencia de vacuolas en el seno del protoplasma. Estas vacuolas (figura 14 d) se presentan vacías por haberse disuelto la materia grasa que lo contenía.

## VII

### CUERPO ADIPOSO PERIFERICO SUBEPITELIAL

Bajo el nombre de cuerpo adiposo subepitelial incluyo todo aquel conjunto de células adiposas que, generalmente agrupadas en formaciones columniformes, se hallan localizadas por debajo de la capa subepitelial. Se encuentra distribuido por toda la porción periférica subepitelial del cuerpo del insecto, tanto en la región abdominal como en la torácica. El aspecto general puede apreciarse en las microfotografías de las figuras 16, 17, 18, 19, 33, 34, 41 y 42 y en los dibujos de las figuras 6, 7, 8, 23, 24, 25 y 26.

Como puede verse (figura 16), tiene una disposición típicamente columniforme, con membranas perfectamente visibles y siempre colocados los citados paquetes en las proximidades de las tráqueas, o bien directamente acoplados a ella (figuras 6, 7 y 8). El tamaño de las células es alrededor de las 35 micras, uninucleadas, y un protoplasma de estructura típicamente vacuolar. En la figura 19 distingo una vacuola de gran tamaño; en el resto del citoplasma noto la existencia de unos corpúsculos, con membrana y núcleo claramente teñidos, por lo que hay que admitir la presencia de gérmenes de tipo simbióntico, a los cuales se hallan intimamente ligados. Estas células adiposas poseen un voluminoso núcleo con un gran nucléolo. La membrana nuclear aparece bastante bien delimitada, y en el interior del núcleo distingo, además del ya citado nucléolo (b), una serie de diversos granos de cromatina, no muy abundantes, aislados en el seno del jugo nuclear; éste aparece más concentrado hacia la parte periférica.

Hay disposiciones del cuerpo adiposo que se manifiestan algo distintas a las ya citadas, y así, en la figura 24, que representa un conjunto de células adiposas, localizadas bajo la capa subepitelial, veo en primer lugar núcleos voluminosos, con una membrana perfectamente diferen-

ciada, que destaca del resto del conjunto celular. La forma del núcleo, variada (en el dibujo adjunto se puede apreciar), puede ser esférica, ovalada, o de contorno irregular, con un tamaño entre 14 y 28 micras; la materia cromática aparece dispuesta en forma granular, ocupando los centros de las vacuolas o, mejor dicho, las redes gruesas de cromatina; destaca siempre un núcleo, que suele hallarse en el seno de una formación refringente, no teñible por el colorante empleado (primera variante tano-argéntico). El citoplasma aparece lleno de formaciones granulares, que destacan en forma de zonas, unas más teñidas que otras; tales formaciones granulares no son nada más que los simbiontes alojados en el seno citoplasmico, cuyas membranas delimitan la formación simbiontica apelmazada. En el citoplasma aprecio (d) el vestigio de una primitiva vacuola grasa que, en vías de degeneración, va siendo invadida por los gérmenes simbionticos.

Disposición muy análoga se puede apreciar en la figura 25, la que se puede considerar como un estado evolucionado del tejido adiposo subepitelial, con tendencia a adquirir aspecto sincitial. Arecio que el contorno de las células, en lo que concierne a las membranas colindantes, destinadas a establecer la separación intercelular, se hallan reabsorbidas, quedando como único vestigio, de los primitivos elementos celulares que integraban tal reunión, los núcleos, por lo que forma un conjunto sincitial. Como observé al estudiar el caso anterior, vislumbro células simbionticas, en su generalidad de gran desarrollo, con espacios vacíos, refringentes, que contienen materias lipídicas. Estas células manifiestan todavía su primitivo carácter graso, pero que van siendo reabsorbidos dichos materiales por la presencia de gérmenes. Idénticas consideraciones se pueden establecer en la figura 26, en la que distingo células como la (d), que lleva vacuolas con inclusiones úricas. En la figura 34 aparece bien palpable esta invasión, que experimentan las células adiposas del tipo que estoy estudiando.

Por ello establezco que el tejido adiposo periférico subepitelial tiene una personalidad propia, dentro de los Efipigerinos, presentándose en células uninucleadas, las cuales se agrupan en formaciones columniformes, y cuando se disponen en masas se aprecia una tendencia a la constitución sincitial. El contenido protoplasmático se halla, en un principio, repleto de vacuolas con materias grasas, y en estados evolucionados aparece infectado de simbiontes.

En este tejido observo la presencia de concreciones úricas, aunque no en grado tan acentuado como se puede apreciar en la células del tejido adiposo céfálico. La disposición de los cristales de ácido úrico y uratos ha sido objeto de múltiples estudios.

Así, PHILIPTSCHENKO (35) distingue dos tipos de células, que son capaces de almacenar tales cristales; unas, que son las propias células adiposas, y otras, las que él llama células úricas propiamente dichas, que aprecia en los Colémbolos. Estas células son de gran tamaño (250 micras), estando las citadas concreciones desplazadas parietalmente y observándose como esferocristales birrefringentes.

Hay autores, como MARCHAL (29), que asignan al cuerpo adiposo un papel de tipo excretor, o sea que sustituyen en parte, si no en su totalidad, a la función que realizan los tubos de Malpighio, afirmando que se presenta en los casos de metamorfosis de los coleópteros. Interpretación análoga da BERLESSE (3), el cual no admite que la presencia de las concreciones úricas sea debido a una función propiamente excretora del propio cuerpo adiposo, sino que aparecen con motivo de su propio metabolismo endógeno, que al no poder ser evacuados previamente por los tubos de Malpighio, en ciertas fases de su vida, como es en los momentos de las mudas y metamorfosis, por un exceso de substancias a eliminar, da lugar a que resten en el seno celular de la célula adiposa, por un tiempo más o menos largo, finalizando últimamente por salir de la citada célula. Como se ve, en el momento actual no es posible afirmar si las concreciones úricas se encuentran exclusivamente en células especiales, células úricas, o bien en las células adiposas.

Sobre la constitución química de las citadas concreciones úricas indicaré aquí, a título de información histórica, que, por ejemplo, PHILIPTSCHENKO (35) asegura que son solubles en los ácidos y en el agua, suponiendo que la constitución química sea la de una sal sódica del ácido úrico. En los Efipigerinos no he podido determinar si se trata en verdad del cuerpo puro en sí, o de alguna sal.

Sobre la forma de tales concreciones hay que tener en cuenta la existencia de diversas opiniones; así, MARCHAL (29) halla en los Himenópteros una especie de núcleos, del que salen unas radiaciones, que tratadas por el ácido acético quedan por completo disueltas, restando únicamente una finísima membrana, que es la que rodeaba al gránulo cristalizado. El hecho de que este autor afirme que las concreciones úricas se hallan en la proximidad de la línea lateral y en el cuerpo adiposo del lado ventral, no lo he podido apreciar.

### VIII

#### CUERPO ADIPOSO LOBULAR SINCITIAL

Otro de los tipos que he señalado, es el que designo con el nombre de *cuerpo adiposo lobular sincitial*. Este cuerpo adiposo se presenta en fresco como unas masas, de tipo más o menos lobular, de color blanco amarillento y consistencia más bien grasa. Se echa de ver en los Efipigerinos estudiados, *Steropleurus stali* y *Platystolus martinezzi*, un desarrollo desmesurado en las hembras, pues ocupa todo el espacio que rodea el tubo digestivo en su porción abdominal, insinuándose por entre los ovariolos. En los machos se halla igualmente presente, pero siempre desplazado hacia la parte periférica en el cuerpo del animal, es decir, se halla unas ve-

ces intercalado por entre las células adiposas pericardiales, o bien por entre los enocitos (ver figura 35).

Observadas esas formaciones lobulares al microscopio, se presentan en el aspecto que se puede apreciar en las figuras 9, 10, 11 y 47. La figura 9 representa una formación lobular sincitial, de las que se hallan introducidas por la parte periférica del cuerpo del animal. A pocos aumentos, tiene un contorno claramente lobular, con los núcleos poco patentes. pues apenas se han teñido con la hematoxilina férrica de Heidenhein. En cambio, aparecen claramente diferenciadas unas finísimas granulaciones, de cuya naturaleza hablaré en lugar oportuno. En los *Platystolus* machos no he podido identificar una membrana perilobular, por lo menos que sea teñible, si bien con diafragma muy cerrado se vislumbra una envuelta, gracias a fenómenos de refringencia. En las hembras se aprecian (figura 10) unos lobulillos que considero primarios, con una envuelta que se tiñe con relativa facilidad por la hematoxilina. Estos lobulillos primarios se subdividen en otros secundarios mediante unas cisuras que bordean a los citados lobulillos secundarios. Aunque es bien cierto que se echa de ver que se está frente a un caso sincitial, hay que presumir que esas cisuras incoloras, apenas visibles, representen el esqueleto de lo que en un principio debería ser ocupado por la membrana propia de la célula, y en apoyo de este aserto tengo el hecho palpable de que a cada lobulillo secundario le corresponde un núcleo y de que en ciertos puntos de la preparación, y aun en el mismo dibujo de la figura 10 lo hago resaltar, aparecen vestigios de esas membranas que quedan como reliquias que me sirven para reafirmarme en el carácter pluricelular que en un principio presentaba, el que es actualmente un conjunto de lóbulos primarios sincitiales. La masa protoplasmática se halla integrada por una gran cantidad de pequeñas granulaciones que, observadas a grandes aumentos, no son más que elementos vivos, simbiontes, que hallan su modo de vivir en el seno de esta masa adiposa (figura 24).

Por último, hay que citar la presencia de los núcleos (figura 12 y 13). Estos presentaban, en primer lugar, una membrana perfectamente tingible, con la particularidad de que la cromatina tiende a disponerse parietalmente. Distingo a los núcleos, en diversos estados de evolución, que se traduce en la forma con que se halla dispuesta la cromatina. En estado que se pudiera llamar normal, se presenta (figura 13 a) con una estructura típicamente vacuolar, las mallas del retículo con granulaciones cromófilas y cromóbolas, y en el centro gruesos gránulos de cromatina, dominando siempre uno de ellos por su tamaño, al que hay que considerarlo como un verdadero núcléolo (figura 13 b). El jugo nuclear no aparece uniformemente constituido, por lo que hay que admitir distintos estados de condensación del mismo. Esto indicado, es la estructura típica que he podido apreciar en todos los núcleos del cuerpo adiposo sincitial de las figuras 9, 10, 11 y 47.

Pero no todo este cuerpo adiposo lobular sincitial presenta una característica uniforme, sino que a trechos, sin obedecer a una ley precisa, se ven desperdigadas unas masas, de tipo lobular, de contornos precisos,

de tamaño relativamente grande, una décima de milímetro y sumamente ricas en núcleos (ver figuras 11 y 47), a las que llamaré *masas generadoras adipocíticas*. En la figura 12 se observa una de estas masas, la cual manifiesta, en primer lugar, una membrana claramente diferenciada, que la rodea por completo, a excepción de los extremos inferiores. En su interior distingo una masa finamente granulosa, que rellena todo el ámbito de la masa que se estudia (figura 13). Los núcleos, que en gran abundancia ocupan toda esta porción, se hallan encerrados en una especie de cápsula, siempre perfectamente individualizada. El espacio que queda entre la formación nuclear y la pared capsular aparece intenible. Los núcleos se presentan en distintos estados de evolución; así, en la figura 12 se ve que en el (c) y (d) se hallan los núcleos en vías de división, por lo que la formación capsular se alarga para experimentar después una división conjunta y constituir dos cápsulas, que en un principio se hallan juntas (ver figura 12 e). Estos núcleos, por un desplazamiento que experimentan, serán los que después, rodeándose de una pequeña porción de protoplasma indiferenciado, irán regenerando y constituyendo el tejido adiposo lobular sincitial. Así, se pueden apreciar los distintos estados evolutivos de los elementos nucleares; en la figura 13 (c) se ve que el núcleo va experimentando una evolución, pues las mallas de cromatina desaparecen (d), presentándose más claros y evidentes los gruesos granos de cromatina que ocupaban los centros de la red. El núcleo señalado con la letra e, en la figura 13, muestra un ligero proceso de estrangulamiento, indicio de su ulterior división, apareciendo ya, tanto los gránulos cromáticos esfumados, como los granos que destacan notablemente, casi completamente distribuidos para su participación y adecuada distribución. En las obras consultadas no he podido encontrar dato alguno ni mención referente a estos cuerpos, que aparecen intercalados entre el cuerpo adiposo lobular sincitial, por lo que hay que presumir que se trata de una característica exclusiva de los Efipigerinos.

Me queda, por último, hacer resaltar la presencia de pequeños organismos, de tipo simbióntico, de los cuales hablaré oportunamente; estos simbiontes se les puede ver en la figura 23, que representa un corte de lóbulo adiposo sincitial, así como en las microfotografías correspondientes a la figura 35, en donde aparecen invadiendo totalmente la masa adipocítica, y en las figuras 39 y 40; en la primera de éstas se aprecia cómo uno de estos lóbulos se ha reventado, dejando en libertad a los simbiontes, que seguirán realizando, de un modo continuo, el proceso de infestación, y la figura 40, detalle de la anterior, con los simbiontes a mayor tamaño.

IX

TEJIDO ADIPOSO PERICARDIAL

El tejido adiposo pericardial es un tejido que muchos autores no consideran como de naturaleza adipocítica. Sus células fueron descubiertas por LEYDIG (25), que las designó con el nombre de células pericardiales. Estas células se extienden por encima del tabique pericárdicofragmático (ver figura 22), hallándose perfectamente individualizadas. En las citadas células se puede distinguir una membrana perfectamente delimitada, apreciándose en su interior que el citoplasma se encuentra desplazado hacia la porción periférica, quedando en la parte central como un espacio a modo de gran vacuola, en el cual yace el núcleo celular (figura 43). Este núcleo se halla fuertemente vacuolizado (figura 25), con la sustancia cromática dispersa de un modo regular: el tamaño del mismo es de 14 micras de diámetro, mientras que el de la célula al cual pertenece es de 30 a 40 micras. El origen de estas células es mesodérmico, según apreció HEYMANS (1).

Diversos autores señalan en las células adiposas pericardiales transformaciones diversas, y así, por ejemplo, HOLLANDE (16) aprecia una multiplicación activa de las células en el proceso de la ninfosis; VANNEY (46) no aprecia cambios sensibles en la ninfosis del *Chironomus*. En otros géneros distingue, a lo más, un ligero proceso fagocitario. En el caso de los Epiptigerinos he apreciado una constancia en la disposición de tales células, con la sola modificación de que en los primeros estados la porción central de la célula aparece fuertemente vacuolizada y en las formas adultas pasa a constituir una gran vacuola.

Esta gran vacuola da las reacciones de las proteínas, por lo que hay que considerarla como un reservorio de estas sustancias. En las formas jóvenes, algunas vacuolas contienen sustancias grasas, que probablemente deben ser digeridas por los simbiontes, que en gran cantidad se encuentran en las células adiposas pericardiales. En efecto, se puede comprobar (figura 25) que la porción periférica del citoplasma de estas células se halla ocupada por otras células que manifiestan un contenido homogéneo, en el seno del cual se hallan desperdigados unos gránulos del tipo de la cromatina, verdaderos cromidios, que acaso pudieran ser considerados como fases de división, como así opina ANADÓN (1). Hay que considerar que estos gérmenes son formas del tipo de las levaduras. En los primeros estados del desarrollo de estos insectos me encuentro con la presencia de los citados simbiontes, por lo que hay que considerar que éstos, siendo llevados por el huevo, realizan un proceso de infestación sobre los esbozos germinales, que darán lugar a la constitución del tejido de las células adiposas pericardiales.

pectos de este aparato. En la microfotografía (figura 16) se puede apreciar la existencia de un pelo aparentemente aislado, pero que en otros cortes veo que la citada cerda, aparentemente hueca y aislada, sin conexión de clase alguna, se halla intimamente relacionada con un tubo que atraviesa la cutícula y va a terminar en una formación típicamente glandular (figuras 15, 21 y 22).

Vamos a ver los elementos constitutivos de este aparato: en primer lugar se aprecia la cerda, que, como se ve en las figuras 16 y 44, presenta las mismas características tintoriales que la exocutícula (figura 18 a); aunque en la figura no se aprecia, se halla recorrida la cerda en toda su longitud por un conducto hueco, uniforme, que atraviesa la exocutícula para desembocar en la capa subepitelial. La cerda presenta en su base un sistema articular, que le permite realizar ciertos movimientos limitados. Como se ve en la figura 18, la cerda en cuestión no se aplica directamente sobre la endocutícula, sino que ésta se halla provista de un ensanchamiento esferoidal, que, a la vez que sirve para un perfecto encajamiento del pelo, permite que, actuando a modo de rótula, pueda realizar algunos movimientos. La superficie de encaje se halla constituida por la exocutícula, que se insinúa en la endocutícula.

La glándula propiamente dicha presenta ligeras modificaciones, según se trate de un *Platystolus* o de un *Steropleurus*. Comparando las dos figuras (15 y 21) se aprecia que el conducto glandular en *Steropleurus* no es de luz constante, sino que comienza en un pequeño estrechamiento existente en la parte basal de la cerda propiamente dicha, ensanchándose acto seguido en forma de bolsa. Todo el conducto se halla revestido de una capa monoestratificada de células de contorno isodiamétrico, de un tamaño que oscila entre las 5 y 7 micras. Estas células se caracterizan por poseer un núcleo, poco rico en cromatina, y un protoplasma refringente, carente de vacuolas y con algunos gránulos de naturaleza secretora. En la parte basal existen células más voluminosas que las que ocupan una posición parietal, pero no tienen la misma misión que las citadas anteriormente. Su tamaño, de unas 12 micras y, al igual que las descritas a lo largo del canal, la secreción se engendra por la reunión de materia citoplasmática, bajo la forma de gránulos de reacción ácido-cromófila. Esta sustancia pasa, a través de la membrana, al conducto de la cavidad central, de donde se expulsa al exterior.

En *Platystolus* el conducto es de luz constante, hallándose constituido por una serie de células columniformes, uninucleadas, que no son nada más que células mioepiteliales, que tienen la misión de provocar la expulsión del contenido glandular, al contraerse previamente, y el de facilitar los movimientos de la cerda terminal. En la porción basal se halla un conjunto de células, en número variable, que oscila entre 4 y 7, con un tamaño aproximado de 14 micras de longitud, encerradas en una especie de bolsa, cuya pared tiene la misma naturaleza que la membrana basal. Estas células aparecen ricamente repletas de gránulos de secreción, las cuales muestran una marcada reacción ácido-cromófila, que determina el total enmascaramiento del núcleo celular. Se aprecia en este caso cómo

la sustancia segregada queda retenida dentro de las células, por lo que a éstas hay que considerarlas como células merocrinas.

## XII

### RESUMEN DE METODOS HISTOQUIMICOS PARA LA INVESTIGACION DE LIPIDOS

En los momentos actuales puede decirse que la histoquímica de las materias grasas no ha alcanzado todavía un grado perfecto. Por ello, indicaré de un modo somero los métodos técnicos que se conocen y que he aplicado para el estudio del cuerpo adiposo.

La grasa que se halla en el cuerpo adiposo no se encuentra en muchos casos libre, sino que se presenta enmascarada, por hallarse unida a un complejo proteico que actúa a modo de sostén y, por lo tanto, al aplicar el método histoquímico no se identifica la grasa, siéndolo únicamente cuando ha sido sometido el tejido en cuestión a una digestión de tipo proteico, cuando, por quedar las sustancias grasas libres, se pueden identificar las mismas.

Uno de los autores que ha realizado estudios sobre esta cuestión ha sido CIACCIO (7), el cual ha aplicado métodos para la identificación de las grasas. Pero el método más seguro para dicha investigación es el empleo de materias colorantes exentas de grasa, como son, por ejemplo, el Sudan III y el escarlata R. En la actualidad, el uso de colorantes específicos de la grasa, como son las soluciones de clorofila, indofenol y caroteno, no significan un gran adelanto histoquímico en lo que a sus resultados se refiere.

Un método inseguro, aunque útil en el aspecto morfológico, es la investigación de la grasa por medio del tetraóxido de osmio. En primer lugar, se obtiene una coloración casi negra a raíz de la reducción que experimenta el  $\text{OsO}_4$ , por obra de la materia grasa, en especial por el grupo no saturado  $-\text{CH}=\text{CH}-$ , como en el ácido oleico, al que siguen después como reaccionantes sin importancia los ácidos saturados esteárico y palmitíco. Hay que hacer resaltar que en este método histoquímico ejerce una notable influencia el alcohol, el cual da lugar a una coloración secundaria negruzca, cuyo significado no está en la actualidad perfectamente aclarado. En opinión de BERG, según cita ERICH RIES (37) en su trabajo, debe de quedar retenido el  $\text{OsO}_4$ , por la grasa, efectuándose una reducción secundaria por el alcohol. En los análisis histoquímicos de las materias grasas suele utilizarse la luz polarizada, mas no da, a pesar de todo, un resultado seguro, de ahí que las mezclas de diferentes sustancias grasas dependa en la cualidad óptica de si se halla en estado líquido, sólido

amorfo o bien cristalizado. Los glicéridos son más aceptables para el estudio, ya que reflejan sencillamente las gotas líquidas, habiéndose apreciado que a baja temperatura se manifiesta la doble refracción de las agujas cristalizadas de tripalmitina y de triestearina.

Las materias lipídicas que se identifican mejor por su comportamiento óptico, son la colesterina y los colestéridos, los cuales suelen presentarse en láminas rómbicas birrefringentes, o bien en cristales esféricos. A temperaturas elevadas se forman cristales semejantes al de los glicéridos y ácidos grasos, con cuatro extinciones en giro, bajo nícolas cruzados. Por experiencias realizadas, los colestéridos teñidos por el Sudan III pierden su birrefringencia o se debilitan si se hallan sometidos a la acción de otros colorantes. De un modo análogo se comportan las lecítinas y otros lipoides, por lo que estas sustancias no pueden ser investigadas a la acción de la luz polarizada.

Otro método de investigación es el de Smith-Dietrich, para los lipoides, ya que se basa en una previa oxidación por el bicromato potásico con cromo y coloración ulterior con hematoxilina.

La investigación de lipoides por CIACCIO (7) se basa en un amplio tratamiento por el bicromato potásico, haciendo la inclusión en parafina y coloreándose por el Sudan III/.

Para la investigación de los fosfolipoides y galactolipoides utiliza CIACCIO el método basado en que estas sustancias son insolubles en acetona con adición de sales de cadmio, ya que si no se adiciona esta sal de cadmio el lipoide forma una solución claramente emulsionada y coloidal, y por ello se extraería en primer lugar, juntamente con la colesterina, con la que se encuentra en mezcla al ser tratado por la acetona.

ROMIEU comprueba la lecítina con el iodo, en cortes de parafina, después de una previa hidrólisis con el ClH, auxiliado con calor, semejante al método utilizado por la investigación de la iodocolina.

Modernamente se utiliza la digitonina para la investigación de la colesterina. Por medio de dicha sustancia se obtienen unas agujas cristalizadas birrefringentes, de digitonicolesterina. Esta reacción es específica de la colesterina.

A. SCHULTZE (100) ha investigado la colesterina y su ester en cortes obtenidos por congelación, y previamente tratados con ácido sulfúrico y acético glacial, da una reacción coloreada no muy clara, por lo que es preciso ir a la reacción de la digitonina, o bien utilizar la reacción de Liebermann-Burchardt, o sea que una solución clorofórmica de la colesterina da con anhídrido acético y ácido sulfúrico concentrado, una coloración que pasa sucesivamente de rojo, azul, violeta, a verde oscuro, que ya es estable.

Otra reacción importante es la que dió SCHULZ, en la que se trata previamente los cortes por una solución alúmica de hierro, que da lugar a la formación de una oxicolesterina, la cual se manifiesta de un modo claro, si se finaliza el ensayo tratando posteriormente la preparación por una mezcla de ácido acético y sulfúrico.

Reacción típica de los lípidos es la reacción plasmal de FEULGEN, que

cita en su obra LEHNARTZ (24), basada en las existencia de una sustancia, de carácter lipoide, conocida bajo la denominación de plasmalógeno, que se presenta en la forma plasmal, conjunto de aldehidos de ácidos grasos superiores. Dicha reacción se obtiene por manipulación con el sublimado, que determina la aparición de dichos aldehidos.

De todo ello se deduce que los métodos histoquímicos ayudan de un modo aceptable al estudio e investigación de los lipoides, y que he aplicado obteniendo resultados positivos en el curso de mis investigaciones sobre el cuerpo adiposo del material que he investigado.

### XIII

#### INVESTIGACION MICROQUIMICA DE LIPIDOS EN EL CUERPO ADIPOSO DE LOS EFIGERINOS

Como primer recurso para poder identificar la presencia de lípidos en el citado cuerpo se realizó la prueba del Sudan III, apreciándose gránulos de pequeño tamaño, coloreados en rojo anaranjado. Esto se realizó en cortes pertenecientes a la región abdominal. Análogos resultados se han obtenido operando sobre los lobulillos grasos. A este respecto tenemos el resultado, claro y evidente, de que operando en condiciones idénticas sobre tales cortes histológicos, pero siempre tratados por el negro Sudan B y el rojo Sudan B, aparecen fuertemente coloreados.

Mas para tener la evidencia de que esos materiales son, en efecto, lípidos, he tratado por el Sudan III cortes previamente atacados por disolventes de los lípidos, como alcohol y cloroformo, durante 48 horas, tiempo que he considerado suficiente para que tal efecto disolvente pudiera tener efecto. En lugar de los gránulos rojos se aprecian unos espacios vacíos, que, comprobados con otros cortes seriados, demuestran que, en efecto, lo apreciado en el primer experimento era la existencia clara y real de lípidos. De ello se deduce que este cuerpo adiposo presenta como elementos constituyentes sustancias que caen dentro del grupo de los lípidos.

Ahora es necesario identificar, lo más exactamente posible, los cuerpos que constituyen el contenido lipídico de las células adiposas de los Efigerinos. Como materias lipidas debo recordar que se establecen tres grandes grupos: el de los lípidos simples, que comprenden grasas y ceras; el de los lípidos compuestos y el de los lípidos derivados, según la clasificación que hace acertadamente GARCIA BLANCO (12). Como el análisis directamente químico es sumamente complejo y difícil de realizar, procuraré, valiéndome de los métodos histoquímicos, el precisar en lo posible la composición química de los cuerpos grasos de los Efigerinos objeto de estudio.

(a) *Lipidos simples*.—De las ceras queda descartada su presencia, pues ya se sabe que esas sustancias son un producto de secreción de tipo protector.

En lo concerniente a las grasas he aplicado el sulfato azul de Nilo, dando la reacción correspondiente, que me permite asegurar la presencia de grasa neutra en el cuerpo adiposo de mis insectos.

Observando los cortes bajo la acción de luz polarizada no he podido apreciar nada de particular, cuando están bajo los nícolas cruzados, o sea que se muestran claramente isótropas. Hay que tener en cuenta que este procedimiento de identificación, como indicaba en las generalidades, se halla sujeto a variaciones, pues depende de si la materia lipídica está cristalizada o no, y esto está íntimamente relacionado con la temperatura a que se haga la prueba.

(b) *Lipidos compuestos*.—Para la determinación de los lípidos compuestos es prueba típica la de CIACCIO (7), pues si bien es cierto que no se pueden dar sus resultados como seguros, están en contra de ello diversos investigadores, ya que muchos admiten que los lípidos compuestos no se identifican por este procedimiento, y si por los ácidos grasos, como defienden FAURE FRENINET, MAYER et SCHAEFFER (10 y 11). Pero, a pesar de ello, considero como más seguro este método, pues se sabe perfectamente que los lípidos compuestos quedan insolubles por un tratamiento fuerte y prolongado de bicromato potásico, lo que he podido comprobar tratando luego los cortes con Sudan III. Lo que indica CIACCIO, de que variando el tratamiento por ácido crómico se puede identificar la presencia de fosfátidos no saturados, de fosfátidos normales y de colesterolídos. No he podido obtener resultado alguno, pues si bien la reacción con el bicromato de potasio fué positiva y delataba la presencia de lipoides, la acción del ácido crómico fué absolutamente negativa. Aplicando el método de Romieu he comprobado la presencia de pequeñas porciones en forma de gránulos, de lecitina, pero ésta se halla localizada exclusivamente en los cordones de las células adiposas, que se encuentran bajo la epidermis.

(c) *Lipidos derivados*.—En éstos se tienen a las llamadas esterinas. La determinación de las esterinas se realiza por diversos métodos, de los cuales he aplicado el de la digitonina. Tratando los cortes con este producto observé la aparición de unas agujas cristalinas, que eran activas a la luz polarizada, mostrando, por lo tanto, una clara birrefringencia, siendo debido esto a la presencia de menudos cristales de digitonicolesterina. Se manifestaba en los lobulillos adiposos, agrupados a modo de nódulos, en especial en las partes periféricas del lobulillo adipocítico. El método de Schultz no he podido aplicarlo, pero hay que tener en cuenta que se considera esta prueba como muy problemática para la identificación de las colesterinas y de sus ésteres.

De todo ello puedo establecer las conclusiones siguientes: Que en el aspecto histoquímico se acaba de ver que, con los conocimientos actuales, sí se puede dar una idea de los lípidos que pueden entrar a formar parte del tejido adiposo de los Efipigerinos. Se ha visto que este tejido adiposo contiene, con toda seguridad, grasa neutra, como lo prueba la coloración

rosácea, que da, por la acción del sulfato, azul de Nilo. Presenta lipoides por la reacción de CIACCIO, de los cuales se han podido especificar la presencia de lecitinas, en particular mediante el método de ROMIEU, pero ésta únicamente localizada en los cordones adiposos, situados bajo la capa subepitelial. Por último, se puede afirmar la presencia de colesterina únicamente en los lobulillos adiposos, por el tratamiento de la digitonina.

#### XIV

### INVESTIGACION MICROQUIMICA DE OTRAS SUSTANCIAS DE RESERVA

Para determinar si en el cuerpo adiposo de los Epiplerinos se depositan, además de los lípidos, otros materiales de reserva, he investigado histoquímicamente el glucógeno, los proteídos y los glucoproteídos. Dada la alimentación típicamente vegetal de estos insectos, es de esperar que el exceso de sustancia hidrocarbonada se almacene bajo la forma de glucógeno. Para determinar éste, realicé en primer lugar el tratamiento sencillo de los cortes por el reactivo iodo-iodurado, dando la coloración típica rojo caoba, característica del glucógeno.

He utilizado también el método electivo de BAUER (2), por el cual el glucógeno se hidroliza, por tratamiento con ácido crómico, que determina la presencia de grupos aldehídicos libres. Estos grupos aldehídicos libres se ponen en evidencia por el reactivo de SCHIFF, reactivo a base de fucsina decolorada por el anhídrido sulfuroso, que le presta una coloración roja. Aunque esta prueba no me ha dado resultado alguno positivo, por la coloración típica que resulta de la aplicación del reactivo iodo-iodurado hay que admitir la presencia de glucógeno en el cuerpo adiposo de los Epiplerinos.

Para determinar los prótidos he realizado las comprobaciones necesarias con los reactivos adecuados, teniendo en cuenta que muchas de estas reacciones no son específicas, sino que identifican a determinados aminoácidos.

Se han empleado para ello la reacción de MILLON, la xantoproteica, la del biuret y la del ácido gioxílico.

Con el reactivo de MILLON los lóbulos adiposos dan una coloración rojiza, que indica la presencia de grupos fenólicos del tipo de la tirosina. Esta reacción la he comprobado tanto en la masa de los lóbulos como en los cortes de los mismos. La reacción del ácido gioxílico ha sido nula, por lo que la presencia del triptófano queda descartada. Por la reacción xantoproteica aparecen en el cuerpo adiposo inclusiones teñidas de amarillo, por lo que hay que admitir la presencia de prótidos con aminoácidos del tipo de la fenilalanina y de la ya comprobada tirosina. La reacción del

biuret ha sido positiva, que, como sabemos, es característica de todas aquellas sustancias que presentan el grupo -CO-NH-CO, y, por lo tanto, característico de las proteínas.

*Análisis de glucoproteídos.*—Puede decirse que hasta ahora no hay sobre el asunto un estudio sistemático sobre las reacciones de tipo histológico de los glucoproteídos. De aquí que lo que he aplicado se trata solamente de algunas reacciones de tipo aislado.

Aplicando el azul de toluidina a diversos cortes del tejido adiposo, no he encontrado ninguna coloración especial, es decir, de que al grupo amiloide lo tiña de azul, y a los glucoproteídos en rojo. No puedo establecer en ello, de un modo categórico, la falta total de tales sustancias, por el hecho de que, si bien es cierto que algunos investigadores son partidarios de considerar en la especificidad del azul de toluidina BAUER (2), entre otros, para los glucoproteídos, hay, en cambio, los que opinan que no existe tal especificidad, como es el parecer de RIES (37).

He investigado con el cloruro de zinc y lugol, y el resultado ha sido negativo.

Por todo ello, haciendo la salvedad de la poca seguridad que hay en la aplicación de todos estos métodos, puedo afirmar la ausencia de glucoproteídos como materiales de reserva en el tejido adiposo de los Efipigerinos.

## XV

### ESTUDIO DEL MICETOMO

El micetomo de los Efipigerinos se presenta dispuesto en varias masas, que se hallan situadas alrededor del tubo digestivo, en su tercio posterior, cerca de los tubos de Malpighio (figura 28 c). La longitud de los micetomas es de 4 a 5 mm., presentándose en forma oval o bien con un aspecto semejante a un haba. Mantiene relación con los troncos traqueales, que les aseguran por ello una perfecta aireación.

En las figuras 29, 30 y 31 se observa la estructura histológica del micetomo. En primer lugar, se puede apreciar la existencia de tres elementos integrantes, que son: la membrana perimicetómica, los núcleos del sincitio micetómico y las trabéculas protoplasmáticas sincitiales. La membrana perimicetómica (ver figura 31) es una gruesa formación, de origen epitelial, estructura homogénea, que constituye la cubierta protectora de todo el conjunto. Notable es el aspecto de los núcleos, que se hallan normalmente desarrollados (figuras 29, 30 y 31); la forma de los mismos puede ser esférica u ovalada. En los primeros, con un diámetro de unas 42 micras; en los segundos, de 45 micras de ancho por 80 de largo, aproximadamente; la presencia de otros núcleos de tamaño más reducido puede ser debido a que se trata de formas en vías de desarrollo. Todos estos

núcleos yacen en el seno de una cavidad, en unos casos perfectamente delimitada, carente de materia estructurada, apareciendo con un aspecto hialino que llama poderosamente la atención. El núcleo no tiene una membrana perfectamente visible, presentándose su interior con una estructura vacuolar, y el jugo nuclear condensado en la parte periférica. La sustancia cromática aparece fuertemente dispersada en gránulos, por lo general de pequeño tamaño, destacándose siempre dos o tres corpúsculos, sumamente voluminosos, probablemente verdaderos núcleos del núcleo integrante micetómico. Por último, queda por hablar de las trabéculas protoplasmáticas sincitiales. Esta masa protoplasmática se presenta como una malla que cruza todo el conjunto micetómico y que se halla ocupada por microorganismos de tipo simbióntico.

XVI

SIMBIONTES DE LOS EPIPIGERINOS

Hace unos años, desde los primeros descubrimientos que a este respecto realizó PIERANTONI sobre los Coccidos, en los cuales apreció la existencia de unos gérmenes que existían en cantidades prodigiosas en diversas partes del cuerpo del insecto estudiado, han sido múltiples los trabajos realizados a este respecto, sin que en realidad, hasta el momento actual, se haya llegado a una interpretación clara del asunto. Si es un hecho, en primer lugar, la especificidad, o sea que cada insecto tiene uno o varios tipos de tales gérmenes y de que se perpetúan a través de las generaciones, lo que nos demuestra que el huevo es previamente infectado por los citados agentes.

Estudiando los simbiontes en los Epiptigerinos he podido identificar varios tipos distintos, que los agrupo del modo siguiente: 1.º Los característicos del cuerpo adiposo lobular sincitial. 2.º Los situados en el cuerpo adiposo periférico, en los enocitos y en el micetomo. 3.º Los que se hallan alojados en los tubos de Malpighio.

El que considero como exclusivo del cuerpo adiposo lobular sincitial se puede distinguir en las figuras 27, 39 y 40. Se ve que tales simbiontes se encuentran desperdigados por completo en los lobulillos; su tamaño es de 3 micras aproximadamente de diámetro. En insectos recién sacrificados aparecen como gránulos refringentes, ligeramente azulados, mostrando un protoplasma homogéneo. Teñidos por el método de Bielschowsky, según modificación de WALLERT (49) aparecen, como se aprecia en la figura 27, de forma variada, tendiendo en especial a la esférica, habiendo de suponer que esa irregularidad que presentan algunos en su contorno sea debido a un proceso de gemación. Se ve una membrana gruesa que delimita un protoplasma homogéneo, en el cual yacen gránulos

de cromatina, pues este tipo de simbiontes no tienen un núcleo perfectamente delimitado y conformado. En las figuras 39 y 40 aparecen los simbiontes puestos en libertad por un lobulillo adiposo, y todos ellos en trance de engendrar otros nuevos por gemación. Por las características estudiadas hay que considerar a los citados microrganismos como pertenecientes a las bacterias.

Los localizados en el cuerpo adiposo periférico, enocitos y micetomo, se presentan con características análogas a las que he descrito anteriormente.

Observación particular se tiene en las figuras 36, 37 y 38, así como en la microfotografía de la figura 45. En las células adiposas (figura 36), los simbiontes se presentan reunidos en pequeños grupos de pocos elementos, que se hallan esparcidos por el protoplasma. Son corpúsculos de forma ovalada, de 2 a 3 micras de diámetro, provistos de una tenue membrana, que delimitan un protoplasma, prácticamente homogéneo, en el seno del cual yace un núcleo formado por una masa compacta de cromatina.

Análoga estructura se ve en la figura 38. Así, en diversas partes del cuerpo del animal y en particular localizado especialmente por la región dorsal, en las zonas próximas a los conductos traqueales, se pueden observar unas masas celulares, uninucleares, de protoplasma hialino y membrana ligeramente visible, células de un contorno más bien oval, a veces tendiendo al elipsoidal, que parecen dirigirse hacia el conducto traqueal, quedando junto a las paredes del mismo. Estas masas celulares se hallan bien apretadas en la zona más alejada de los citados conductos, ofreciéndose en esta región, de tamaño más reducido que los situados en las proximidades de las tráqueas y presentándose por parejas, por lo que indica una reciente formación, que acaso pudiera ser motivada, o bien por una simple división de tipo amitótico, o bien por un caso de gemación.

Por la primera suposición no me inclino, pues no he podido apreciar claramente proceso de división alguno, por lo que cabe admitir una reproducción por gemación, al poder vislumbrar en contados casos como una incipiente yema que pueda ser el objeto indicado de la división.

Estos gérmenes simbiónticos se separan paulatinamente y son los que invaden las células adiposas periféricas subepiteliales, así como los enocitos, y esto se ve en la figura 42 y en especial en la 44, en donde los gérmenes simbiónticos, que parten de una traquéola, se dirigen hacia las células adiposas. Se tiene, por lo tanto, un segundo tipo de gérmenes, caracterizados por ser uninucleados. Por sus características, se trata indudablemente de verdaderos hongos del grupo de las levaduras. ANADON (1), en su trabajo sobre simbiontes de los Efipigerinos, los considera como hongos, pues aprecia algunos estados de genmación.

Del mismo tipo que los descritos son los que yacen en el seno de los micetomas y que se aprecian en las figuras 29 y 30; tales simbiontes yacen en el seno de la masa micetómica, ocupando las trabéculas separadoras de los espacios que encierran a las formaciones nucleares del conjunto sincitial. El protoplasma sincitial, de por sí escaso, se halla sustituido por estos microorganismos simbiónticos. Aquí presentan una

forma redondeada, probablemente debido a la presión existente entre ellos, con un tamaño entre 0,8 y 1 micras.

Por lo visto, se tienen dos tipos de simbiontes, que los designo por "Simbionte E<sub>1</sub>" y "Simbionte E<sub>2</sub>", en el que la letra *E* designa el grupo de los Efipigerinos en donde se hallan alojados.

*Simbiontes de los tubos de Malpighio.*—En las figuras 45 y 46 se pueden observar unos tubos de Malpighio que muestran una infección de simbiontes, ya apreciado por ANADON (1). Hay que indicar que la presencia de microorganismos del tipo simbiótico en los tubos de Malpighio no lo he podido hallar de un modo constante en los Efipigerinos estudiados; en el género *Steropleurus* no he podido localizar tubo alguno de Malpighio que estuviera afectado por tal infección; en cambio, he podido localizar su presencia en algunos tubos de Malpighio del género *Platystolus*. Esta infección se presenta únicamente en los tubos de Malpighio que se hallan localizados especialmente en la región dorsal del abdomen, en las proximidades del vaso dorsal. Los simbiontes llenan la luz del vaso malpighiano, por rotura de la célula micetómica que los contiene. Estos simbiontes aparecen fuertemente teñidos, hasta tal punto, que no es posible el vislumbrar en el seno de ellos núcleo alguno. La forma es típicamente elipsoidal, se ve en ello una diferencia con relación a las formas estudiadas como "Simbiontes E<sub>1</sub>" y "Simbiontes E<sub>2</sub>", por lo que designo a estos simbiontes con la denominación "Simbiontes M". Es evidente que los simbiontes *M*, al pasar a la luz del tubo malpighiano, desciendan a la cavidad digestiva, en donde serán eliminados al exterior mezclados con sustancias no digeridas.

La presencia de simbiontes en los tubos de Malpighio, que ya he indicado, es constante en una misma especie y hace descartar toda razón de tipo secretor, aunque, por otra parte, la ausencia de concreciones úricas en los citados tubos, cuando se hallan infectados, me hace suponer que pudiera segregar algún fermento que fuera capaz de disolver el ácido úrico y los uratos cristalizados. Es evidente que estos simbiontes pasan a la cavidad digestiva y cabe pensar si acaso podrían contribuir a facilitar la digestión, que en estos casos sería el de segregar fermentos que disolvieran la celulosa. Mas esto también queda en incógnita, por no haberlo podido comprobar. ANADON (1) se inclina a pensar que los simbiontes no tienen misión en los tubos de Malpighio, aunque expone la idea de que acaso, al ir a parar al intestino, podrían contribuir a los procesos digestivos.

## XVII

### MORFOLOGIA DE LOS CORPORA ALLATA

Tratado el material objeto de estudio, que es la cabeza de un *Platystolus* en formol al 10 %, realicé su disección por medio del microscopio binocular y observé la disposición de los corpora allata, que se puede

apreciar en la figura 49. Como se ve, se hallan situados por detrás del cerebro, a un lado y a otro de la faringe, quedando ocultos lateralmente por el músculo faríngeo. En los *Platystolus* he podido apreciar que los dos yacen casi al mismo nivel, es decir, que son prácticamente simétricos, al revés que en la mayoría de los insectos, en los que, según los autores, esos órganos tienen un marcado carácter asimétrico. Este carácter asimétrico lo aprecia HEYMONS (15), así como lo hace notar SINETY y POLICE (42), pero se supone que tal asimetría se debe a variaciones post-mortem, debidas a las manipulaciones operatorias.

Los corpora allata se hallan localizados en una amplia laguna sanguínea, en la cual flotan células libres.

En lo que se refiere a la forma de los corpora allata, he podido describir que en su vista lateral se presentan como un cuerpo de forma aovada, con el extremo anterior redondeado, y ligeramente aguzado en su parte inferior. También se aprecia que los corpora allata no son cuerpos macizos, sino que tienen la forma de una lente cóncava-convexa, con la concavidad mirando al interior y la parte convexa dirigida hacia los lados, como se ve en el esquema de la figura 49. El tamaño varía con la edad; así en *Platystolus martinezzi*, el tamaño en la forma adulta es de 0,4 mm. de largo por 0,2 mm. de alto y 0,15 de ancho.

Se echa de ver la notable particularidad de que los machos tienen un corpus allatum de tamaño más reducido que las hembras. Este hecho ha sido observado, entre otros, por NABERT (31) y por NILS-BERTI PALM (32); éste último sobre *Gryllotalpa*, en el cual la diferencia de tamaño se acusa especialmente en la época de la puesta.

He determinado el tamaño sobre diversos *Steropleurus stali* y he encontrado longitudes de 0,3 mm. por 0,16 mm. de ancho, por término medio, y siempre en las hembras, ligeramente mayores que en los machos.

Sobre el estudio de los corpora allata en general, consúltese mi trabajo bibliográfico, MARCO MOLL (30), en donde se hallará la bibliografía pertinente a tal asunto.

### XVIII

#### ESTRUCTURA HISTOLOGICA DEL CORPUS ALLATUM

La estructura histológica del corpus allatum de los Efipigerinos se presenta claramente definida, como podemos apreciar en la figura 48. Del análisis de la misma se desprende, en primer lugar, la presencia de una cubierta externa, que se comporta a modo de una capa fronteriza; a continuación se vislumbra una capa intermedia y, por último, una región central o medular. La cubierta externa citada anteriormente no se presenta a modo de una estructura homogénea, sino que adopta una

clara estratificación, hallándose integrada por varias capas de naturaleza quitinosa. Esto que he apreciado coincide con lo descrito en su trabajo por HEYMONS (15), el cual considera que una vez desarrollado el corpus allatum, procedente de células ectodérmicas, por ser éste su origen embriológico, se constituye un cuerpo, que en un principio tiene aspecto macizo y que, más tarde, acabará por constituir como una a modo de vesícula. Los corpora allata, en estas condiciones, establecen relaciones con células de origen mesodérmico, que pertenecen a la región cefálica, los elementos vesiculares son atraídos por tales células y por el somito tentorial se desplazan al sitio que han de ocupar en el individuo normalmente constituido. De este modo se origina una primera membrana, que para HEYMONS es de origen mesodérmico.

La explicación que da este autor acerca de las diversas cubiertas de que se hallan provistas los corpora allata, la razona teniendo en cuenta que estando el corpus allatum integrado por una primitiva capa de células ectodérmicas, engendrarán, al igual que éstas, una capa quitinosa. Es evidente que a cada muda, que corresponde una actividad secretora de las células ectodérmicas, le corresponderá a las células que formen parte del corpus allatum, la secreción de esta cubierta quitinizada.

HEYMONS establece, por el número de capas que presenta el corpus allatum, las mudas que ha podido experimentar el insecto. En el caso de los Efipigerinos he podido apreciar tres, que corresponden de un modo evidente a la existencia de tres mudas.

La porción intermedia se halla constituida por una serie de células, relativamente grandes, perfectamente delimitadas, apareciendo muchas de ellas intensamente vacuolizadas. En la porción central distingo una masa compacta, con características secretoras. Es casi seguro que forma la base primordial que dará lugar a la formación de las células periféricas de carácter glandular.

## XIX

### CONCLUSIONES

1.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo de los Efipigerinos se halla integrado por cuatro tipos diferentes: a), el cuerpo adiposo cefálico; b), el cuerpo adiposo periférico subepitelial; c), el cuerpo adiposo lobular sincitial, y d), el cuerpo adiposo pericardial.

2.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo cefálico almacena en cantidades progresivas ácido úrico, uratos y, en menor proporción, materias grasas.

3.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo periférico subepitelial se halla perfectamente delimitado por formaciones celulares de tipo columniforme, o bien masiva, con tendencia a la disposición sincitial.

4.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo periférico subepitelial contiene grandes cantidades de simbiontes.

5.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo lobular sincitial presenta diferenciación sexual, pues en la hembra se halla más desarrollado que en el macho, en el cual se halla reducido a pequeñas formaciones lobulares.

6.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo lobular sincitial, se halla constituido por lobulillos secundarios; de la reunión de éstos tenemos los lóbulos primarios, provistos de una membrana perilobular.

7.<sup>a</sup> Para la regeneración del cuerpo adiposo lobular sincitial existen las llamadas masas generadoras adipocíticas.

8.<sup>a</sup> El tejido adiposo lobular sincitial es lugar de desarrollo de simbiontes.

9.<sup>a</sup> Las llamadas células pericardiales constituyen una variedad de tejido adiposo, provistas siempre de una vacuola central que contiene materias proteicas; en las formas jóvenes, vacuolas de grasa, que en la célula adulta son invadidas por gérmenes de tipo simbióntico, localizados parietalmente.

10.<sup>a</sup> Los enocitos son células de tipo amiboides, ocupadas con gérmenes.

11.<sup>a</sup> Los Efipigerinos muestran un aparato tricoglandular cuya secreción, de tipo merocrino, se vierte al exterior de la cutícula.

12.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo contiene, en los casos que no se halla invadido por los simbiontes, grasa neutra, lecitinas (éstas localizadas exclusivamente en los cordones adiposos del tejido adiposo periférico subepitelial) y además existe colesterol, localizada en los lóbulos adiposos.

13.<sup>a</sup> El cuerpo adiposo carece de glicoproteídos; contiene proteínas y glucógeno.

14.<sup>a</sup> Los Efipigerinos muestran un conjunto de micetomas localizados en el tercio posterior del cuerpo, que son asiento de masas simbiónticas.

15.<sup>a</sup> En los Efipigerinos he apreciado la existencia de tres tipos de agentes simbiónticos: los simbiontes *E<sub>1</sub>*, los simbiontes *E<sub>2</sub>* y los simbiontes *M*.

16.<sup>a</sup> Los Efipigerinos muestran la presencia de un par de corpora allata, de forma ovalada, siendo en los machos de tamaño más reducido que en las hembras.

17.<sup>a</sup> En la estructura de los corpora allata distingo una cubierta de tres capas, de naturaleza quitinosa la externa, rica en vacuolas de carácter secretor la intermedia, y de un nódulo central.

B I B L I O G R A F I A

- (1) ANADÓN, E. (1943).—“Sobre simbiosis endocelular de Ephipigerinos”. Bol. Real. Soc. de Hist. Nat., tomo XL.
- (2) BAUER (1933).—“Mikroskopisch chemische nachweis von Glycogen und einige anderen Polysachariden”. Zeischr. Mikros. Anat. Forsch. 33.
- (3) BERLESE, A. (1899-1901).—“Observazioni su fenomini che avengono durante la ninfosis degli insetti metabolici”. Riv. di Patología veget., t. VIII, X, XI.
- (4) BERLESE, A. (1909).—“Gli Insetti”.
- \* (5) BUCHNER, P. (1930).—“Tier und Pflanze in Symbiose”.
- \* (6) BURT, E. T. (1938).—“On the corpora allata of dipterous insectes”. Proc. Roy. Soc. London, t. CXXVII.
- (7) CIACCIO (1910).—“Contributo a la distribuzioni e fisiopatologia dei lipoidi cellulari”. Arch. f. zellforsch, t. 5.
- (8) EIDMAN, H. (1933).—“Lehrbuch der Entomologie”.
- \* (9) FABRE, J. H. (1862).—“Etude sur le rôle du tissu adipeux dans la secretion urinaire chez les insectes”. Annal. Scien. Natur., n.º 19.
- (10) FAURE PRENIET, MAYER et SCHAEFFER (1911).—“Sur la microchimie des corps gras. Application à l'étude des mitochondries”. Arch. Anat. Microsc., t. 13, 19.
- \* (11) FAURE PRENIET et CARRAULE (1922).—“Etude des substances grasses et lipoides de l'œuf de truit”. Bull. Soc. Chim. Biol., t. IV.
- (12) GARCÍA BLANCO (1940).—“Manual de la Química Fisiológica con aplicaciones a la Medicina”.
- (13) HALLMANN, L. —“Klinische chemie und mikroskopia”.
- \* (14) HENNEGUY, L. F. (1867).—“Note sur l'existence de calcospherites dans le corps graisseux de larves de Dipteres”. Arch. Anat. microsc., n.º 1.
- (15) HEYMONS, R. (1899).—“Ueber blaschenformige Organe bei den Gespenstheuschrecken. Ein Beitrag zur Kenntniss des Eingeweidenervensystems bei den Insecten”. Akad. der Wiss., t. XXX.
- (16) HOLLANDE, A. SH.—“La cellule pericardiales des insectes”. Arch. Ant. Microsc.
- (17) IMMS, A. D. (1934).—“A general textbook of Entomology”.
- \* (18) ITO, H. (1918).—“On the glandular nature of the corpora allata of the Lepidoptera”. Tokyo Bull. Imp. Tokyo Ser., Coll. n.º 1.
- (19) JANET, CH. (1909).—“Sur l'ontogénèse de l'insecte”.
- (20) KREUSCHER, A. (1922).—“Der Fettkörper und die Oenocyt von Dytiscus marginalis”. Zeischr. Wiss. Zool.
- (21) KREUSCHER, A. (1923).—“Fettkörper und Oenocyt In. Korschelt. E. Berbeitungseinheimischer Tiere I. Der Gelband (Dytiscus marginalis)”. Leipzig.
- (22) KUKENTHAL (1926).—“Handbuch der Zoologie”.
- \* (23) LANDOIS, L. (1865).—“Ueber die Funktion des Fettkörpers”. Zeitschr. f. wiss. Zoologie.
- (24) LEHNARZT, E. (1946).—“Fisiología química”.
- (25) LEYDIG, F. (1864).—“Von Bau den Tierischen Körpers”.
- (26) LISON (1933).—“Sur de nouveaux colorants histologiques spécifiques des lipides”. C. R. Soc. Biol., t. CXV.
- (27) LISON (1933).—“Etudes sur l'histochimie des corps gras. I. Revue critique des méthodes d'analyse des lipides”. Bull. Hist. Appliquée, t. X.
- (28) LISON (1933).—“Table dichromique d'analyse histochimique des corps gras”. Ibid., t. X.
- (29) MARCHAL (1890).—“L'acide urique et la fonction rénale chez les insectes”. Mem. Soc. Zool.
- (30) MARCO MOLL (1949).—“Estudio bibliográfico sobre el corpus allatum en los insectos”. Rev. Acad. de Cienc. de Zaragoza, t. IV.
- (31) NABERT, A. (1913).—“Die corpora allata der Insekten”. Zool. o Zeit. f. wiss Zool.

- (32) NILS-BERTIL PALN (1947).—“Notes on the Structure of the Corpora allata in *Gryllotalpa*”. Kungl. Fysiogr. Sällskapets I Lund, Bd. 17.
- (33) PACKARD (1898).—“A Text Book of Entomology”.
- (34) PALAY, M. R. (1939).—“Contribution a l'étude d'un coléoptere (Leptinotarsa decemlineata Say.)”. Bull. Société Scien. de Bretagne, t. XVI.
- (35) PHILIPPTSENKO, J. (1907).—“Anatomische Studien über Collembola (Fettkörper, Exuvialdrüsen, Subhypodermale Zellen”. Zeitsch. f. wiss. Zool.
- (36) POSPJELOFF (1898).—“Le granulazioni eosinofile e di cristaloide nel tessuto adiposo degli insetti”. Anal. del l'Instituto Agrario de Mosca, n.º IV.
- (37) RIES, E. (1937).—“Grundiss des histophysiologie”. Leipzig.
- (38) SCRIBAN, I. A. y DRAGUT, C. (1935).—“La structure du corps adipeux chez *Simulium*”. Bull. d'Histo. Appliquée, n.º XII.
- \* (39) SCHMIEDER, R. G. (1928).—“Observations on the fat-body in Hymenoptera”. J. Morph., Philadelphia.
- \* (40) SCHNELLE, H. (1924-25).—“Der feinere Bau des Fettkörpers der Honigbiene (*Apis mellifica*)”. Arch. Bienenkunde Neumunster Holst.
- (41) SCHRODER, Ch. (1928).—“Handbuch der Entomologie”.
- (42) SINETY, R. —“Recherches sur la Biologie et l'anatomie des Phasmas”. La cellule.
- (43) STENDELL, W. (1902).—“Beitrag zur kentnis der Oenocytan von *Ephestia Kühnella*”. Z. Zool.
- \* (44) STENDELL, W. (1911).—“Über Driisencellen bei Lepidopteren”. Zool. Anz.
- \* (45) THONSEN, E. (1942).—“An experimental and anatomical Study of the Corpora allata, in the Blow-fly *Calliphora erytrocephala* Meig.”. Vid. Medd. Dansk. Naturhist. Foren.
- (46) VANHEY, C. (1902).—“Contribution à l'étude des larves et des metamorphoses des Dipteres”. Ann. de l'Univ. de Lyon.
- (47) VEJDOWSKY (1925).—“Cellules adipeuses et oenocytes dans la nymphose de labeille”. La cellule.
- \* (48) VERSON, E. (1911).—“Zur Kentnis der Drüsenzellen (sog. innerer Sekretion) welche in den Blutlacunen der Insekten vorkommen”. Zool. Anz.
- (49) WALLART, J. —“Une modification de la méthode argentique de Bielschowsky pour organes riches en lipoides”. Bull. d'Histo. appliquée a la Physiologie.
- (50) WEBER (1933).—“Lehrbuch der Entomologie”.
- \* (51) ZAVREL, J. (1935).—“Endokrine Hautdrüsen von *Syndianesa branicki*, now (Cironomidae)”. Publ. Fac. Sci. Univ. Masaryk.
- \* (52) ZAWERZIN, H. (1911).—“Histologische Studien über Insekten”. Zeitschr. fur wiss. Zool.

Los trabajos señalados con asterisco no han podido ser consultados directamente.

LAMINAS

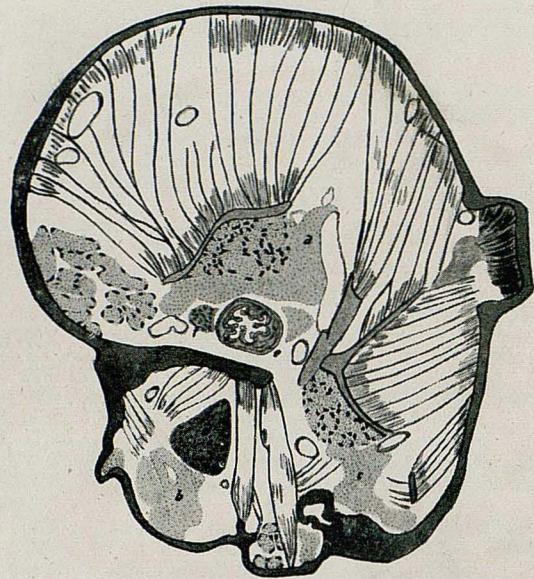


FIG. 1

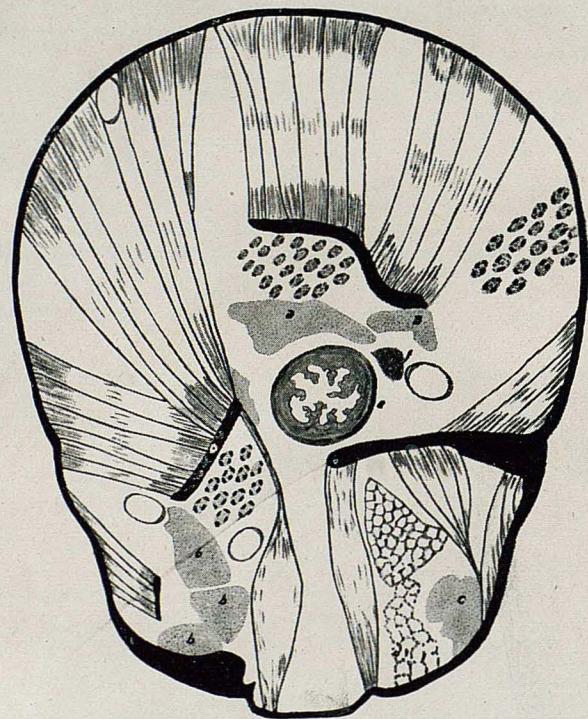


FIG. 2

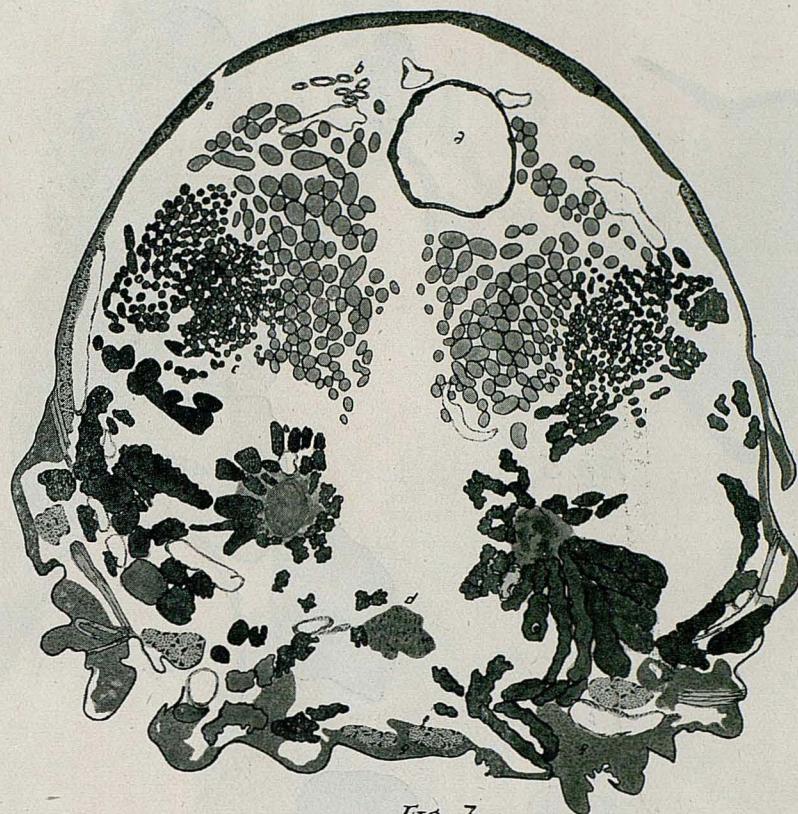


FIG. 3

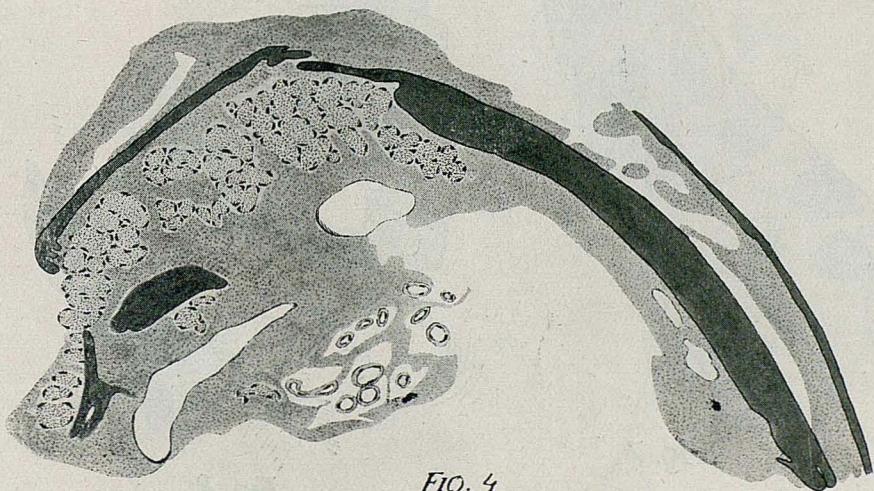


FIG. 4

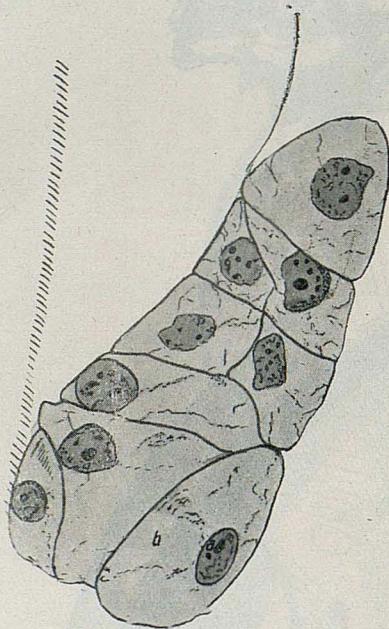
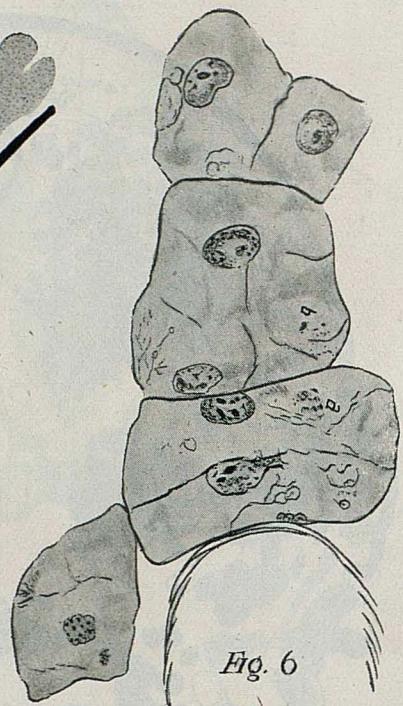
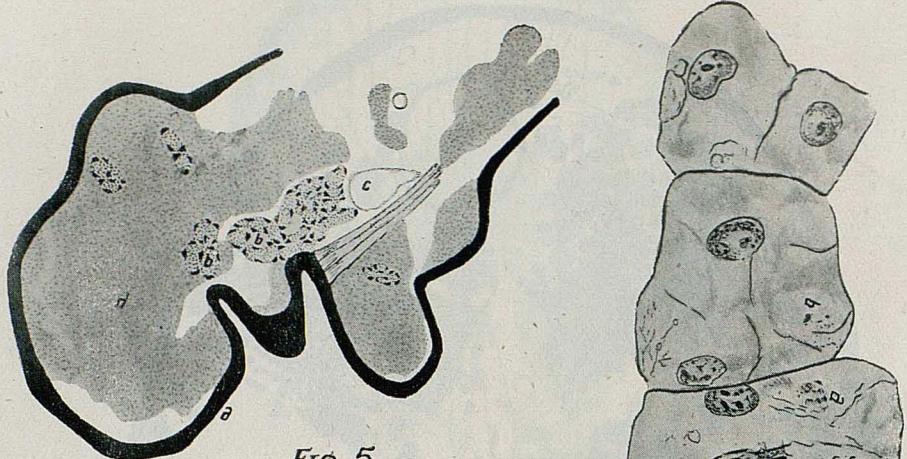


FIG. 9



FIG. 10



FIG. 11

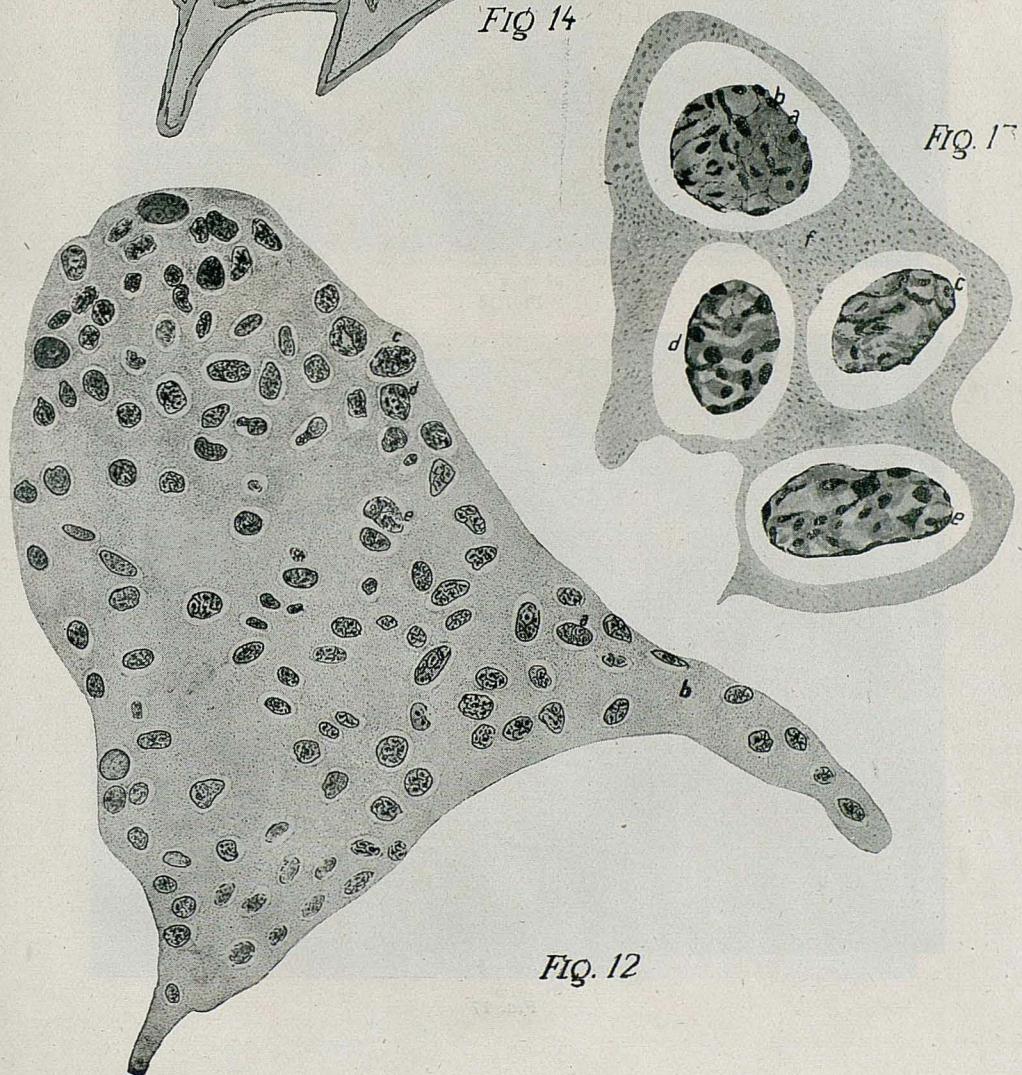
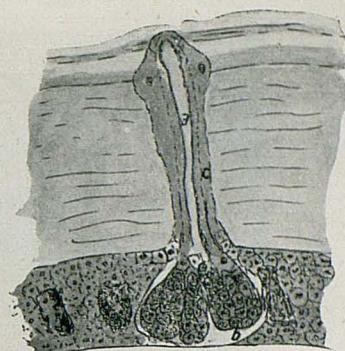
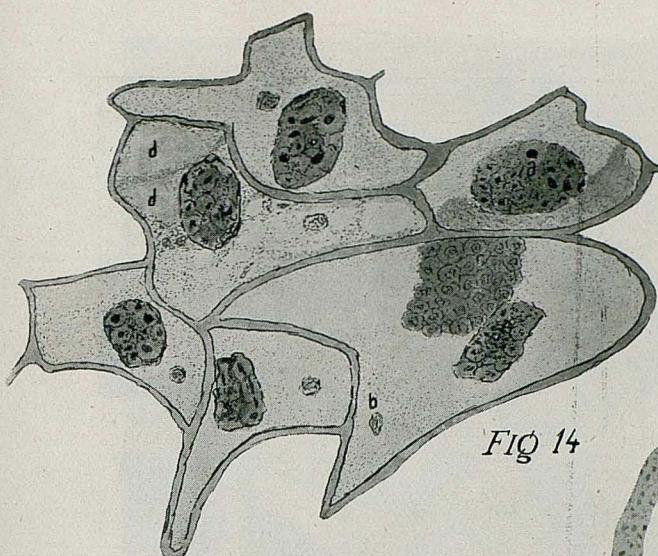




FIG. 16

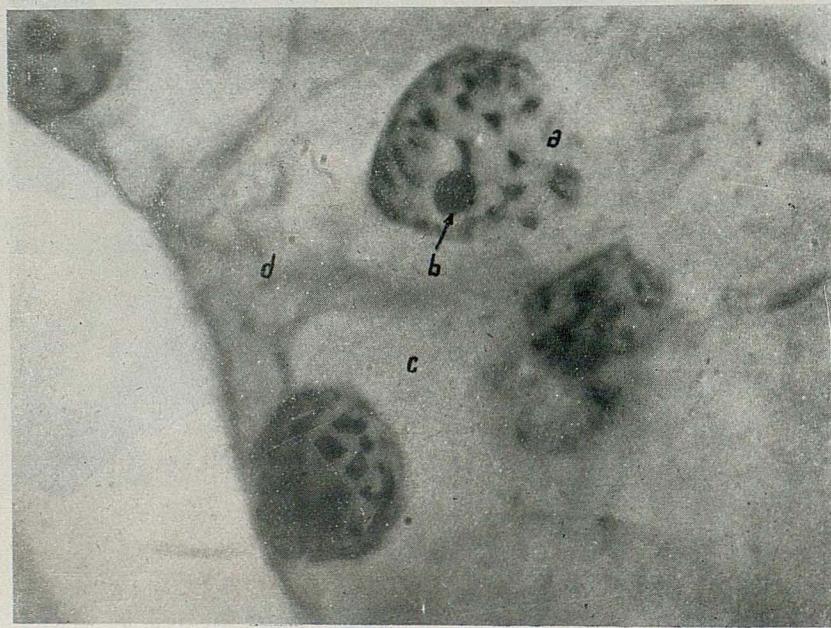


FIG. 17

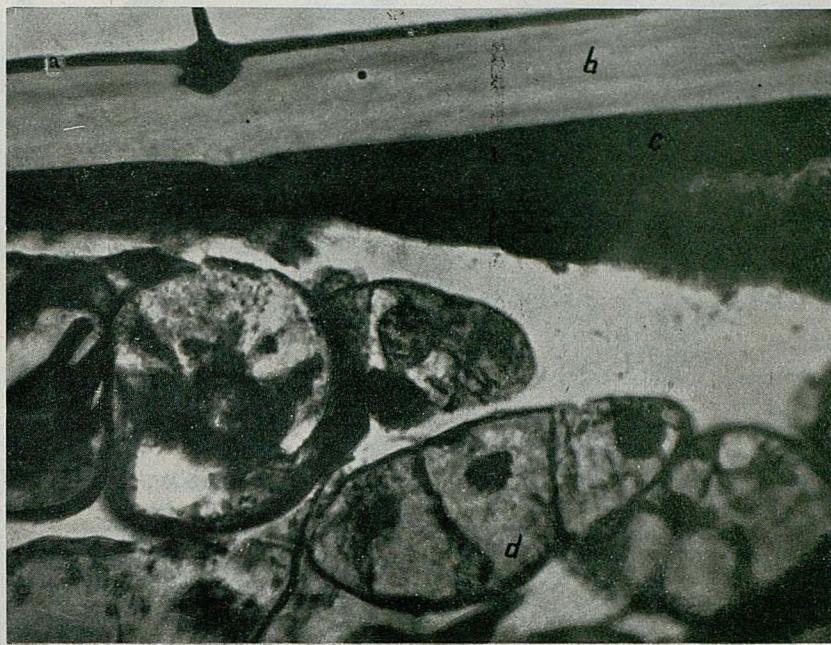


FIG. 18



FIG. 19



FIG. 20

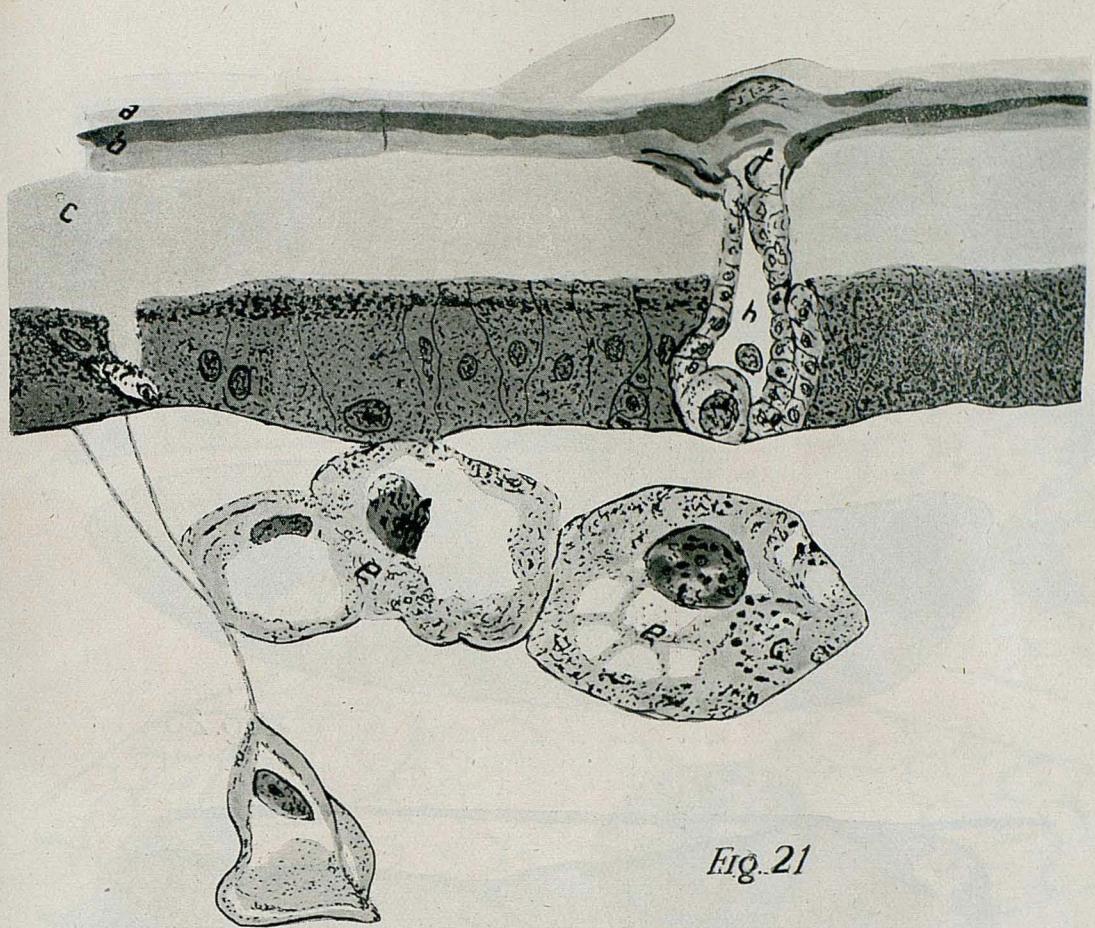


Fig. 21

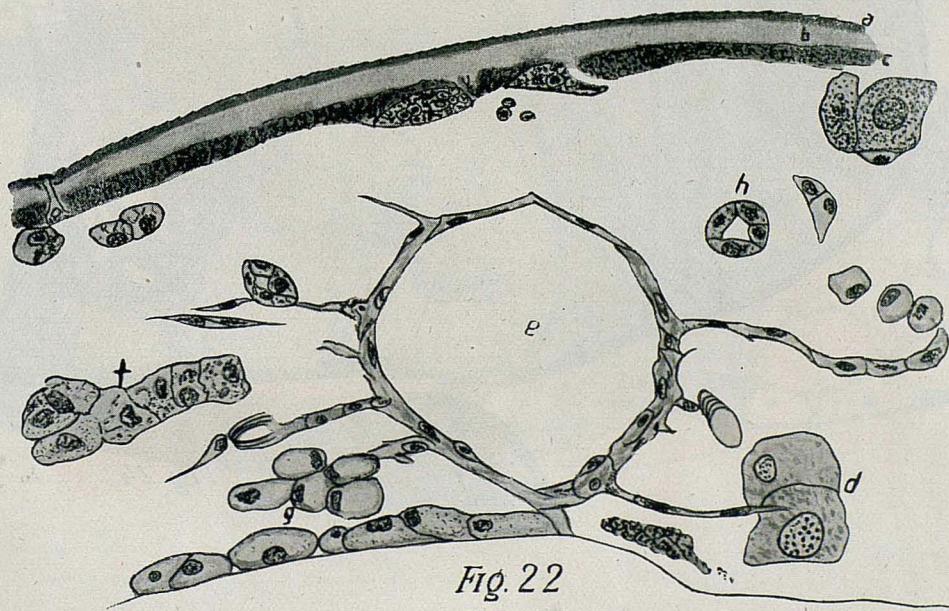


Fig. 22

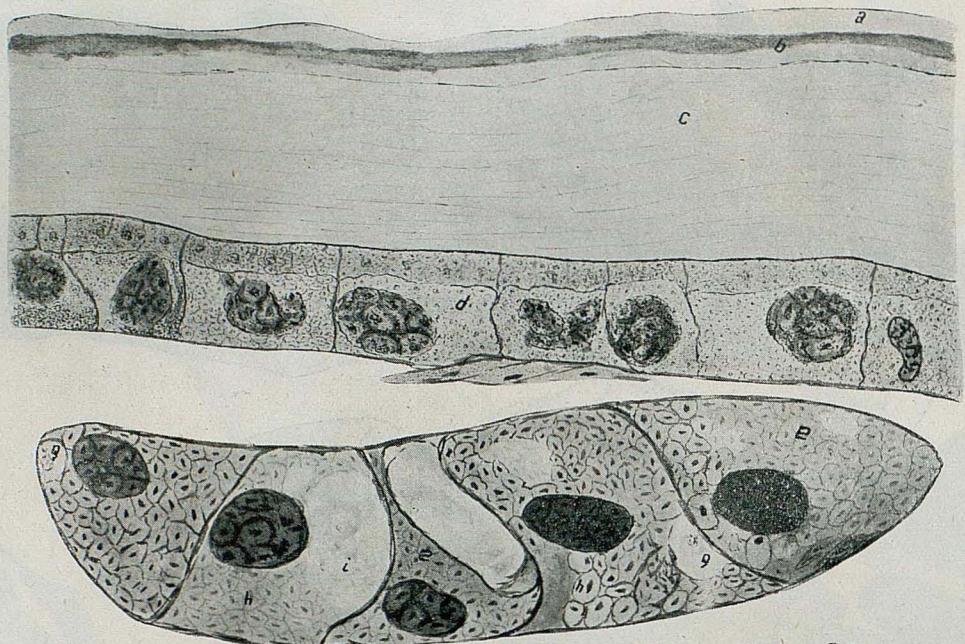


FIG. 23

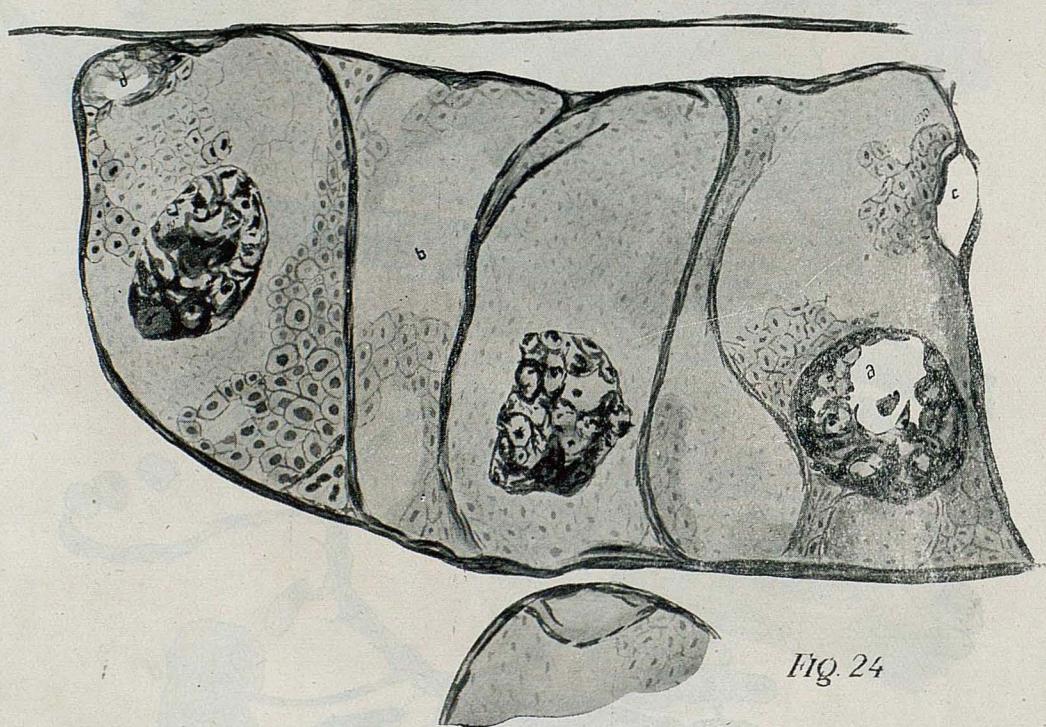


FIG. 24



FIG. 25

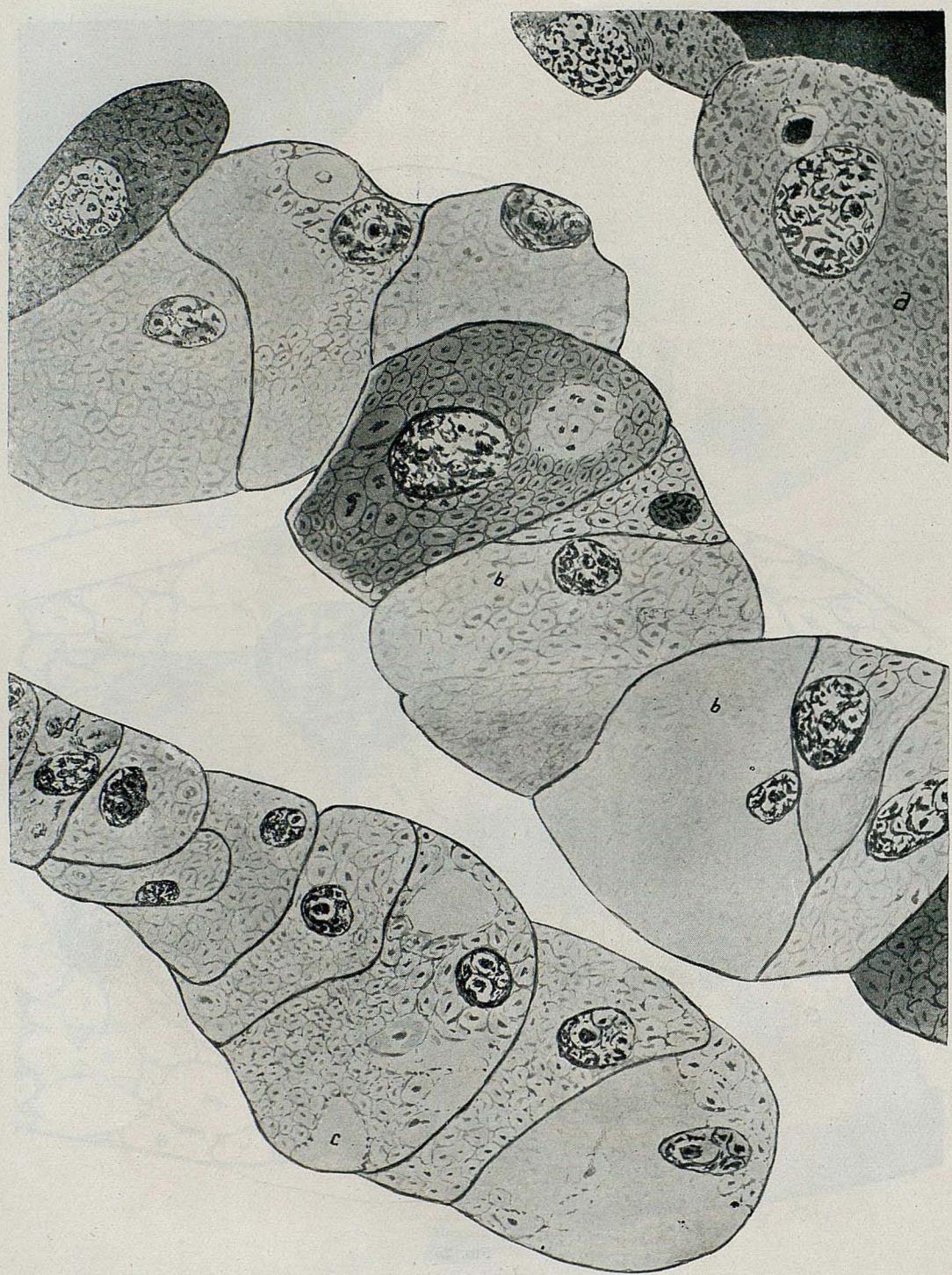


FIG. 26



Fig. 27



Fig. 28

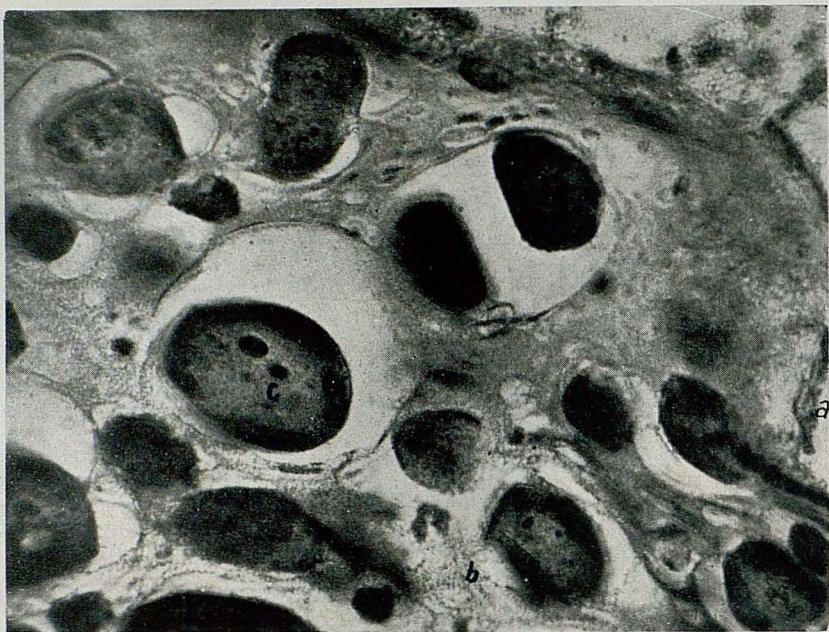


FIG. 29



FIG. 30

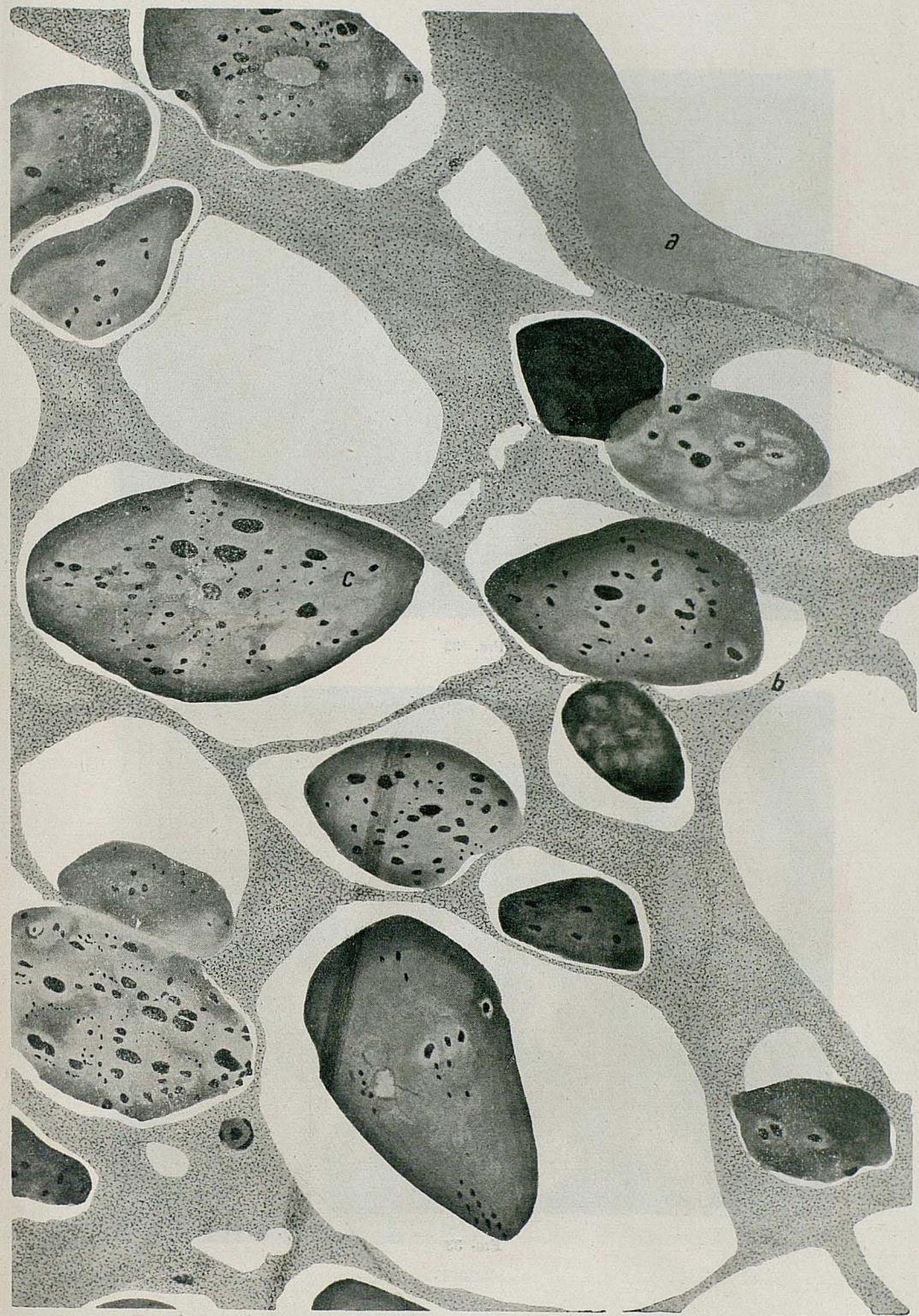


FIG. 31

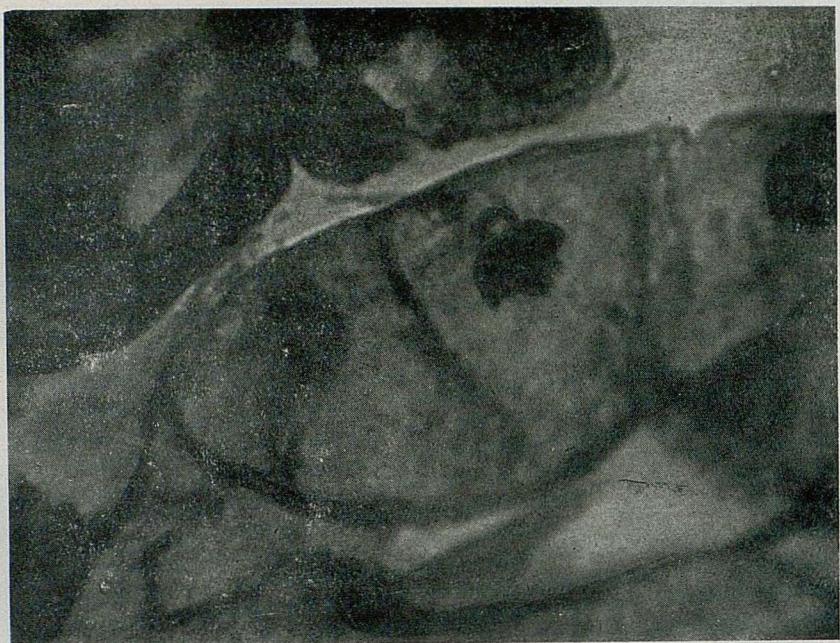


FIG. 32

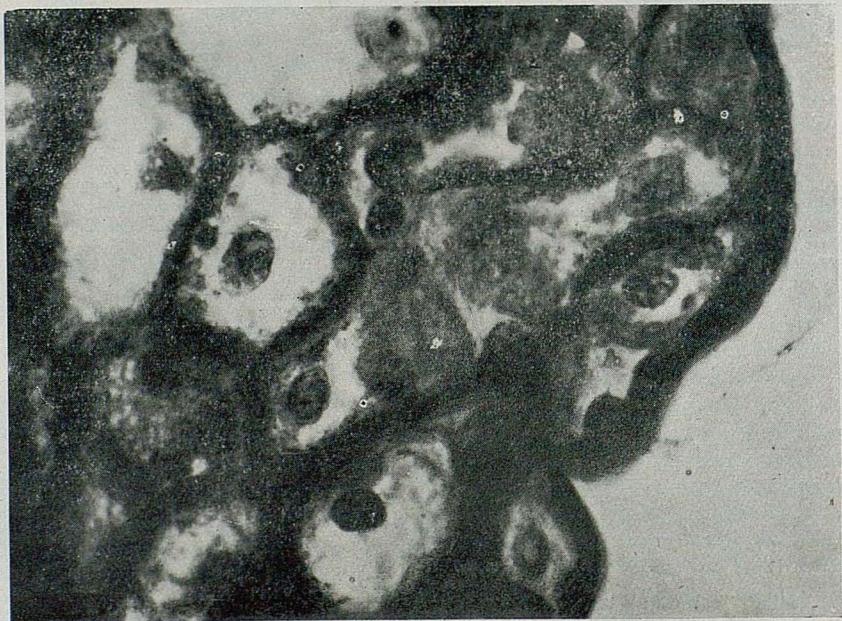


FIG. 33

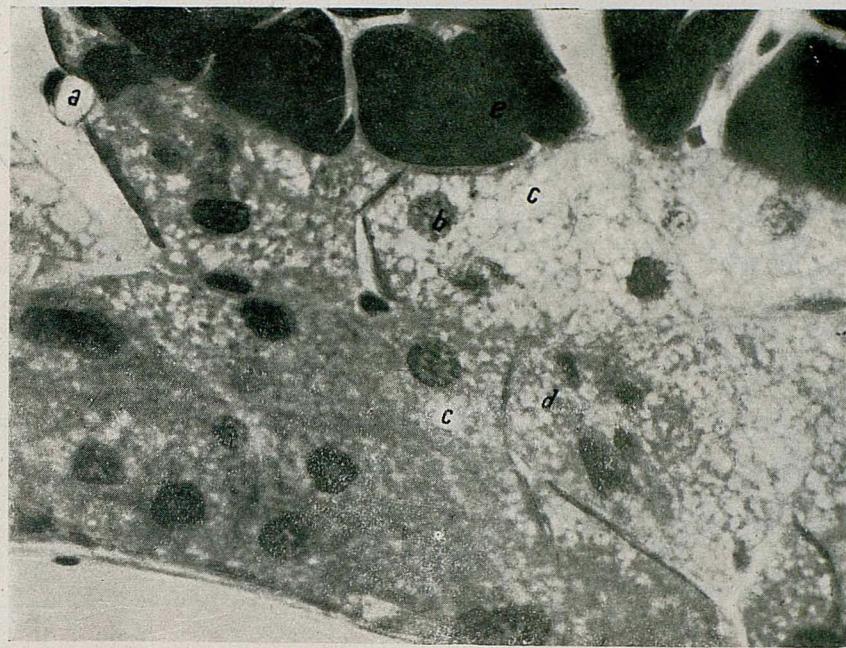


FIG. 34



FIG. 35

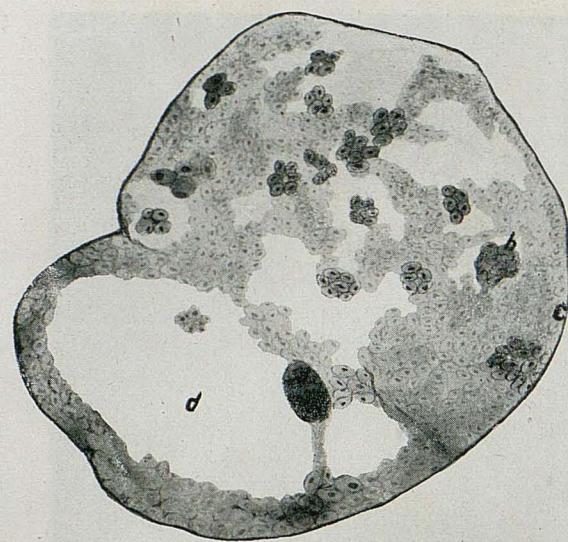


FIG. 36

FIG. 37

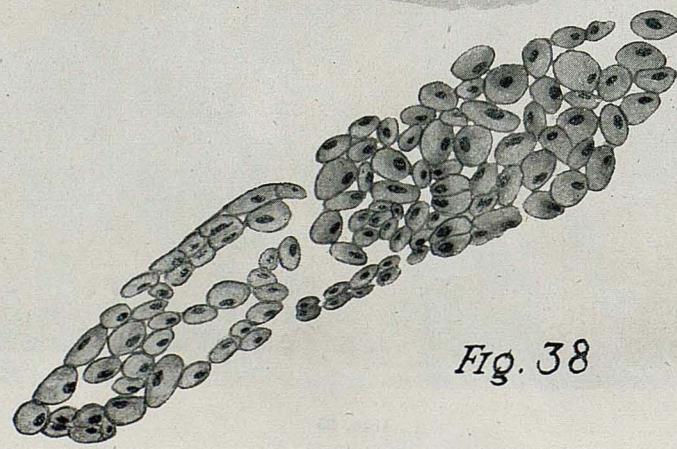
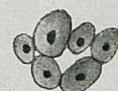


FIG. 38

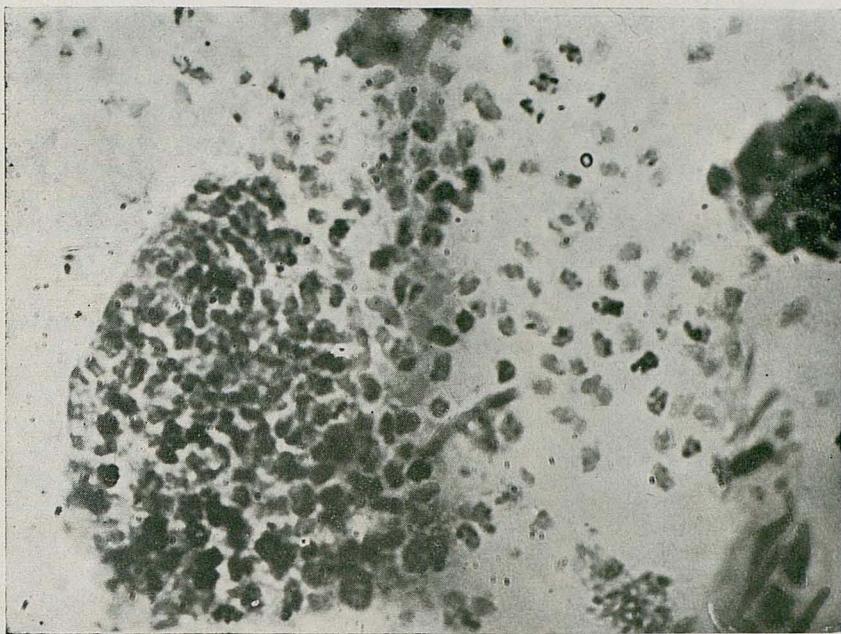


FIG. 39

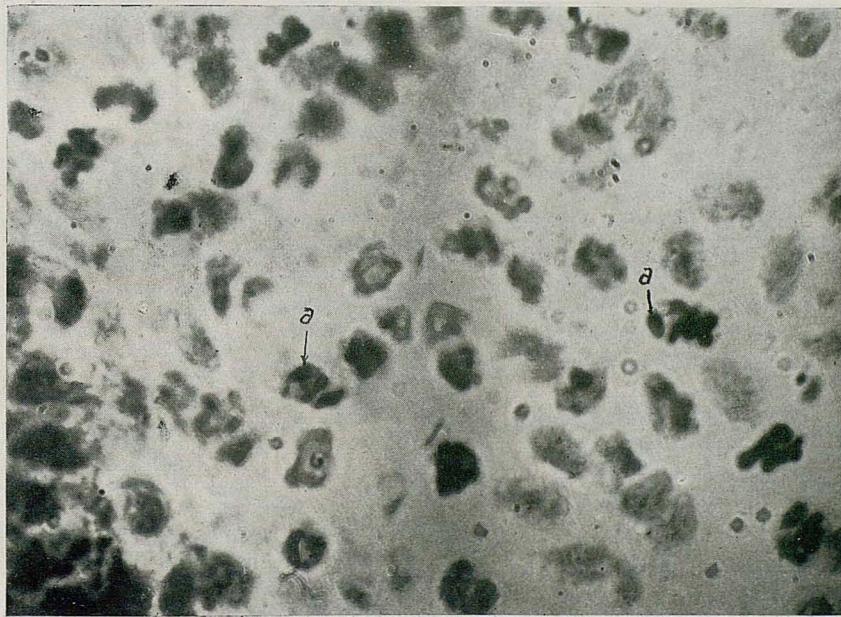


FIG. 40

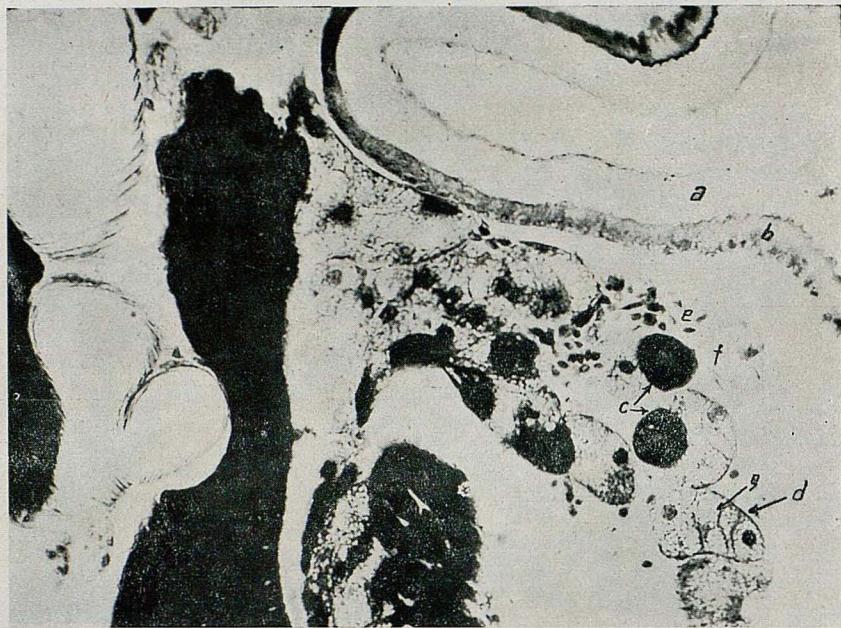


FIG. 41

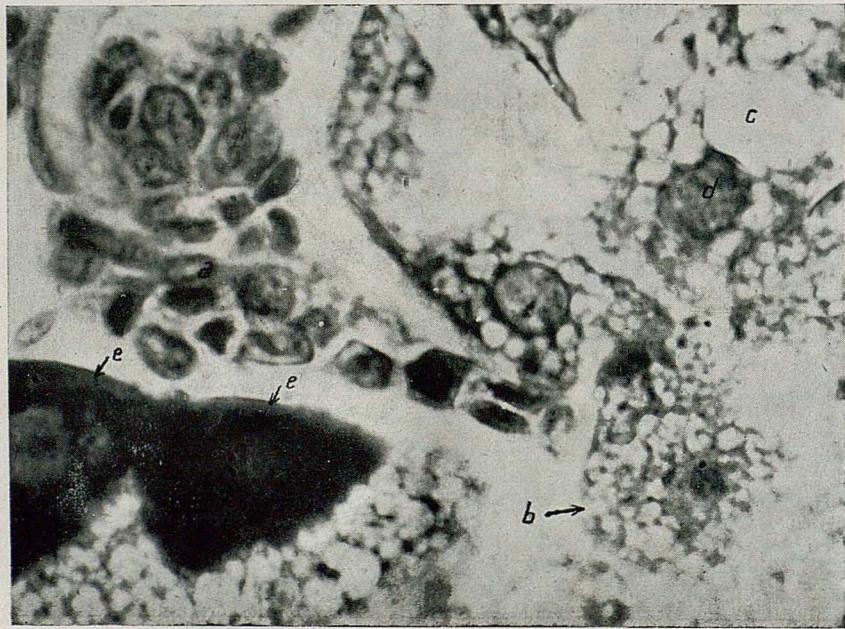


FIG. 42

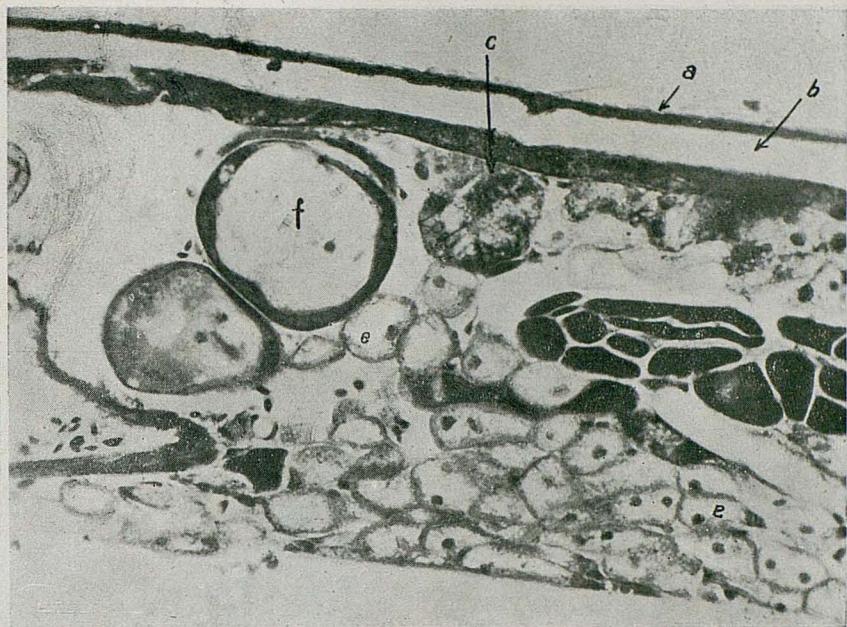


FIG. 43

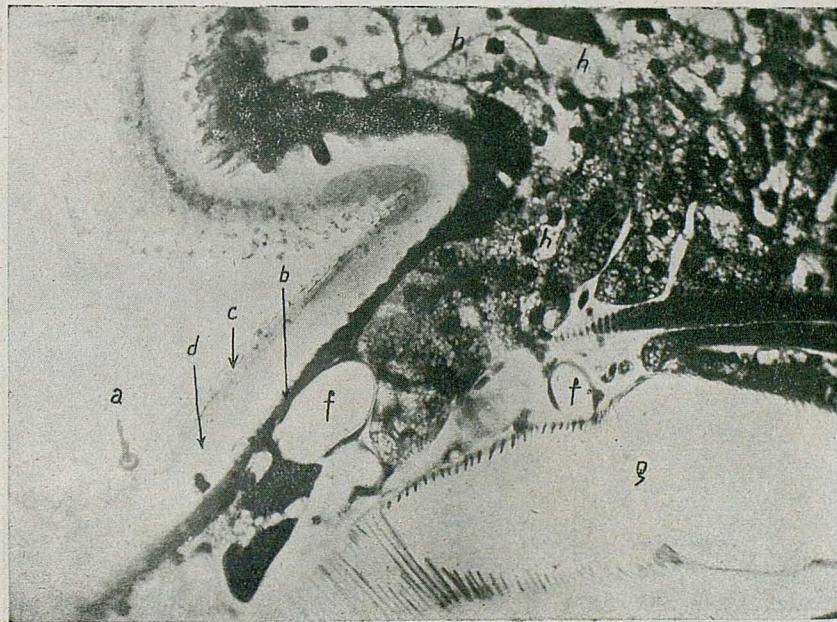


FIG. 44

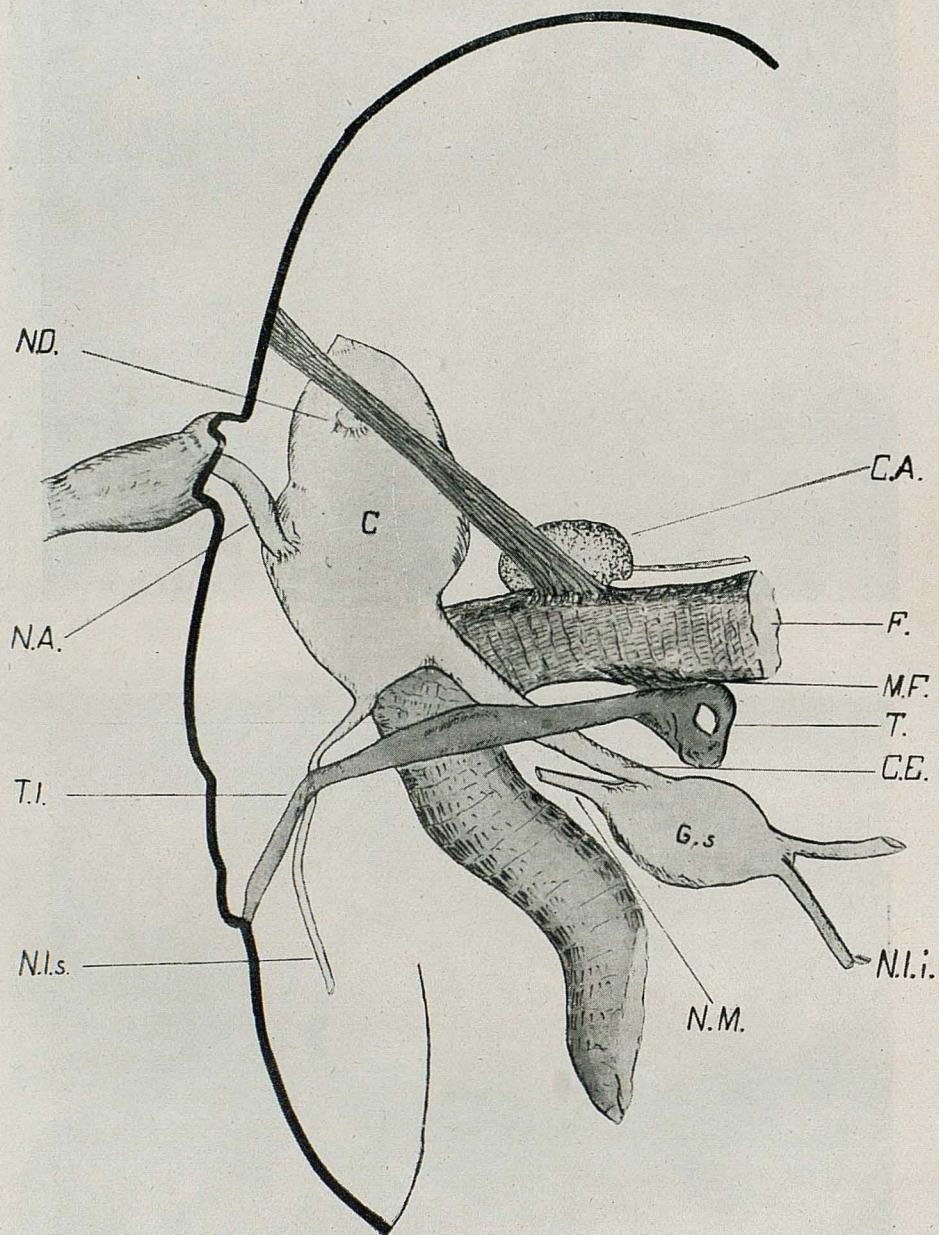


FIG. 49

## EXPLICACION DE LAS FIGURAS

FIG. 1.— Corte semiesquemático de cabeza de *Steropleurus stali* Bol. ♂ a) cuerpo adiposo cefálico; b) y c) cuerpo adiposo cefálico; d) glándula salivar; e) esófago; f) corpora allata.

FIG. 2.— Corte semiesquemático de la cabeza de *Steropleurus stali* Bol. ♀ a), b) y c) cuerpo adiposo cefálico; d) glándula salivar; e) esófago; f) corpora allata.

FIG. 3.— Visión esquemática del abdomen de *Steropterus stali* Bol. ♂, mostrando: a) corazón; b) tubos de Malpighio; c) aparato reproductor masculino; d) sistema nervioso ventral; e) músculos longitudinales dorsales; f) músculos longitudinales ventrales; g) tal parte punteada representa a las células adiposas.

FIG. 4.— Vista semiesquemática de la porción dorsal extremo abdominal del *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. En ella podemos apreciar la parte correspondiente al tejido adiposo que es la que va punteada sobre fondo oscuro. Las formaciones lobulares punteadas sobre fondo blanco representan la disposición de los músculos longitudinales de la parte dorsal. Los manchones oscuros representan formaciones cuticulares. Pueden verse en la parte inferior del dibujo varios tubos de Malpighio.

FIG. 5.— Esquema representativo de la porción ventral del *Platystolus martinezzi* Bol. ♂, en el que apreciamos: a) cutícula e hipodermis; b) paquetes musculares longitudinales de la porción ventro-abdominal; c) tráqueas; d) la masa punteada representa a las células adiposas, que alternan con los enocitos.

FIG. 6.— Células adiposas del *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina eosina. Porción dorsal. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. a) concreciones úricas; b) espacios vacíos correspondientes a materias grasas que se han disuelto por la acción del fijador.

FIG. 7.— Células adiposas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina eosina. Porción dorsal. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. a) nucléolo; b) espacios vacíos

correspondientes a las materias grasas que se han disuelto por la acción del fijador.

FIG. 8.—Cordones celulares adiposos correspondientes a la porción dorsal del tórax, proximidades del corazón. *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Fijado al formol 10 % y luego en fijador Bouinsche. Hematoxilina eosina. Obj. 3 (10x); oc. n.º 6. Los cordones de células adiposas rodean a las tráqueas. La grasa está representada por los espacios vacíos (a), debido al fijador Bouinsche. Los núcleos de las células adiposas muestran un nucleolo (b) y escasa materia cromática.

FIG. 9.—Lóbulo adiposo. *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Fijado al formol 10 %. Hematoxilina Heidenhein. Sección sagital dorso correspondiente al tórax. Obj. 3 mm. (10x); Oc. n.º 6. Se aprecia con dificultad los núcleos adiposos, pero en cambio se hallan evidentes la presencia de simbiontes.

FIG. 10.—Lobulillos del cuerpo adiposo o adipocitos del *Platystolus martinezzi* Bol. ♀. Fijado al formol 10 %. Hematoxilina-eosina. Obj. 3 mm. (10x); oc. n.º 6; cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) membrana perilobular adipocítica; b) núcleos adiposos; c) agrupaciones simbionticas.

FIG. 11.—Lóbulos adiposos del *Platystolus martinezzi* Bol. ♀. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/2 a; oc. n.º 8. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) lóbulo adiposo; b) masa generadora adipocítica; c) traqueola; d) núcleo lobular adipocítico; e) simbiontes.

FIG. 12.—Masa generadora adipocítica del cuerpo lobular graso del *Platystolus martinezzi* Bol. ♀. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción dos tercios del original. a) núcleos; b) masa granulosa intersticial.

FIG. 13.—Detalle de la masa generadora adipocítica del cuerpo adiposo lobular sincitial de *Platystolus martinezzi* Bol. ♀. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción dos tercios del original. a), b), c), d) y e) núcleos; f) materia intercalar.

FIG. 14.—Detalle de las células adiposas cefálicas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa; reproducción dos tercios del original. a) núcleo; b) cristal de urato; c) concreciones úricas; d) vacuolas de grasa.

FIG. 15.—Aspecto del aparato trico-glandular periférico del *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa; reproducción dos tercios del original. a) conducto glandular; b) células secretoras contenidas en el saco glandular; c) célula columniforme que se adosa a lo largo del conducto glandular.

FIG. 16.—Células adiposas de la porción dorsal del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Fijador subtríe. Hematoxilina-eosina. Microfotografía obtenida sobre placa ortocromática Vafca 9 × 12, en el microscopio universal Reichenert. 500 diámetros. a) células adiposas; b) núcleo adiposo; c) simbiontes; d) vacuola adiposa; e) músculo dorsal longitudinal; f) tráquea.

FIG. 17.—Detalle de células del mismo tipo de las anteriores, en el mismo corte, pero obtenidas con objetivo de inmersión (1.500 diámetros). a) núcleo; b) nucleolo; c) vacuola de grasa; d) pequeña agrupación de simbiontes.

FIG. 18.—Células adiposas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Primera variante tanoargéntico. Microfotografía obtenida sobre placa pancromática Vafca 9 × 12 (500 diámetros). a) exocutícula; b) endocutícula; c) capa subhipodérmica; d) células adiposas conteniendo simbiontes.

FIG. 19.—Detalle de la anterior a mayor aumento. 900 diámetros. En ella se aprecian las huellas de las primitivas vacuolas adiposas, ocupadas actualmente por masas simbionticas.

FIG. 20.—Células del tejido adiposo cefálico del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. 3 mm. (10x); oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción los cinco sextos del original. a) células adiposas cefálicas; b) tráquea; c) traqueola; d) músculos cefálicos.

FIG. 21.—Porción epidérmica de la región dorsal del abdomen de *Steropleurus stali* Bol. ♂. Fijador subtríe. Hematoxilina-eosina. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) epicutícula; b) exocutícula; c) endocutícula; d) capa de células hipodérmicas; e) células adiposas; f) aparato tricoglandular periférico; g) célula glandular; h) cavidad secretora; i) gránulo de origen secretor.

FIG. 22.—Porción dorsal del abdomen del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. a) exocutícula; b) endocutícula; c) glándula tricoglandular; d) enocitos; e) vaso dorsal; f) células adi-

posas periféricas; g) células adiposas pericardiales; h) tubo de Malpighio.

FIG. 23.—Células adiposas de la región abdominal del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción dos tercios del original. a) epicutícula; b) exocutícula; c) endocutícula; d) células subhipodérmicas; e) célula adiposa; f) núcleo; g) concreción úrica; h) simbiontes; i) vacuola grasa.

FIG. 24.—Células adiposas de la porción dorsal del abdomen del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Primera variante tanoargéntico. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción dos tercios del original. a) núcleo; b) simbiontes; c) traqueola; d) vacuola de grasa.

FIG. 25.—Células adiposas correspondientes a la porción dorsal del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Carbonato rápido, según Rio-Hortega, reforzado con picrofuchina. Obj. inmer. 1/12 a; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) paquete muscular; b) célula adiposa pericardial; c) masa sincitial adipocítica, que muestra las células que primitivamente se hallaban independientes, por los núcleos que la integran; d) simbiontes de las células pericardiales sin núcleo, la materia cromática dispersa en gránulos; e) vacuola de grasa; f) simbiontes con núcleo diferenciado.

FIG. 26.—Paquetes columniformes de células adiposas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción cuatro quintos del original. a) célula subhipodérmica; b) simbiontes; c) vacuolas de grasa; d) inclusiones úricas.

FIG. 27.—Simbiontes correspondientes a los lóbulos adipocíticos de la región dorsal del *Platystolus martinezzi* Bol. ♀. Coloración modificada según Bielschowsky. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) membrana periadipocítica; b) simbiontes que muestran su sustancia cromática dispersa, sin constituir un núcleo propiamente dicho.

FIG. 28.—Región del intestino en su porción posterior, rodeado de micetomas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Primera variante tanoargéntico. Obj. n.º 3; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. a) células intestinales; b) alimento a medio digerir; c) micetomas; d) tubos de Malpighio.

FIG. 29.— Micetomo del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Primera variante tanoargéntico. Microfotografía obtenida sobre placa pancromática Vafca 9 × 12, en el microscopio universal Reichert. Aumento sobre la placa, 500 diámetros. a) membrana perimicetómica; b) simbiontes; c) núcleo de las células que forman el micetomo, mostrando claramente sus nucleolos.

FIG. 30.— Detalle de la anterior a mayor aumento, 960 diámetros.

FIG. 31.— Detalle del micetomo del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Fijado al diafanol. Primera variante tanoargéntico. Obj. n.º 6; oc. n.º 4. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Reproducción cuatro quintos del original. a) membrana perimicetómica; b) trabéculas ocupadas por los simbiontes; c) núcleos de las células micetómicas, mostrando sus nucleolos y una estructura netamente vacuolar, con la cromatina dispersa en pequeños granos, a modo de cromidios.

FIG. 32.— Células adiposas del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Primera variante tanoargéntico. Microfotografía obtenida en el microscopio universal Reichert, sobre placa pancromática Vafca 9 × 12. Aumento sobre la placa, 960 diámetros. Podemos apreciar las huellas de las primitivas vacuolas adiposas, ocupadas actualmente por masas simbióticas.

FIG. 33.— Células adiposas pericardiales del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Orceina de Unma con hematoxilina. Microfotografía en las mismas condiciones que las anteriormente reseñadas. Obj. n.º 6; oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 500 diámetros.

FIG. 34.— Masas de células adiposas, correspondientes a la porción dorsal del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Carbonato de plata rápido de Rio Hortega, más picrofuchina. Microfotografía obtenida en placa pancromática Vafca 9 × 12 (500 diámetros). a) traqueola; b) núcleo adiposo; c) vacuolas de grasa; d) simbiontes; e) músculos longitudinales dorsales.

FIG. 35.— Masa de simbiontes y enocitos del *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Microfotografía obtenida sobre placa pancromática Vafca 9 × 12 (500 diámetros). a) enocito; b) núcleo; c) agrupaciones aisladas de simbiontes alojados en células adiposas simbióticas.

FIG. 36.— Célula adiposa pericardial. *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Obj. n.º 6; oc. 15x. Papel al nivel de la mesa con la cámara clara de Leitz. a) núcleo; b) nódulos simbióticos; c) simbiontes; d) vacuola adiposa.

FIG. 37.— Simbiontes aislados, correspondientes al *Platystolus martinezzi*

Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Escalilla comparativa del tamaño de los simbiontes, graduada en micras. Los simbiontes pertenecen a la región pericárdica.

FIG. 38. — Porción dorsal del abdomen. *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Obj. inmer. 1/12 a; oc. 15x. Cámara clara de Leitz; papel al nivel de la mesa. Simbiontes en formación antes de penetrar en las células adiposas y enocitos de la porción abdominal. Se aprecian parejas de simbiontes de reciente formación.

FIG. 39. — Simbiontes en el momento de su puesta en libertad, en un lobulillo adiposo de *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Microfotografía obtenida en el microscopio universal Reichert, sobre placa pancromática Vafca 9 × 12. Obj. n.º 6; oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 500 diámetros.

FIG. 40. — Detalle de la microfotografía anterior a mayor aumento, con obj. inmer. 1/12 a; oc. 10x; aumento real sobre la placa, 1.100 diámetros. Se pueden observar los núcleos de los simbiontes (a).

FIG. 41. — Células adiposas y enocitos del *Steropleurus stali* Bol. ♂. Carbonato de plata rápido de Rio Hortega, con picrofuchina. Esta microfotografía, así como las siguientes, se han obtenido en las mismas condiciones que las reseñadas últimamente. Obj. 3 mm. (10x); oc. 10x. Aumento sobre la placa, 120 diámetros. a) cutícula; b) célula subhipodérmica; c) enocito; d) célula adiposa; e) simbiontes en libertad por rotura de la célula adiposa; f) vacuola grasa; g) simbiontes.

FIG. 42. — Células adiposas y simbiontes correspondientes a otra vista de la preparación anterior, observada con obj. n.º 6; oc. 10x, con un aumento efectivo sobre la placa de 500 diámetros. a) simbiontes; b) célula adiposa; c) vacuola grasa; d) núcleo adiposo; e) enocitos.

FIG. 43. — Células pericardiales de *Steropleurus stali* Bol. ♂. Carbonato rápido plata de Rio Hortega con picrofuchina. Obj. 3 mm. (10x); oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 120 diámetros. a) exocutícula; b) endocutícula; c) células subhipodérmicas; d) célula adiposa periférica subhipodérmica; e) células pericardiales, con su vacuola central y sus simbiontes, con localización parietal; f) vaso dorsal.

FIG. 44. — Vista periférica del abdomen de *Steropleurus stali* Bol. ♂. Carbonato de plata de Rio Hortega. Obj. 3 mm. (10x); oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 120 diámetros. a) pelo correspondiente a una glándula tri-

co-glandular; b) epicutícula; c) exocutícula; d) endocutícula; e) y f) traqueolas; g) tráquea; h) células adiposas periféricas, con su plotoplasma invadido por simbiontes.

FIG. 45.— Porción de tubo de Malpighio de *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina férrica de Heidenhein. Obj. n.º 7; oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 700 diámetros. Se ven cómo los simbiontes ocupan un micetocito del tubo de Malpighio.

FIG. 46.— Microfotografía correspondiente a la preparación anterior, que muestra otro tubo de Malpighio, pero con los simbiontes que se encuentran en el seno del tubo, por haber quedado en libertad y desplazarse hacia el tubo digestivo. Aumento real sobre la placa, 700 diámetros.

FIG. 47.— Cuerpo adiposo lobular sincitial con su masa adipocítica generadora de *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Obj. 3 mm. (10x); oc. 10x. Aumento real sobre la placa, 120 diámetros. a) lóbulo adiposo; b) masa generadora adipocítica; c) núcleo adiposo.

FIG. 48.— Corpora allata de *Steropleurus stali* Bol. ♂. Hematoxilina-eosina. Aumento real sobre la placa, 120 diámetros. a) corpora allata; b) membrana periférica del corpora allata; c) región periférica; d) zona central; e) esófago; f) cuerpo adiposo cefálico.

FIG. 49.— Vista esquemática de la cabeza de *Platystolus martinezzi* Bol. ♂. C.: cerebro; F.: faringe; N. O.: nervio ocular; N. A.: nervio antenal; M. F.: músculo faríngeo; T.: tentorio; T. L.: tentorio lateral; C. A.: corpora allata; C. E.: cordón esofágico; G. s.: ganglio subesofágico; N. M.: nervio mandibular; N. l. i.: nervio labial inferior; N. l. s.: nervio labial superior.

## NECROLOGIA

EXCMO. SR. D. ESTEBAN TERRADAS ILLA

por JOSE M.<sup>a</sup> IÑIGUEZ

El dia 9 de mayo del presente año falleció en Madrid el académico correspondiente de esta Corporación Excmo. Sr. D. Esteban Terradas Illa. La característica más saliente de su personalidad fué su extraordinario talento y su maravillosa intuición, que le permitieron acometer, con total dominio, empresas variadísimas.

Nació en Barcelona el 15 de septiembre de 1883, y por haber quedado huérfano cuando era todavía muy niño, se encargó de dirigir su educación su tío, el presbítero Dr. D. José Terradas, quien le hizo aprender los idiomas francés y alemán, y el bachillerato, cuyas quince asignaturas aprobó con brillantes calificaciones en sólo dos años, realizando los ejercicios de reválida en 1898. Inmediatamente inició los estudios de preparación para el ingreso en la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona, y llevado de su afición a extender sus conocimientos en una porción de sentidos, sumamente variados, simultaneó estos estudios preparatorios con la aprobación, sin efectos académicos, de las asignaturas de Física matemática y Astronomía en la Facultad de Ciencias, al mismo tiempo que se dedicaba con igual entusiasmo a la literatura y al arte, en especial la música y la pintura, adquiriendo una cultura extensísima.

Después de la aprobación de las mencionadas asignaturas en la Facultad de Ciencias, decidió simultanear los estudios de la licenciatura en la sección de Físico-Matemáticas, con los que había ya iniciado de ingeniero industrial, y dando una vez más prueba de su asombrosa facilidad para el estudio, aprobó en dos cursos consecutivos, junto con los años primero y segundo en la Escuela de Ingenieros Industriales, cuatro asignaturas de la mencionada licenciatura el primer año, y en el segundo las once que le faltaban, la reválida y las oposiciones al premio extraordinario. El curso 1904-1905 aprobó en Madrid simultáneamente las asignaturas del doctorado en las Secciones de Exactas y Físicas, y el tercer año de la carrera de ingeniero industrial, presentando sus dos tesis doctorales para alcanzar el correspondiente grado de doctor en las referidas secciones.

Ya en posesión del doble título de doctor, hizo inmediatamente oposiciones; primero, a la cátedra de Mecánica racional de la Facultad de Cien-

cias de Zaragoza, en junio de 1906, y casi inmediatamente después, a la de Acústica y Óptica de Barcelona, logrando este doble triunfo cuando aún no había cumplido los 23 años. Una vez posesionado de la cátedra de Barcelona, terminó en un curso los que le faltaban para alcanzar el título de ingeniero industrial.

En Barcelona trabajó en múltiples actividades, que es imposible detallar. Fué encargado por la Mancomunidad de la organización de la red telefónica de Cataluña, así como del estudio y construcción de una red de ferrocarriles catalanes. Al confiársele este último encargo, se discutió su capacidad legal, por no hallarse en posesión del título de ingeniero de caminos; esta objeción no detuvo al Dr. Terradas, que en un mismo año, en las dos convocatorias de junio y septiembre, aprobó todas las asignaturas que componen esta carrera, dando un nuevo ejemplo de su potencia de genio. También trabajó en multitud de empresas particulares, siendo entre ellas digna de mención la construcción del ferrocarril metropolitano de Barcelona.

En la época del Gobierno del General Primo de Rivera fué nombrado el Dr. Terradas catedrático de Física matemática de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Madrid y director general de la Compañía Telefónica Nacional. Al proclamarse la república fué destituido en ambos cargos, considerándonos obligados a correr un velo sobre lamentables hechos de los que entonces fué víctima nuestro biografiado, y que jamás debieron haber ocurrido en nuestra patria.

En la época 1936-39 trabajó en la República Argentina, en la Universidad y el Observatorio Astronómico de La Plata, y allí proyectó el túnel de los Andes y los accesos al aeropuerto de Buenos Aires, realizando también los estudios encaminados a la realización de nivelingaciones de precisión del territorio argentino.

Restablecida la paz en España, fué rectificada la disposición del Gobierno republicano, y el Dr. Terradas volvió a la cátedra de Física matemática de la Universidad de Madrid, continuando en ella hasta su muerte. Fundó la Escuela Superior de Aeronáutica y organizó el Instituto Nacional de Técnica Aeronáutica.

El año 1908 fué nombrado académico numerario de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona. En 1911 le concedía el título de académico correspondiente la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid, en la que pasó a ser miembro de número en 1933. Era también académico correspondiente de la Academia Pontificia de Ciencias. En nuestra Corporación figura como miembro correspondiente desde su fundación, en 3 de abril de 1916.

Descanse en paz este eminente y sabio catedrático.