

REVISTA
DE LA
ACADEMIA DE CIENCIAS

EXACTAS, FÍSICO-QUÍMICAS Y NATURALES

DE
ZARAGOZA

*

TOMO XIII

1929

*

ZARAGOZA

Imprenta Editorial Gambón. Canfranc, 3 y Valencia, 2

1930

ÍNDICE

DE LAS MATERIAS CONTENIDAS EN ESTE TOMO

	<u>Págs.</u>
Personal de la Academia	3
Académicos numerarios	4
Correspondientes nacionales	6
Correspondientes extranjeros	9
Escalafón general	10
Protectores de la Academia	11
Comunicaciones entomológicas, por el R. P. Longinos Navás, S. J. 11. Insectos de la Cirenaica	13
Comunicaciones entomológicas por el R. P. Longinos Navás, S. J. 12. Insectos de la India. 2. ^a serie	29
Investigaciones sobre estabilidad y carga eléctrica de los coloides, por María Antonia Zorraquino, Doctora en ciencias	49
El punto de partida de las trayectorias embriológicas o los elementos ontogénicos, por el R. P. Jaime Pujiula, S. J.	131
Dos casos teratológicos humanos, por el R. P. Jaime Pujiula, S. J., y el R. P. Ignacio Sala, S. J.	145
Un sifón de cebamiento automático, por Eduardo M. ^a Gálvez Laguarta	151
Memoria reglamentaria leída en la sesión pública inaugural del curso 1928-29, el día 20 de Enero de 1929, por el Secretario D. José Romero Ortiz de Villacián	153
Discurso leído en el acto de su recepción, el día 20 de Enero de 1929, por D. Teodoro Ríos	156
Contestación del Académico Ilmo. Sr. D. Miguel Mantecón, al discurso del Sr. Ríos	188

PERSONAL DE LA ACADEMIA

A 1.º DE ENERO DE 1929

JUNTA DE GOBIERNO

- PRESIDENTE D. Antonio de Gregorio y Ro-
casolano.
- VICEPRESIDENTE R. P. Longinos Navás, S. J.
- TESORERO D. Adoración Ruiz Tapiador.
- BIBLIOTECARIO D. José Rius y Casas.
- SECRETARIO PERPETUO D. José Romero Ortiz de Vi-
llacián.
- VICESECRETARIO D. Pedro Ferrando y Más.
-

ACADÉMICOS NUMERARIOS

SECCIÓN DE EXACTAS

PRESIDENTE. **D. Miguel Mantecón.**—(Medalla núm. 7)
27 de Marzo de 1916. Paseo de Sagasta, 24.

VICEPRESIDENTE. **D. José Rius y Casas.**—(Medalla número 13). 27 de Marzo de 1916. Sáinz de Varanda, 10.

SECRETARIO. **R. P. Patricio Mozota.**—(Medalla núm. 10).
27 de Marzo de 1916. Colegio de las Escuelas Pías.

D. Manuel Lorenzo Pardo.—(Medalla núm. 4). 27 de
Marzo de 1916. Paseo de la Independencia, 28.

D. Adoración Ruiz Tapiador.—(Medalla núm. 16). 27 de
Marzo de 1916. Ponzano, 7.

D. Graciano Silván González.—(Medalla núm. 19). 27 de
Marzo de 1916. Paseo de Sagasta, 7.

D. Antonio Lasierra.—(Medalla núm. 28). 25 de Marzo de
1920. San Andrés, 12.

D. Gonzalo González Salazar.—(Medalla núm. 22). 28 de
Noviembre de 1920. D. Alfonso I, núm. 18.

D. Teodoro Ríos.—Electo el día 15 de Mayo de 1925.

SECCIÓN DE FÍSICO-QUÍMICAS

PRESIDENTE. **D. Gonzalo Calamita Alvarez.** — (Medalla número 2). 27 de Marzo de 1916.

VICEPRESIDENTE. **D. Hilarión Gimeno y Fernández Vizarra.**—(Medalla núm. 5). 27 de Marzo de 1916.

D. Antonio de Gregorio y Rocasolano.—(Medalla número 8). 27 de Marzo de 1916. Paseo de la Independencia, 6.

Ilmo. Sr. **D. Paulino Savirón Caravantes.** — (Medalla número 20). 27 de Marzo de 1916. Sagasta, 23.

D. Teófilo González Berganza.—(Medalla núm. 14). 12 de Noviembre de 1922.

D. José Romero Ortiz de Villacián.—(Medalla núm. 17). 9 de Noviembre de 1924. Cervantes, 15.

SECCIÓN DE NATURALES

PRESIDENTE. **R. P. Longinos Navás, S. J.**—(Medalla número 15). 27 de Marzo de 1916. Colegio del Salvador.

SECRETARIO. **D. José Cruz Lapazarán.** — (Medalla número 30). 26 de Enero de 1919. Granja Agrícola.

- D. **Pedro Ayerbe**. — (Medalla núm. 3). 27 de Marzo de 1916. Sagasta, 29 duplicado.
- D. **Juan Bastero Lerga**. — (Medalla núm. 6). — 27 de Marzo de 1916. San Miguel, 6.
- D. **Pedro Ferrando Más**. — (Medalla núm. 12). 27 de Marzo de 1916. Sagasta, 9.
- D. **Pedro Ramón y Cajal**. — (Medalla núm. 18). 27 de Marzo de 1916. Costa, 10.
- D. **Nicolás Ricardo García Cañada**. — (Medalla núm. 27). 8 de Junio de 1919. Plaza del Pilar, 17, 3.º dcha.
- Rvdo. D. **Vicente Bardavíu, Pbro.** — (Medalla núm. 21). 29 de Noviembre de 1922.
- D. **Andrés Giménez Soler**. — (Medalla núm. 24). 16 de Diciembre de 1923.

CORRESPONDIENTES NACIONALES

SECCIÓN DE EXACTAS

- D. **José Gabriel Alvarez Ude**. — 3 de Abril de 1916. Fernando VI, 17, Madrid.
- D. **Julio Rey Pastor**. — 3 de Abril de 1916. Marqués de Urquijo, 38, Madrid.
- D. **Esteban Terradas e Illa**. — 3 de Abril de 1916. Catedrático en la Universidad. Madrid.

Excmo. Sr. D. Leonardo de Torres Quevedo.—4 de Noviembre de 1918. Válgame Dios, 3, Madrid.

Excmo. Sr. D. José Marvá.—20 de Marzo de 1920. Plaza de Santa Catalina de los Donados, 3, Madrid.

Excmo. Sr. D. Rafael Benjumea y Builla, Conde de Guadalhorce.—5 de Marzo de 1926.

Excmo. Sr. D. Rodolfo Gelabert Viana. Director General de Obras Públicas.—26 de Marzo de 1926.

D. Mariano de La Hoz.—15 de Noviembre de 1926, Director técnico de la Confederación del Guadalquivir. Sevilla.

SECCIÓN DE FÍSICO-QUÍMICAS

D. Blas Cabrera y Felipe.—3 de Abril de 1916. General Martínez Campos, 1, Madrid.

D. Rafael Luna y Noguerras. — 3 de Abril 1916. Catedrático, Valladolid.

D. Manuel Martínez Risco Macías.—4 de Noviembre de 1918. Fuencarral, 22, Madrid.

D. José María Plans y Freire.—4 de Noviembre de 1918. Glorieta de Bilbao, 5, Madrid.

R. P. José A. Pérez del Pulgar, S. J.—4 de Noviembre de 1918. Alberto Aguilera, 25, Madrid.

Excmo. Sr. D. José María de Madariaga.—7 de Abril de 1919. Valverde, 26, Madrid.

- R. P. Eduardo Vitoria, S. J.—16 de Diciembre de 1923.
Colegio de San Ignacio, Sarriá (Barcelona).
- D. Luis Bermejo Vida, Catedrático en la Universidad Central.—1.º de Marzo de 1924.
- D. Carlos Mendizábal.—6 de Abril de 1925.

SECCIÓN DE NATURALES

- D. Alfonso Benavent.—3 de Abril de 1916. Obras Públicas, Barcelona.
- Excmo. Sr. D. Santiago Ramón y Cajal.—3 de Abril de 1916. Alfonso XII, 74, Madrid.
- D. Jesús María Bellido y Golferich.—4 de Noviembre de 1918. Emancipación, 32, torre, Barcelona.
- D. Cayetano Úbeda Saráchaga.—4 de Noviembre de 1918. Bárbara de Braganza, 10, Madrid.
- Excmo. y Rvdmo. Fr. Zacarías Martínez Núñez, Arzobispo de Santiago, 11 de Marzo de 1921.
- Ilmo. Sr. D. Florentino Azpeitia.—13 de Enero de 1922. Príncipe de Vergara, 23, 1.º, Madrid.
- D. Manuel Aulló y Costilla. — 24 de Mayo de 1923. Ferraz, 40, Madrid.
- D. Francisco Rivas Moreno. — 26 de Enero de 1924. Madrid.
- D. Angel Gimeno Conchillos. — Paseo de la Independencia, 35, pral., Huelva.—21 de Octubre de 1925.

R. P. Jaime Pujiula, S. J., Director del Laboratorio Biológico de Sarriá.—23 de Diciembre de 1925.

CORRESPONDIENTES EXTRANJEROS

SECCIÓN DE EXACTAS

M. Jacques Hadamard.—13 de Mayo de 1922. París.

Dr. Alberto Einstein.—12 de Marzo de 1923. Berlín.

SECCIÓN DE FÍSICO-QUÍMICAS

M. Charles Henry.—9 de Enero de 1919. París.

M. Jean Perrin.—20 de Octubre de 1919. París.

M. Paul Sabatier.—13 de Mayo de 1921. Toulouse.

D. Ricardo Zsigmondy.—28 de Octubre de 1922. Gottinga.

Prof. H. Bechhold, Catedrático en la Universidad de Darlstad.—23 de Diciembre de 1925.

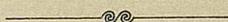
SECCIÓN DE NATURALES

Dr. Geza Horvath. 15 de Mayo de 1922. Musée National Hongrois, Budapest.

D. Felipe Silvestri.—13 de Marzo de 1922. Laboratorio de Entomología. Portici (Italia).

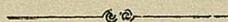
ESCALAFÓN GENERAL

DE SEÑORES ACADÉMICOS NUMERARIOS, POR ORDEN DE ASIS-
TENCIAS, EN 1 DE ENERO DE 1929



D. Antonio de Gregorio Rocasolano	91
D. Manuel Lorenzo Pardo	86
R. P. Longinos Navás	86
D. Pedro Ferrando y Más	66
D. Adoración Ruiz Tapiador	59
D. José Rius y Casas	47
R. P. Patricio Mozota	38
D. José Cruz Lapazarán	37
D. Graciano Silván González	27
D. Ricardo G. Cañada	26
D. Paulino Savirón	26
D. Gonzalo Calamita	22
D. Teófilo González Berganza	21
D. Gonzalo González Salazar	20
D. Miguel Mantecón	20
R. D. Vicente Vardavíu, Pbro.	15
D. José Romero Ortiz de Villacián	12
D. Juan Bastero Lerga	9
D. Andrés Giménez Soler	8
D. Antonio Lasierra	8
D. Pedro Ramón y Cajal	6

Protectores de la Academia



Casino de Zaragoza

Casino Mercantil

Canal Imperial de Aragón

Facultad de Ciencias de Zaragoza

División Hidrológica del Ebro

Consejo de Agricultura y Ganadería de Zaragoza

COMUNICACIONES ENTOMOLÓGICAS

POR EL

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

11. INSECTOS DE LA CIRENAICA

Todos los insectos que voy a enumerar pertenecen al R. O. Agrario de Bengasi y fueron recogidos por D. Jorge C. Krüger, quien me los envió para su estudio. Por tratarse de regiones no exploradas todavía, merecen ser consignados todos, por más que algunas especies sean de área bastante extensa y ya citadas de otros sitios de Africa.

Las enumeraré, como de costumbre, por órdenes y familias.

PARANEURÓPTEROS

Familia LIBELÚLIDOS

1. **Orthetrum sabinum** Drury. Giarabub, VI. 1926.

Familia ESNIDOS

2. **Hemianax ephippiger** Burm. Bardia, VI. 26. Se halla también en Europa y Asia.

Familia CENAGRIÓNIDOS

3. **Ischnura senegalensis** Ramb. Bengasi, 27. IV.

EFEMERÓPTEROS

Familia BÉTIDOS

4. **Cloeon** sp. Agedabia. 30. V. Ejemplar muy imperfecto.

NEURÓPTEROS

Familia ASCALÁFIDOS

5. **Ascalaphus ictericus** Charp. var. **sícula** Ramb. Cyrene, 5. V. Ya encontrado antes en la Cirenaica.

6. **Theleproctophylla variegata** Barce, VI. 1928, ♀ joven.

7. **Bubopsis Costai** Nav. Arx. Inst. Ciencies, Barcelona, 1913, p. 120, f. 9.

El tipo es ♀. Añadiré algunas frases para diferenciar el ♂.

Cerci ♂ longi, subcylindrici, desuper visi parte media basali arcuata, ad medium tuberculo interno, parte apicali subrecta, apice claviformi, contigua; testacea, nigro pilosa, parte basali superne fusco-nigra, tuberculo interno fusco-nigro, breviter denseque piloso; a latere visi (fig. 1) parte basali subrecta, ad medium leviter geniculati, parte apicali leviter claviformi, superne leviter concava; dente inferiore citra angulum inserto, longo, parte proximali cerci fere longiore, antrorsum arcuato, angulum acutum cum parte proximali cerci formante.

Alæ area apicali biareolata vel partim triareolata, areolis posterioribus internis longis.

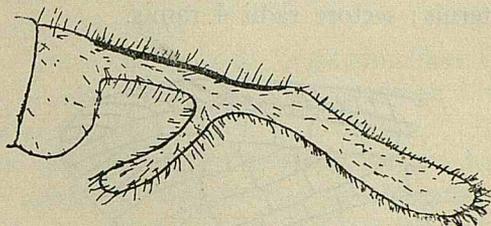


FIG. 1
Bubopsis Costai ♂ Nav. Extremo del abdomen

Ala anterior 6 venulis radialibus internis.

Ala posterior 4 venulis radialibus internis, sectore radii 6 ramis.

Long. corp. ♂	21'3 mm.
— al. ant.	27 "
— — post.	23'7 "
— antenn.	19 "

Patria. Cirenaica: Bengasi VIII. 1928.

N. B. En la descripción original (l. c.) se imprimió: "tibiis Nassis"; debe decir "tibiis crassis".

Familia NEMOPTÉRIDOS

8. *Lertha Dumontí* Nav. (fig. 2).

Lertha (Nemopterella) Dumontí Nav. Broteria, 1924, p. 111.

Los ejemplares ♂ que tengo a la vista difieren algo del tipo, razón por la cual será conveniente añadir algunas frases que completen la descripción.

♂. Obscurior, lineis maculisque corporis obscurioribus.
Antennæ fuscae, in quarto basali fulvæ.

Abdomen cercis superioribus valvæformibus, lamina subgenitali postice truncata.

Ala anterior area apicali fere venulis bradatis divisa (etiam in ♀), stigmatate flavo-albido (fig. 2); 13 venulis radialibus internis; sectore radii 4 ramis.

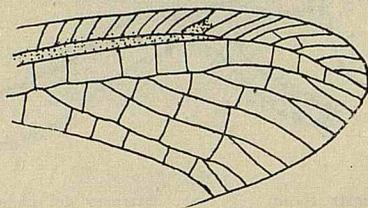


FIG. 2
Lertha Dumonti ♂ Nav. Extremo del ala anterior

Long. corp.	12'5 mm.	(sin el prosóstoma)
— al. ant.	18'5 "	
— — post.	33'5 "	

Patria. Tripolitania: Trípoli VIII. 1927.

Familia MIRMELEÓNIDOS

9. **Palpares hispanus** Hag. Barce, VI. 1928.
10. **Palpares geniculatus** Nav. Bardia, VII. 1926; Bengasi, VIII. 1928.
11. **Gepus curvatus** Nav. Tripolitania: Trípoli, VII. 1927; Cirenaica: Giarabub, VI. 1926.
12. **Gepus invisus** Nav. Bardia, VII. 1926; Giarabub, VI. 1926; Augila, 22. V. 1928.
13. **Morter hyalinus** Oliv. Tripolitania: Tecara, VII. 1927; Cirenaica: Derna, 1. X; Giarabub, VI. 1926.
14. **Morter alternans** Brull. Bengasi, 10.
15. **Cueta lineosa** Ramb. Bengasi, 15. VIII.
16. **Cueta puella** Nav. Bardia, VII. 1926, 12. VIII.
17. **Nophis Teilhardi** Nav. Mem. R. Acad. Cienc. Art. Barcelona, 1912, p. 182. ♂. Allí se pone ♀ por error.

La vista de varios ejemplares del otro sexo me permitirá completar algo la descripción.

♀. Corpus multo brevius, fasciis fuscis latioribus, reticulatione paulo obscuriore.

Thorax superne tribus lineis longitudinalibus fuscis. Pronotum transversum, linea media longitudinali integra, lateralibus a sulco retrorsum.

Abdomen alis brevius, cylindricum, rectum, haud flexuosum; valvis apicalibus superioribus subtriangularibus; stylis cylindricis, flavis, apicem tergiti X haud vel vix excedentibus, nigro longiter pilosis (fig. 3).

Pedes nigro setosi; calcaribus testaceis, rectis, primo tarsorum articulo paulo brevioribus.

Alæ latæ, apice ellipticæ, margine externo convexo, linea plicata anteriore et posteriore manifesta; area apicali venulis gradatis divisa.

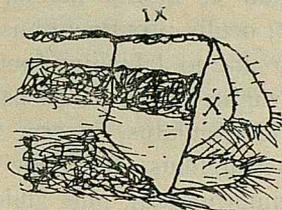


FIG. 3

Nophis Teilhardi ♀ Nav. Extremo del abdomen

Ala anterior 7 venulis radialibus internis, aliquot forte inter se venula longitudinali connexis; sectore radii 9-10 ramis; 3 areolis inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam posteriorem (2 in ♂), totidem fere inter hanc et marginem posteriorem.

Ala posterior 5 venulis radialibus internis; sectore radii 10 ramis; 2 areolis inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam posteriorem (1 in ♂), 2-3 inter hanc et marginem posteriorem.

Long. corp. ♀	30'5 mm
— al. ant.	31'5 "
— — post.	29'4 "

Patria. Cirenaica: Áugila, 20. V. 1928; Gialo, 1. V. 1928.

Por el aspecto exterior se podrá tomar por un *Myrmecælurus trigrammus* Pall.; pero la forma del abdomen y de las patas delatan su naturaleza.

18. **Solter liber** Nav. Giarabub, VI. 1926.

19. **Myrmecælurus trigrammus** Pall. var. **phæophlebia** Nav. Giarabub, VI. 1928.

20 **Myrmecælurus laetus** Klug. Gialo, 5-6. V. 1928; Áugila, 20. V. 1928.

21. **Myrmecælurus lobatus** Nav. Bardia, VII. 1926.

22 **Myrmecælurus indistinctus** sp. nov.

Similis *M. trigrammo* Pall. Fulvus.

Caput vertice fornicato, macula fusca utrimque prope oculus, stria longitudinali et atomo utrimque fuscis; macula fusca inter antenas; oculis prominentibus, fusco-æneis; palpis flavidis, articulo ultimo labialium puncto fusco externe notato; antennis ferrugineo-fuscis, basi pallidis.

Thorax inferne immaculatus, superne tribus lineis longitudinalibus parum sensibilibus, ferrugineis.

Abdomen fere immaculatum, pilis albidis vestitum; penicillis sexti et septimi tergiti reflexis, fulvis, apice nigris, posterioribus paulo longioribus; crecis superioribus ♂ declivibus, brevibus, laminam subgenitalem haud excedentibus, pilis nigris ciliatis.

Pedes flavidi, nigro setosi; calcaribus testaceis, anterioribus duos primos tarsorum articulos æquantibus, posterioribus primum leviter superantibus; tarsorum articulis apice fuscis.

Alæ hyalinæ, vitreæ; stigmatibus flavido, parum sensibili; reticulatione flavo-fulva, haud punctata; pilis brevibus, fuscis.

Ala anterior 7 venulis radialibus internis, 11 ramis sectoris radii; 3 areolis inter lineam plicatam posteriorem et ramum anteriorem cubiti.

Ala posterior 5 venulis radialibus internis; sectore radii 10 ramis; 2 areolis inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam posteriorem.

Long. corp. ♂	27	mm.
— al. ant.	28'5	"
— — post.	26	"

Patria. Cirenaica: Giarabub, VI. 1926.

Por lo tenue y casi nulo de los dibujos del cuerpo, color negro en el ápice de los pinceles del y la uniforme coloración de la malla de las alas, distingue esta especie de las afines.

23. **Nohoveus lepidus** Klug. Gialo, 1-5. V. 1928; Áugila, 20. V. 1928.

24. **Nohoveus Surcoufi** Nav. Áugila, 20. V. 1928.

25. **Nohoveus Krugeri** sp. nov. (fig. 4).

Flavus, fusco varius.

Caput (fig. 4, a) vertice macula grandi fusca utrimque juxta oculos, stria longitudinali fusca, postice ad occiput in str.am transversam dilatata usque ad pronotum continuata; occipite atomo fusco prope lineam mediam; oculis plumbeis; antennis fuscis, flavido annulatis, clava inferne flavida.

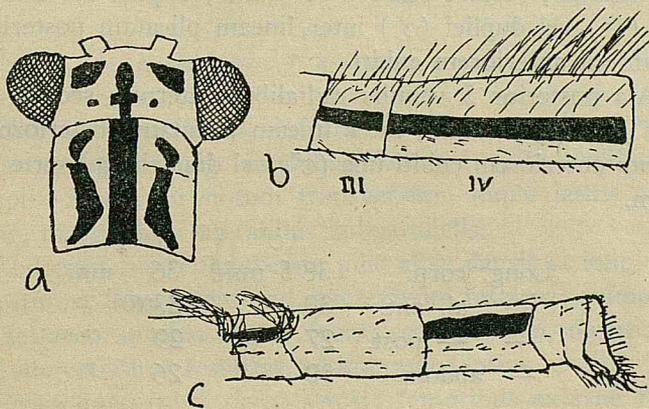


FIG. 4

Nohoveus Krugeri ♂ Nav. a. Cabeza y protórax. b. Parte anterior del abdomen. c. Extremo del abdomen

Thorax inferne linea longitudinali ad latera interrupta, fusca; superne tribus lineis longitudinalibus fuscis. Pronotum transversum (fig. 4, a).

Abdomen ala posteriore longius in ♂, brevius in ♀, superne tribus lineis longitudinalibus fuscis, inferne apice fuscescens in ♀; pilis flavidis, brevibus in ♀, longis in segmentis intermediis in ♂ (fig. 4, b), præcipue in tergitis III et IV; penicillis fulvis, reflexis, primis (sexti tergiti) longioribus; segmentis VIII et IX ♂ longis, octavo immaculato (fig. 4, c); cercis ♂ declivibus, laminam subgenitalem superantibus, nigro pilosis.

Pedes flavo pilosi, fusco setosi; calcaribus testaceis, anterioribus primum tarsorum articulum leviter superantibus, posterioribus eo paulo brevioribus; unguibus longis, testaceis, subparallelis, leviter arcuatis.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice obtusæ, margine externo levissime sub apicem concavo; in ♂ angustiores; stigmatate flavo, interne tenuiter fuscato; subcosta in ♀, in ♂ etiam radio et cubito cum ramis fusco striatis, pilis fuscis; furculis marginalibus fusciscentibus.

Ala anterior venulis gradatis apicalibus et pluribus discalibus in medio externo alæ fusciscentibus; 6 venulis radialibus internis; sectore radii 8-10 ramis; triplici serie areolarum (♀) vel duplici (♂) inter lineam plicatam posteriorem et ramum anteriorem cubiti.

Ala posterior 5 venulis radialibus internis; sectore radii 8 (♂)-10 (♀) ramis; inter lineam plicatam posteriorem et ramum anteriorem cubiti una (♂) vel duplici (♀) serie areolarum.

	♂	♀
Long. corp.	38'5 mm.	36 mm.
— al. ant.	30 "	33'6 "
— — post.	27 "	29 "
— abdom.	30 "	26 "

Patria. Cirenaica: Gialo, 1. 5. 1928 (♂), Áugila (♀) 20. V. 1928.

He llamado *Krugi* esta especie en obsequio de su diligente cazador D. Jorge Krüger.

El ♂ es muy distinto de las especies que conozco por la longitud del abdomen.

26. **Neuroleon tenellus** Klug. Barce, 10. VI. 1928; Giarabub, VI. 1926.

27. **Neuroleon algericus** Nav. Gialo, 25. IV. 1928.

28. **Nelees laniger** sp. nov. (fig. 5).

Caput (fig. 5) flavo-fulvum, macula inter et pone antennis fusca, ante antennis processu nigro, linea transversa in vertice et longitudinali usque ad pronotum fusca; palpis totis flavis.

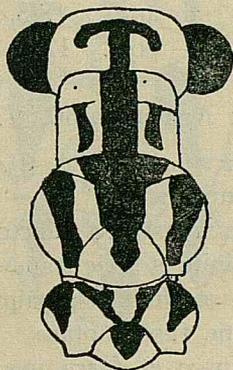


FIG. 5

Nelees laniger ♂ Nav. Cabeza y tórax

Thorax flavo-fulvus, inferne fascia longitudinali fusca sub alas, superne (fig. 5) tribus fasciis longitudinalibus interruptis fuscis. Pronotum transversum, duplo latius longitudine, marginibus lateralibus subparallelis.

Abdomen fusco-plumbeum, pilis albis densis et longiusculis vestitum, linea laterali ad connexivum testacea; primo tergito testaceo, macula media fusca, secundo basi, tergitis 2-4 apice angustissime testaceis, ultimo apice latius.

Pedes flavo-fulvi, nigro setosi; femoribus externe fuscatis; tibiis I et II fusco punctatis; calcaribus testaceis, primis duos primos, ultimis primum tarsorum articulum æquantibus aut superantibus, ultimo articulo longo, apice fusco.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice acutæ, margine externo leviter sub apicem concavo; stigmatibus flavido, vix sensibili; reticulacione flavo-fulva, venulis plerisque et ramis ad marginem exter-

num fuscescentibus; venis ramisque ad venularum insertionem fusco striatis.

Ala anterior area apicali lata, serie venularum gradatarum divisa; 7 venulis radialibus internis; sectore radii 6 ramis; area marginali posteriore simplice; radio subtoto fulvo.

Ala posterior area apicali simplice; una venula radiali interna; sectore radii 5 ramis et furca apicali longa.

Long. corp.	17	mm.
— al. ant.	18'5	"
— — post.	17	"

Patria. Cirenaica: Agadabia, 30. V.

29. **Nelees junior** sp. nov. (fig. 6).

Minor, fulvo-stramineus.

Caput vertice serie transversa punctorum, linea longitudinali media, alia in occipite et serie transversa simili ex punctis ferrugineis; oculis fusco-plumbeis; palpis flavidis, ultimo articulo lab alium externe fusco notato.

Thorax inferne fusco et ferrugineo maculatus; superne (fig. 6) tribus lineis longitudinalibus, lateralibus fuscis, media partim ferruginea, partim longitudinaliter divisa. Pronotum transversum, linea media pone sulcum fusca, ante sulcum furcata, ferruginea, duobus punctis utrimque fuscis, pilis lateralibus albis. Mesonotum linea media ferruginea, longitudinaliter divisa, in parte anteriore mesoscutelli fusca.

Abdomen fuscum, linea laterali ad connexivum et margine posteriore segmentorum fulvis (apex deest).

Pedes fulvo-flavi, albido pilosi, nigro setosi, femoribus I apice, II et III subtotis fuscis, tibiis fusco punctatis, II crebre; calcaribus leviter arcuatis, testaceis, primum tarsorum articulum superantibus, anterioribus duos primos æquantibus; coxis femoribusque I pectine pilorum alborum arcuatorum dotatis.

Alæ angustæ, subacutæ, margine externo convexo, vix sub apicem concavo, hyalinæ, irideæ, reticulatione albida, venis ramisque ad venularum insertionem fusco striatis; stigmatibus albido.

Ala anterior duplici stria fusca obliqua, externa a rhexmate antrorsum irregulari, longa, interna brevior ad anastomosis rami obliqui cubiti, arcuata, venulis ibidem fuscis; stigmatate interne fusco limitato; 5 venulis radialibus internis; 6 ramis sectoris radii; area apicali serie venularum gradatarum dotata.

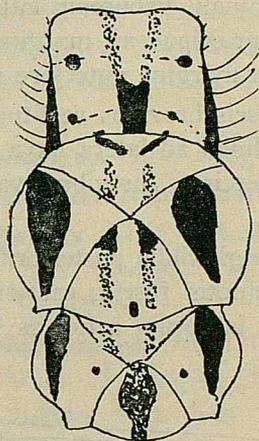


FIG. 6

Nelees junior Nav. Tórax

Ala posterior pallidior, reticulatione albida ad aream axillarem, venulis gradatis seu discalibus externis fuscis; una venula radiali interna alba; 5 ramis sectoris radii.

Long. al. ant. 14 mm.
 — — post. 11'6 "

Patria. Cirenaica: et Scegga, 5. VIII.

Un ejemplar imperfecto, al que le faltan las antenas y el extremo del abdomen, que no he podido referir a ninguna de las especies que conozco.

30. **Formicaleo annulatus** Klug. Derna, 1. X; Giarabub, VI. 1926; Bardia, VII. 1927, 15. VIII.

31. **Cordeses insignis** sp. nov. (fig. 7).

Fuscus.

Caput labro, clypeo et parte inferiore frontis, linea juxta

oculos, occipite ad latera flavis; palpis flavis, articulo ultimo labialium puncto fusco externo notato; antennis longis, thorace paulo longioribus, articulo primo flavo, antice pilis brevibus setiformibus nigris hirto.

Thorax superne duabus lineis longitudinalibus flavis, in pronoto puncto elongato etiam ante sulcum transversum et striola media longitudinali. Pronotum latius longitudine, pilis nigris setiformibus, præcipue ad marginem posteriorem dotatum. Similes pili in margine anteriore mesonoti.

Abdomen pilis fuscis brevibus vestitum, plerisque tergitis stria obliqua longitudinali ad latera flava, medio dilatata; lamina subgenitali et cercis ♂ brevibus, valvæformibus, testaceis.

Pedes graciles, longi, tibiis posterioribus leviter arcuatis, flavidi; femoribus subtotius fuscis; calcaribus testaceis, anterioribus duos primos tarsorum articulos superantibus, posterioribus brevioribus.

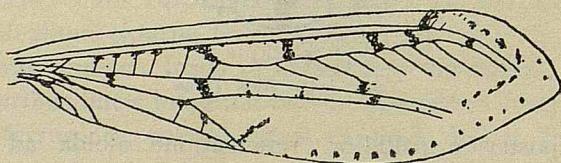


FIG. 7

Cordeses insignis ♂ Nav. Ala anterior. (parcial, esquemática)

Alæ angustæ, acutæ, margine externo leviter sub apicem concavo; membrana hyalina, iridea; stigmatè flavido, interne fusco limitato; reticulatione flavida, fusco varia; venis ramisque ad venularum insertionem fusco striatis.

Ala anterior (fig. 7) 5 venulis radialibus internis; sectore radii 7 ramis; venulis multis fusco anguste limbatis, duabus tribusve radialibus et procubitalibus latius, striola ad anastomosim rami obliqui cubiti; plerisque venulis ad insertionem fusco limbatis, furculis marginalibus ad axillas.

Ala posterior paucis venulis limbatis, 2-3 radialibus; sectore radii 6 ramis.

Long. corp. ♂	25	mm.
— al. ant.	26'7	"
— — post.	24	"

Patria. Cirenaica: Bardia, VII. 1926.

El ala anterior, atendiendo solamente a los dibujos, ofrece bastante semejanza con el *Nicarinus pœcilopterus* Stein. Vide Esben Petersen, Entom. Medd. 1918, p. 109, pl. II, fig. 5.

32. **Creoleon plumbeus** Oliv. Bengosi, 15. VIII.

33. **Creoleon africanus** Ramb. Barce, 10. VI. 1928.

34. **Creoleon gracilis** Klug. Giarabub, VI. 1926; Bardia, VII. 1926, 15. VIII; Zerava, VII. 1927; Bengasi, 15. VIII. Barce, 10-12. VI. 1928.

35. **Creoleon cinerascens** Nav. *Creagris cinerascens*. Navás, Broteria, 1912, p. 59. Áugila, 20. V. 1928.

Creoleon Klugi. Navás, Bull. Soc. R. Entom. Egypt., 1926, p. 50.

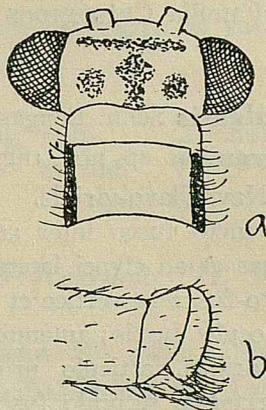


FIG. 8

Creoleon indigus ♂ Nav. a. Cabeza y protórax. b, Extremo del abdomen

Creoleon irroratus. Esben Petersen, Ann. and Mag. Nat. Hist. 1925, p. 339.

Myrmeleon irroratus Klug, Symbolæ Phys. dec. 6, pl. 35. 8. 6. n.º 5.

Por ser el nombre de Klug *irroratus* aplicado al *Myrmeleon* sinónimo, o *nomen mortuum*, porque ya existía otra especie del mismo nombre, *Myrmeleon irroratus* Oliv., lo cambié en *Klugi* en obsequio de su inventor Klug. Pero Esben Petersen (l. c.) opina que mi *cinerascens* es idéntico al *irroratus* Klug. En este caso, siendo el único nombre válido y anterior al *Klugi*, debe decirse *Creoleon cinerascens* Nav., por ley de prioridad.

36. **Creoleon indigus** Nav. (fig. 8) Girabub, VI. 1926. el tipo es de Egipto.

Será útil dar algunas figuras para el mejor conocimiento de esta especie y las dimensiones del ejemplar que tengo a la vista.

Long. del cuerpo	21	mm
— ala ant.	21'4	"
— — post.	19'5	"

Familia CRISÓPIDOS

37. **Chrysopa vulgaris** Schn. Bengasi, 28. VIII.

38. **Chrysopa pygmæa** sp. nov. (fig. 9).

Similis *puparia* Nav. Flavo-viridis.

Caput (fig. 9) puncto fusco inter antennis, stria nigra longitudinali ad genas et ad clypei latera; duplici stria longitudinali brevi rubro-fusca in vertice et striola simili in occipite juxta oculos; oculis fuscis; antennis longis, flavis, apicem versus obscurioribus, articulo primo elongato, stria fusca longitudinali externa, secundo fusco annulato.

Pronotum transversum, duplo latius longitudine, marginibus lateralibus parallelis, obscuratis, angulis anticis truncatis. Meso-et metanotum stria fusco-pallida longitudinali ad humeros.

Abdomen immaculatum.

Pedes teretes, tibiis posterioribus leviter compressis.

Alæ hyalinæ, iridexæ, reticulatione ad pilos fuscis atomis fuscis signata.

Ala anterior apice elliptice rotundata; venulis intermediis 4-5, prima cellulæ divisoriæ prope apicem inserta; venulis gradatis 2/3.

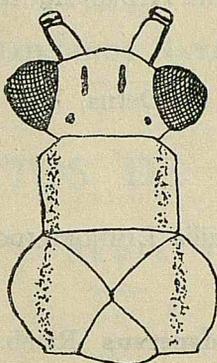


FIG. 9

Chrysopa pygmaea Nav. Parte anterior del cuerpo

Ala posterior apice subobtusa vel parabolica; venulis intermediis 3, gradatis 1/1.

Long. corp.	2'9 mm.
— al. ant.	7 "
— — post.	6'2 "

Patria. Cirenaica: Giarabub, VI. 1926; Gialo, 1. V. 1928.

39. **Chrysopa nana** Mc Lachl. Ain Zara, VII. 1927.

40. **Chrysopa Fedschenkoi** Mc Lachl. Giarabub, VI. 1926.

Familia HEMERÓBIDOS

41. **Hemerobius Navasi** Andreu. Tobruk, III. 1925.

TRICÓPTEROS

Familia HIDROPSÍQUIDOS

42. **Hydropsyche** sp. Derna, VII. 1925. Tres ejemplares ♀.

Familia LIMNOFÍLIDOS

43. **Mesophylax adpersus** Ramb. Ain Mara, 15. IV.

Zaragoza, 7 de Mayo de 1929.

COMUNICACIONES ENTOMOLÓGICAS

POR EL

R. P. LONGINOS NAVÁS, S. J.

12. INSECTOS DE LA INDIA

2.^a SERIE (1)

Los insectos de la India que voy a enumerar son los que he podido estudiar últimamente y no han visto la luz en otras publicaciones. Alguno que otro de Kurseong en el Himalaya lo he recibido directamente del P. Lebas, S. J., según indicará; los restantes me los envió el P. Sala y la mayor parte fueron capturados por él mismo en Khandala, Bandra, etc.

PARANEURÓPTEROS

Familia LIBELÚLIDOS

44. **Hydrobasileus croceus** Brau. Khandala (Bombay, 24. X. 1928.

Familia ESNIDOS

45. **Hemianax ephippiger** Burm. Khandala, 23. X. 1928.

(1) Véase la 1.^a serie en esta misma Revista, 1929, p. 177.

46. *Periaeschna Lebasi* sp. nov. (fig. 9).

Caput facie viridi-olivacea, fronte olivacea, superne angulosa, ferruginea; labro et labio flavo-viridibus; oculis fuscis, sutura longa, triangulo occipitali parvo, fusco-viridi.

Thorax fuscus, fascia humerali longitudinali viridi utrimque, antrorsum et extrorsum arcuata et angustata; 2 fasciis obliquis ad pleuras, olivaceis, medio macula elliptica elongata flava.

Abdomen basi mediocriter inflatum, fortius in plano verticali, ad tertium segmentum sensim angustatum, in reliquo cylindricum; inferne testaceum, superne fuscum, stria media longitudinali in tribus primis segmentis viridi et latiore, in reliquis testacea et angusta, ad medium tergitorum fere in

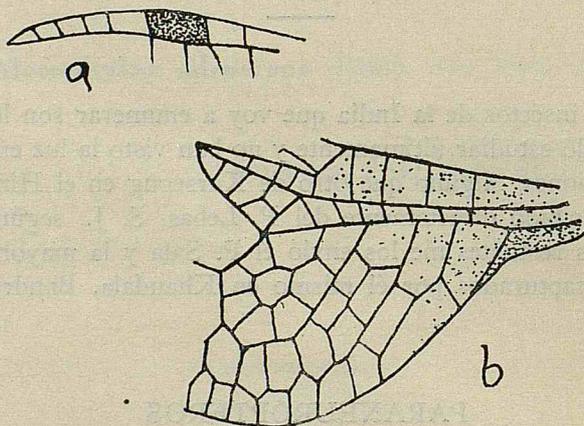


FIG. 9
Periaeschna Lebasi ♀ Nav. Ala posterior. a. Región estigmática
 b. Región axilar

punctum laterale dilatata; cercis superioribus fuscis, tenuibus, acutis; stylis testaceis; lamina subgenitali apicem abdominis excedente, testacea, inferne fusca.

Alæ apice parabolico; membrana hyalina, leviter ferrugineo tincta, distinctius ultra medium; ad basim flavo-ferrugineo tincta; membranula grisea, angusta; in furca sectoris subnodalis (sectoris radii) duplici serie areolarum, una serie post rimum posteriorem ipsius; stigmatate ferrugineo, brevi,

tres subjectas areolas implente, in ala posteriore sinistra 2 (fig. 9, *a*); fere 4 venulis radialibus citra arculum (fig. 9, *b*), seu in spatio medio; reticulatione fusco-nigra, densa.

Ala anterior fere 20-21 venulis costalibus antenodalibus, 16 postnodalibus; triangulo discali elongato, 5 areolis.

Ala posterior (fig. 9) fere 15-17 venulis antenodalibus, 18 postnodalibus; triangulo discali interne lato, parum elongato, 5 areolis; circinno axillari 9 areolis, angusto (fig. 9, *b*).

Long. corp. ♀	60 mm.
— al. ant. et post.	43 "
— abdom.	47 "

Patria. Kurseong (Sikkim) en el Himalaya. P. Lebas, S. J. leg. Coll. m.

47. ***Gynacantha rotundata*** sp. nov. (fig. 10).

Similis *hyalinæ* Sel. Minor.

Caput facie testaceo-ferruginea, labro ferrugineo, lævi, nitido; labio flavo-fulvo; fronte flavo-fulva, carina arcuata, pilis fuscis, signum T capite forti, medio latiore; triangulo occipitali minuto, flavo; oculis ferrugineis, sutura longa; ocellis testaceis, nitentibus; antennis fuscis, primo articulo testaceo.

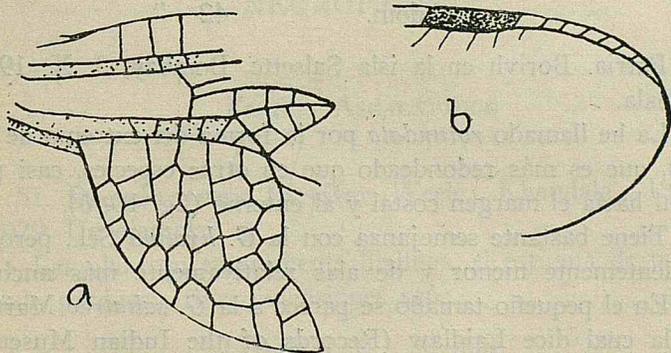


FIG. 10

Gynacantha rotundata ♀ Nav. Ala posterior. *a*. Base. *b*. Región estigmática

Thorax ferrugineus, ad latera pallidior, viridescens, nulla macula vel stria aut fascia pictus.

Abdomen basi parum inflatum, in tertio segmento parum angustatum, in reliquis cylindricum; primo segmento fulvo-testaceo, secundo inferne fulvo-testaceo, superne fusco-ferrugineo, reliquis subtotis fusco-ferrugineis, ultimis sternitis et stylis testaceis; cercis superioribus fuscis; dentibus laminae subgenitalis arcuatis, fusco-nigris.

Pedes toti testacei vel testaceo-ferruginei, nigro setosi.

Alae latae, apice rotundatae, membrana hyalina, in area subcostali leviter flavo tincta, et in costali ultra nodum et in parte interna areae cubitalis; stigmatate elongato, angusto, testaceo-ferrugineo; triangulis discalibus 5 areolis; triplici serie areolarum inter furcam sectoris radii et ramum supplementarium; reticulatione tota fusca; membranula angusta, grisea.

Ala anterior 17-18 venulis antenodalibus, 14-15 postnodalibus; triangulo discali subduplo longiore latitudine.

Ala posterior (fig. 10) 12-13 venulis costalibus antenodalibus, 15-16 postnodalibus; triangulo discali sesquilongiore latitudine; circinno axillari angusto, elongato, 9 areolis in duas series positus.

Long. corp. ♀	58 mm.
— al. ant. et post.	37 "
— abdom.	42 "

Patria. Borivli en la isla Salsette, Bombay, 3. X. 1929, P. Sala.

La he llamado *rotundata* por la forma del extremo de las alas, que es más redondeado que en otras especies, casi por igual hacia el margen costal y al externo (fig. 10, b).

Tiene bastante semejanza con la *G. hyalina* Sel., pero es evidentemente menor y de alas relativamente más anchas.

En el pequeño tamaño se parece a la *G. saltatrix* Martin, de la cual dice Laidlaw (Records of the Indian Museum, 1921, p. 91): "This is the smallest of the Indian species that I know of. Length of abdomen 42 + 6 mm., of hinderwing 39 mm." Esta especie es aún algo menor, al menos en las alas, y en todo lo demás evidentemente distinta.

De la especie *G. Millardi* Fraser, de Bengala, escribe

Laidlaw (ibid. p. 91): "This interesting new species differ from other Indian Gynacanthas in having but little constriction of the abdomen at the second and third segments, a feature which makes it easily distinguishable form its allies". En esto se le parece la nueva especie, distinguiéndose al momento en el menor tamaño, etc.

La forma del rizo axilar del ala posterior es también, según creo, buen distintivo de esta especie, aunque no le sea exclusivo.

Familia AGRIÓNIDOS

48. **Rhinocypha trifasciata** Sel. Kurseong, 600-700 m. 23. VIII. 1929, P. Lebas.

49. **Rhinocypha bifasciata** Sel. Kurseong, 1929.

50. **Rhinocypha bisignata** Sel. Khandala, 17. V. 1929. Me escribe el P. Sala: "Revolotea muy ligera en sitios soleados junto al agua de profundos barrancos. Al herirle los rayos del sol brilla con singular hermosura y coloración".

NEURÓPTEROS

Familia ASCALÁFIDOS

51. **Pseudoptynx furcifer** Weele. Khandala, 18. V. 1929. Un ejemplar ♀.

Las alas son enteramente hialinas, el estigma de un leonado pardusco. Sus dimensiones son:

Longitud ♀	30 mm.
Ala ant.	37 "
— post.	33 "
Antenas	25 "

52. **Helicomitus dicax** Walk. Bandra, 3. VI. 1929.

“Fué capturado de noche junto a la luz eléctrica, en la enfermería, por el H. Benavent, enfermero, que ya ha cogido varios neurópteros en su oficina”. P. Sala.

53. *Helicomitus Xaverii* sp. nov. (fig. 11).

Similis *H. Salvatoris* Nav.

Caput testaceum, fulvo pilosum; vertice et occipite fusco-nigris, labro subfusco; oculis fuscis; palpis testaceo-ferrugineis; antennis 27·9 mm. longis, testaceis, apicem versus obscurioribus, clava forti, pyriformi, nigra.

Prothorax fortiter transversus, superne niger, marginibus anteriore et posteriore flavis, fulvo pilosis. Pectus nigrum. Pleuræ flavæ, 2 fascis obliquis latis in meso-et metathorace fuscis. Notum flavum, fascia laterali lata et stria ad sulcos obliquos piceis.

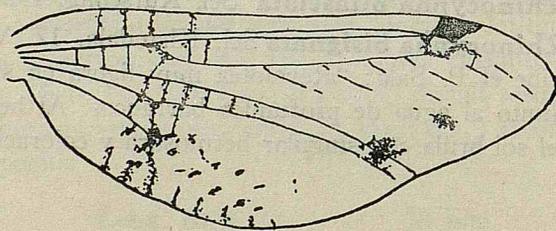


FIG. 11

Helicomitus Xaverii ♀ Nav. Ala posterior (esquemática)

Abdomen fuscum, superne macula triangulari flava in plerisque segmentis.

Pedes tubtoti fusci, fusco pilosi, ultimo tarsorum articulo superne fulvo; calcaribus rectis, anterioribus duos primos tarsorum articulos æquantibus, posterioribus apicem primi haud attingentibus.

Alæ membrana hyalina, reticulatione fusca, pluribus venulis costalibus et discalibus in medio interno alæ fusco-ferrugineo limbatis; macula fusca ad rhegma, seu curvam probubiti; stigmathe opaco, elongato, 5 venulis comprehenso, nigro; area apicali biareolata; basi anguste fuscae.

Ala anterior venula radiali substigmali fusco limbata; 5 venulis radialibus internis, 5 ramis sectoris radii, primo ramoso, ultimo furcato.

Ala posterior (fig. 11) duabus venulis substigmalibus et parte radii ejusque sectoris contigua fusco limbatis; 3 venulis radialibus internis; 5 ramis sectoris radii, primo ramoso; gutta fusca in secundo ramo sectoris inter stigma et maculam rhegmaticam.

Long. corp. ♀ 21'4 mm.

— al. ant. 30'5 "

— — post. 26'5 "

Patria. Annand (N. O. India), 1. IX. 1929, H. Benavent, S. J.

He llamado *Xaverii* esta hermosa especie en honor del gran apóstol de la India San Francisco Javier.

Familia MIRMELEÓNIDOS

54. **Morter hyalinus** Oliv. Anand, N. O. India, 1. IX. 1929. Notable localidad, que extiende el área de esta especie hacia el oriente. "El H. Benavent me lo mandó sin cabeza con otros dos Mirmeleónidos juntos". P. Sala.

55. **Cueta abdominalis** sp. nov. (fig. 12).

Similis *tostæ* Nav.

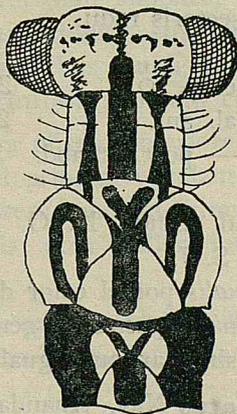


FIG. 12

Cueta abdominalis Nav. Parte anterior del cuerpo

Caput (fig. 12) fulvum, macula nigra inter antenas, antice acute emarginata; vertice 2 punctis fuscis pone antenas, linea longitudinali et punctis in seriem transversam fuscis; palpis fulvis, articulo ultimo labialium grandi, subtoto fusco.

Thorax inferne fuscus, superne (fig. 12) fulvus, 3 striis longitudinalibus fuscis, lateralibus in mesonoto longitudinaliter divisus, in metanoto cum media antice conjunctis. Pronotum transversum, pilis lateralibus pallidis.

Abdomen subtotum fuscum, griseo breviter denseque pilosum, stylis ♀ fuscis.

Pedes albido pilosi, nigro setosi; femoribus fuscis; tibiis tarsisque fulvis, apice tiliarum late, articulorum tarsorum anguste fusco; calcaribus rectis, fulvis, primo tarsorum articulo brevioribus.

Alæ membrana hyalina, stigmatate fulvo pallido, interne fusco limitato, reticulatione fusca, parce fulvo vel fulvo-pallido striata.

Ala anterior 9 venulis radialibus internis, 9 ramis sectoris radii; paucis venulis ad insertionem anguste fusco limbatis; stria rheimatica manifesta fusca, a rheimate antrorsum usque ad lineam plicatam evanescente, interna ad anastomosim rami obliqui cubiti angusta, leviter arcuata; area axillari simplice.

Ala posterior nullis venulis limbatis; 9 venulis radialibus internis; 9-10 ramis sectoris radii.

Long. corp. ♀	27'5 mm.
— al. ant.	24'7 "
— — post. et abd.	21 "

Patria. Hyderabad (Sind), N. O. India, 5. IX. 1929, H. Rafael Benavent, S. J.

La llamo *abdominalis* por el color del abdomen obscuro, más que todas las demás especies del género que conozco. Su longitud es asimismo singular, pues iguala la del ala posterior.

56. **Balaga pupillatus** Nav. Khandala.

Es de interés biológico lo que me escribe el P. Sala. "Este mirmeleónido ama los sitios más umbríos del bosque. No deja

de ser interesante un dato bionómico. Con las alas plegadas hacia atrás, a veces se ponen cuatro a cinco a lo largo de un delgado tallo de una mata, de tal manera, que cuando yo los miraba fijamente y muy de cerca, *todos* automáticamente se giraban al otro lado, para no presentar la cara al enemigo. Daba yo media vuelta para observarlos otra vez, y se repetía el fenómeno. Se ve que en la unión encuentran la estrategia y fuerza. Además, puestos en hilera todo parecen menos neurópteros. Este es uno de tantos ejemplos en el que se ve claramente, que el insecto usa tales artificios para librarse del enemigo”.

57. **Baga** gen. nov.

Similis generi *Balaga* Nav.

Antennæ insertione distantes, graciles, clava debili seu parum dilatata.

Prothorax transversus.

Abdomen cylindricum, alis brevius, cercis haud exertis, valvæformibus.

Pedes mediocres, tibiis brevioribus suis femoribus, calcaribus rectis, primo tarsorum articulo subæqualibus, vel paulo longioribus (in pede I); primo tarsorum articulo elongato, tribus sequentibus brevibus, subæqualibus, quinto longiore primo.

Alæ acutæ, area costali simplice, angusta, apicali serie venularum gradatarum divisa; stigmatum opaco, subelliptico; reticulatione densa; pluribus venulis radialibus internis; linea plicata posteriore manifesta; angulo cubiti aperto.

Ala anterior linea plicata anteriore ad medium indicata; ramus abortivo cubiti primam venulam cubitalem excedente; inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam plerumque 2, in medio 3 areolis; area axillari interne serie venularum gradatarum divisa.

Ala posterior una serie areolarum inter cubitum et lineam plicatam, pluribus inter hanc et marginem posteriorem; axilla ♂ pilula dotata.

El tipo es la siguiente especie.

Difiere de *Balaga* Nav. en la carencia de venillas gradi-

formes en el campo costal del ala anterior, en el indicio de la línea plegada anterior en la misma ala, etcétera.

58. **Baga montana** sp. nov.

Caput nigrum, in vertice et occipite opacum, in facie nitens, clypeo et labro flavis; oculis fuscis; palpis flavis, ultimo articulo labialium subfusco, antennis totis fuscis, ad articulationes obscurioribus, longitudine thoracis vel longioribus, clava vix dilatata, acutis.

Thorax fusco-ferrugineus. Pronotum transversum, margine anteriore late rotundato, fascia fulva ad margines laterales.

Abdomen fuscum, in ♂ longius, stylis ♀ fuscis.

Pedes fulvo-testacei, fusco setosi; femoribus fascia lata ante apicem, tibiis apice, tarsis subtotis fuscis, primo articulo basi testaceo; calcaribus testaceis, rectis, anterioribus primum tarsorum articulum leviter superantibus, posterioribus haud æquantibus.

Alæ acutæ, margine externo convexo, hyalinæ, irideæ; stigmatibus albo-fulvo, elliptico, in ♂ magis elongato, nec costam attingente; reticulatione fusca; subcosta et radio parum distincte fulvo striatis.

Ala anterior area apicali interne duplici serie venularum gradatarum divisa, anteriore brevi, posteriore usque ad apicem; 7 venulis radialibus internis, 14 ramis sectoris radii; in area axillari 5-6 venulis gradatis.

Ala posterior 5 venulis radialibus internis, 16 ramis sectoris radii; pilula ♂ globosa, fusca.

	♂	♀
Long. corp.	35'5 mm	30'5 mm.
— al. ant.	38 "	38 "
— — post.	37'5 "	37'5 "

Patria. Kurseong (Vikkrim) 3. IX-2. X. 1929, ♂. Lebas, S. J.

59. **Mymecælurus nigellus** sp. nov.

Flavus, nigro varius.

Caput flavum, macula grandi nigra inter, ante et pone

antennas, antice pofunde et acute emarginata, postice in lobos rotundatos juxta oculos producta; vertice et occipite stria longitudinali et puncto ad occiput, nigris; oculis fuscis; palpis flavis, ultimo articulo subtoto nigro; antennis 5 mm. longis, thoraci longitudine æqualibus, nigris, clava superne fusca, inferne ferruginea; primo articulo flavo annulato.

Thorax flavus, flavo pilosus, superne 3 striis longitudinalibus nigris, lateralibus interruptis. Pronotum transversum, striis lateralibus a sulco transverso retrorsum.

gitudinali media nigra, duobus ultimis segmentis cum appendicibus flavis; penicillis VI et VII tergiti brevibus, pilis nigris, ultimis flavis, apice nigris; cercis superioribus ♂ declivibus, apice attenuatis, nigro pilosis; lamina subgenitali longiuscula, declivi, apice nigro pilosa; ♀ superne tribus lineis longitudinalibus nigris, media crassiore et in tergitis ultimis dilatatis; stylis brevibus, nigro pilosis.

Pedes flavi, flavo pilosi et nigro setosi; femoribus I et II leviter fulvo tinctis; apice articularum tarsorum fusco; calcaribus rectis, testaceis, primum tarsorum articulum excedentibus.

Alæ hyalinæ, apice subacutæ; reticulatione nigra, subcosta flavo striata, aliquot venulis ramisque partim flavidis; linea plicata anteriore et posteriore flavida; stigmatibus flavo citrino, in ala posteriore exiguo; area apicali serie venularum gradatarum divisa; marginibus nigrescentibus.

Ala anterior 7 venulis radialibus internis, 12 ramis sectoris radii; linea plicata anteriore apice externo nigra; fere 3 areolis inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam posteriorem, 3-4 inter hanc et marginem posteriorem; margine externo levissime sub apicem concavo.

Ala posterior 5 venulis radialibus internis, 11 ramis sectoris radii; 2 areolis inter ramum anteriorem cubiti et lineam plicatam posteriorem ad medium, 3 inter hanc et marginem posteriorem.

	♂	♀
Long. corp.	26 mm.	22 mm.
— al. ant.	26'5 "	25 "
— — post.	22'5 "	22'3 "

Patria. En el tren, varios ejemplares capturados por el H. Rafael Benavent cerca de Hyderabad (N. C. India, Lind), yendo a Quetta, 2. IX. 1929.

60 *Nelees reticulatus* sp. nov.

Similis *clathrato* Nav. Minor.

Caput fulvum, macula inter antennis, antice in angulum emarginata, stria transversa in fronte, punctis in vertice et occipite fuscis; oculis fuscis; palpis fulvis; antennis testaceis, fusco annulatis, duobus primis articulis fuscis, clava mediocri.

Thorax fulvo-flavus, superne stria fusca longitudinali ad latera, inferne stria longitudinali fragmentaria sub alas fusca. Pronotum alia stria longitudinali juxta lateralem et punctis mediis fuscis. Meso-et metanotum duobus punctis anterioribus fuscis.

Abdomen testaceum, fulvo breviter pilosum, superne ad latera obscurius, apice pilis fuscis, stylis ♀ brevibus.

Pedes flavidi, nigro setosi, apice tiliarum et articulorum tarsorum anguste fusco; calcaribus testaceis, anterioribus duos primos tarsorum articulos æquantibus, posterioribus primum superantibus.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice acutæ, margine externo convexo, vel vix sub apicem concavo; reticulatione fusca, subcosta, radio et cubito fulvo striatis.

Ala anterior stigmatate testaceo, venulis plerisque pone radium angustissime, pone cubitum anguste, in quinto externo, in area apicali, in furculis apicalibus et marginalibus externis ad axillas latius fusco-ferrugineo limbatis; 7 venulis radialibus internis, 8 ramis sectoris radii.

Ala posterior pallidior, solum venulis ultimis discalibus in septimo externo et axillis furcularum marginalium apica-

lium et externarum fusco-ferrugineo limbatis; una venula radialis interna; sectore radii 9 ramis.

Abdomen fuscum, fusco breviter pilosum, macula dorsali fulva in tertio segmento.

Pedes fulvo-albi, albo pilosi, fusco setosi, femoribus I superne subtotis, II superne apice, III tractu longo dorsali, tibiis puncto medio dorsali et fascia lata apicali fuscis; calcariibus testaceis, tres primos tarsorum articulos æquantibus ant superantibus; tarsis subtotis fuscis, articulo primo longe pallido ad basim.

Alæ hyalinæ, acutæ, margine externo leviter sub apicem concavo; stigmatate in colore, interne late fusco limtato; reticulatione fusca, pallido varia, in fascia obliqua pone stigma pallida; subcosta et radio pallido striatis.

Ala anterior area costali angusta, venulis simplicibus, apicali serie venularum gradatarum divisa; 7 venulis radialibus internis; 10 ramis sectoris radii; area axillari angusta, 6-7 venulis. Multæ venulæ fusco limbatae, præcipue in disco, tribus ultimis radialibus, gradatis externis, in duas strias obliquas irregulares fuscas; alia stria obliqua ad anastomosim rami obliqui cubiti; præterea multis aliis in disco et in area axillari tenuius et pallidius, irregulariter quasi umbras griseas vel lineas transversas efficientibus.

Ala posterior (fig. 13) pallidior, pluribus venulis in medio interno pallidis, paucis fusco limbatis, tribus ultimis radialibus et aliquot discalibus in quarto externo ad rhagma et antrorsum.

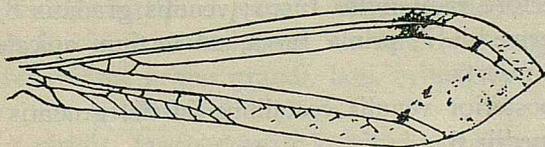


FIG. 13

Salvaia umbratus ♀ Nav. Ala posterior (esquemática)

Long. corp. ♀	20	mm.
— al. ant.	23'6	"
— — post.	22'3	"

Patria, Khandala, 11. V. 1929.

Familia CRISÓPIDOS

61. **Chrysopa Schmitzi** Nav. Bandra, 12. I. 1929; J. Salsette, 18. II. 1928.

62. **Chrysopa herasina** Nav. Khandala, 16-22. V. 1929.

63. **Cintameva guttata** sp. nov.

Caput flavum, facie cum primo articulo antennarum viridi; oculis æneis; palpis antennisque flavis.

Thorax viridis, fascia longitudinali dorsali flava. Pronotum transversum, antrorsum leviter angustatum. Mesonotum gutta fusca ad lobos humerales. Metanotum puncto fusco anteriore juxta fasciam flavam. Meso-et metascutellum viridia.

Abdomen inferne flavum, superne viride, fascia longitudinali flava.

Pedes virides, viridi pilosi, posterioribus longis, tibiis teretibus; tarsis flavis.

Alæ hyalinae, irideæ, apice acutæ; reticulatione, pilis fimbriisque viridibus; stigmatе venulis viridibus diviso; venulis gradatis in series medio separatas, seu serie interna externe concava; venulis mediis seriei internæ fuscis.

Ala anterior macula fusca ad medium seriei internæ et alia minore inter ramum anteriorem et posteriorem sectoris cubiti; sectore radii initio fusco; venulis gradatis 8/10; venulis intermediis 7, prima fusca, ad tertium apicale cellulae divisoriae inserta.

Ala posterior venulis costalibus fuscis, gradatis 6/8 vel 7/8, intermediis 6.

Long. corp.	11	mm.
— al. ant.	16	"
— — post.	14'5	"

Patria. Kurseong (Sikkim), 2. IX. 1929, P. Lebas.

64. **Cintameva quettana** sp. nov.

Similis *formosæ* Brau. Viridis.

Caput 7 punctis nigris notatum: ad genas ante oculos, alio transverso ante singulas antennis, alio inter antennis et 2 in vertice.

Thorax totus viridis, immaculatus. Pronotum leviter transversum, marginibus subparallelis.

Abdomen viride, pilis viridi-flavis, inferne pallidius.

Pedes virides, tarsis flavescensibus.

Alæ apice subacutæ, hyalinæ, irideæ; reticulatione, pilis fimbriisque viridibus, stigmatè viridi-flavo; venulis radialibus et sectore radii ad radium puncto nigro notatis; venulis gradatis in series parallelas positis.

Ala anterior venulis costalibus puncto nigro ad subcostam, subcostali basali viridi; gradatis 4/7, intermediis 5, prima ad tertium apicale cellulæ divisorie inserta.

Ala posterior venulis costalibus nigris, gradatis 4/6, intermediis 4.

Long. corp.	8'7 mm.
— al. ant.	14 "
— — post.	12'2 "

Patria. Baluchistan: Quetta, 16. IX. 1929, H. Benavent, S. J.

65. **Chrysoplecta Cirerai** sp. nov.

Caput viride, vertice deplanato, duabus maculis ferrugineis; oculis fuscis; antennis flavis, ala anteriore longioribus, articulis transversis, primo grandi, lato, cylindrico, subduplo longiore capite, viridi-flavo.

Thorax viridis, fascia dorsali longitudinali flava. Pronotum transversum, angulis anticis rotundatis.

Abdomen superne viride, inferne flavo-viride, lamina subgenitali ♂ apicem abdominis excedente, sursum arcuata et angustata.

Pedes virides, teretes, unguibus apice arcuatis, basi fortiter dilatatis.

Alæ hyalinæ, irideæ, apice acutæ; reticulatione, stigmatē, pilis fimbriisque brevibus viridi-flavis; stigmatē in area costali venulis diviso; venulis gradatis fere in 4 series plus vel minus completas dispositis.

Ala anterior venulis costalibus ad subcostam, radialibus ad radium citra medium alæ puncto ad venas notatis; 4 venulis intermediis usque ad venulas gradatas, prima ultra medium cellulæ divisorie inserta; extra seriem gradatam externam alia serie 4 venularum gradatarum; furculis marginalibus externis et posterioribus longis, breviter pedunculatis.

Ala posterior costa ad medium alæ convexa, itaque ala ad medium dilatata, subcosta et radio illi parallelis; 4 venulis intermediis; furculis marginalibus longius pedunculatis, pedunculo furculæ subæquali.

Long. corp. ♂	15	mm.
— al. ant.	20'6	"
— — post.	18	"

Patria. Kurseong (Sikkim), 20. XI. 1928, P. Círerá, S. J. leg., P. Sala ded.

Familia SISFRIDOS

66. *Sisyra fasciata* sp. nov. (fig. 14).

Similis *Aquavivai* Nav.

Caput fulvum, pilis fulvis longiusculis; oculis fuscis; palpis fuscis; antennis fuscis, 18 articulis, primo grandi, oblongo, fulvo, secundo globoso, ceteris transversis.

Thorax fusco-ferrugineus, fulvo pilosus.

Abdomen fuscum, pilis fulvis.

Pedes straminei, pilis concoloribus; tarsis obscurioribus; unguibus arcuatis, fuscis.

Alæ apice elliptice rotundatæ, reticulatione fusca.

Ala anterior (fig. 14) membrana inter venas fusco striata.

ta; fascia fusca obliqua a stigmatate ad apicem cubiti; stigmatate fusco, venulis diviso; area costali fere 8 venulis citra stigma; fere 4 ultra stigma; 2 venulis radialibus, inter radium ejusque sectorem; sectore radii 3 ramis, venula una inter primum et secundum.

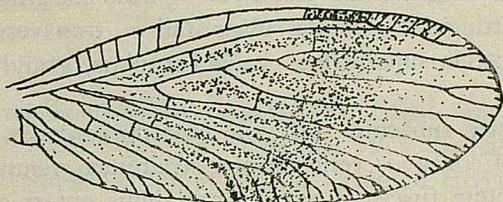


FIG. 14
Sisyra fasciata Nav. Ala anterior

Ala posterior hyalina, stigmatate fusco tincto; sectore radii 3 ramis; procubito paulo citra medium alae furcato; cubito ad apicem 3 ramis seu venulis marginalibus.

Long. corp.	2'3 mm.
— al. ant.	4'2 "
— — post.	3'5 "

Patria. Borivli, Isla Salsette, Bombay, 3. X, 1929.
P. Sala.

Familia BERÓTIDOS

67. **Lekrugeria lineata** Nav. Mem. Acad. Cienc. Zaragoza, Mem. 2.^a, 1929, p. 41, fig. 19.

El tipo es ♀. El ejemplar ♂ que tengo a la vista, más perfecto que el tipo, permitirá completar la descripción.

Corpus stramineum, pilis concoloribus.

Caput linea transversa in vertice pone antennas et maculis ad occiput juxta oculos ferrugineis; oculis fuscis; antennis stramineis, apicem versus ferrugineis, primo articulo elongato, externe ferrugineo suffuso.

Thorax superne ad margines fusco-ferrugineo pictus. Pronotum paulo longius latitudine, marginibus lateralibus parallelis, fascia lateral. fusca, medio interrupta.

Abdomen inferne immaculatum, stramineo-album, superne linea continua longitudinali fusca ad connexivum, tergitis stria media longitudinali fusco-ferruginea, margines anteriores haud attingente; lamina subgenitali transversa, postice truncata; cercis superioribus valvæformibus, grandibus, ovalibus.

Ala apice subacutæ, margine externo convexo, levissime sub apicem concavo; reticulatione straminea, venulis discalibus plerumque fuscis; 3 venulis radialibus externis inter radium et sectorem, fuscis (1).

Ala anter or venis, ramis, venulis costalibus fusco punctatis et striatis; membrana umbra griseo-fusca in striam obliquam ad venulas gradatas, ad axillas furcularum marginalium; aliis umbris fere in strias transversas pone cubitum.

Ala posterior pallidior, venulis in regione stigmalis fuscatis, axillis furcularum marginalium fusco punctatis; 6 venulis gradatis, quasi in duas series, tertia venula a quarta longius distante.

Long. corp. ♂	7'5 mm.
— al. ant.	11'5 "
— — post.	10 "

Patria. Khandala, 27. X. 1929. P. Sala, quien me escribe: "Se hallaba en lo interior de una selva, descansando en el envés de las matas. El lugar era muy fresco, a causa de bajar muy cerca un torrente con agua. En el lugar donde atrapé el insecto, escasamente entraban los rayos solares".

(1) Entre los caracteres del género *Lekrugeria* (Ibíd. p. 40, 41) para el ala anterior (p. 41) puse: dos venillas radiales externas entre el radio y su sector, ninguna substigmal. Así estaba en el ejemplar ♀ tipo. Sin embargo, en éste aparece bien definida la tercera venilla más allá de la región del estigma. ¿Fue aquella anomalía?

MEGALÓPTEROS

Familia CAULIÓDIDOS

68. **Neoneuromus fenestralis** Mac Lachl. var. **Zurbitui**
Nav. Rev. Acad. Cienc. de Zaragoza, 1929, p. 165,

Otro ejemplar ♀ de la misma localidad enviado por el P. Sala se conforma casi enteramente con el ♂. Anotaré alguna ligera diferencia.

Ala anterior in medio externo magis fenestrata, areolis albidis pone sectorem radii; area axillari levissime tincta; pupillis areæ intermediæ fuscis, præcipue med'ia.

Ala posterior membrana ultra medium leviter fusco tincta, areolis multis in medio pallidioribus.

Long. corp. ♀	43	mm.
— al. ant.	70	"
— — post.	63'6	"

Patria. Kurseong, 1929.

69. **Neopanorpa Salai** Nav. Rev. Acad. Cienc. de Zaragoza, 1929, p. 196, f. 8.

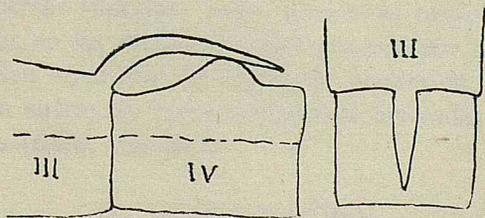


FIG. 15

Neopanorpa Salai ♂ Nav. Segmentos abdominales III y IV vistos de lado y por encima

Otro ejemplar ♂ de la misma localidad, Khandala, 24. X. 1929, me ha hecho caer en la cuenta de un error cometido en la descripción. El ejemplar tipo al parecer tenía en el dorso del tercer segmento abdominal el apéndice tan largo, que llegaba al extremo del V segmento, al paso que este ejemplar, en todo conforme al tipo, aunque de colores más vivos y algo más obscuro, lo ofrecía más corto, que no llegaba al extremo del IV (fig. 15). Sólo con una lente de poderoso aumento de 35 diámetros pude apreciar que el tal apéndice era más corto y que a continuación se le había pegado un filamento o brizna delgada que lo alargaba, al parecer. Separada ésta con un fino alfiler, quedó el apéndice en su forma natural. Se impone rectificar la descripción y presentar la figura verdadera.

Dirá así: tertio tergito in laminam arcuatam sensim attenuatam producta, apicem IV tergiti haud attingentem; IV tergito medio in tuberculum subtriangulare elevato.

Añade el P. Sala esta nota local y biológica: "Estaba descansando sobre la hierba de un torrente sin agua, pero muy fresco y sombrío".

Zaragoza, 25 de Enero de 1930.



INVESTIGACIONES SOBRE ESTABILIDAD Y CARGA ELÉCTRICA DE LOS COLOIDES

POR MARÍA ANTONIA ZORRAQUINO

DOCTORA EN CIENCIAS

A.—Estabilidad de los sistemas coloides

1. CONCEPTO Y EVOLUCIÓN DE LOS COLOIDES

Un sistema coloidal puede considerarse constituido por un cuerpo en su medio de dispersión, formando un conjunto aparentemente homogéneo, pero tal, que su heterogeneidad puede hacerse ostensible por el fenómeno de Tindall, y mejor con ayuda del ultramicroscopio.

Los sistemas coloidales no son sistemas estables; sus partículas dispersas (micelas), cuyo tamaño es mayor que el de las dispersas en las verdaderas disoluciones, por causas diferentes pueden separarse del medio de dispersión. Constantemente están sufriendo transformaciones activadas por agentes diversos (calor, luz, etc.).

2. COAGULACIÓN

Los coloides evolucionan, y en su evolución tienden a formar sistemas más estables; cuando se origina la separación de la fase dispersa del medio de dispersión, se dice que

el sistema coagula y el proceso constituye el fenómeno de la coagulación.

Según *Ostwald* (1), coagulación “es una disminución del grado de dispersión de la fase dispersa unido a desaparición de la homogeneidad en la distribución”.

Es difícil, sin embargo, definir cuándo el coloide ha coagulado, por las variaciones que en el proceso de dicho fenómeno se observan.

Ordinariamente se dice que el coloide ha coagulado, cuando su masa transparente se vuelve opalina, o cuando aparecen copos o aglomeraciones en el medio de dispersión.

Este fenómeno macroscópico no puede constituir una definición precisa de la coagulación, porque puede ocurrir que un sistema coagule sin apreciarse ni esa turbidez ni esos copos. Y también pueden aparecer esos copos y la coagulación puede no ser total.

El sistema coloidal al coagular pierde su carácter de coloide; por consiguiente, perderá sus caracteres osmóticos y su movimiento browniano.

Para definir, pues, exactamente la coagulación, será preciso, prescindiendo del aspecto macroscópico, estudiarlo experimentalmente, aplicando para su observación medios que nos demuestren que el sistema perdió su carácter coloidal.

Una de las propiedades características del estado coloide es el movimiento browniano. Con ayuda del ultramicroscopio se observa clara y distintamente este movimiento; si observamos, pues, su paralización (por un agente cualquiera), habremos apreciado la coagulación del sistema.

Por la observación ultramicroscópica el Dr. Rocasolano define la coagulación (2) diciendo: “Que un sistema habrá coagulado total o parcialmente cuando el movimiento browniano cese en todas o en alguna de sus micelas”.

3. ESTABILIDAD DE AGREGACIÓN Y ESTABILIDAD DE SEDIMENTACIÓN

Los sistemas coloidales en su evolución tienden a coagular.

En la coagulación intervienen muy diversos factores, pues las micelas están sometidas a la acción de fuerzas exteriores dirigidas y fuerzas interiores, que prácticamente podemos considerar como de dirección perfectamente desordenada.

Cuando se considera que solamente actúan fuerzas interiores, se llama "estabilidad de agregación"; cuando son las fuerzas exteriores las que se considera sin que las micelas se aglomeren, la estabilidad del sistema viene determinada por la agitación browniana y se llama "estabilidad de sedimentación" (3).

En un sistema, pues, en que las fuerzas interiores sean las que preponderan (se comprende que en este caso será despreciable el efecto producido por las fuerzas exteriores), la estabilidad del sistema será "estabilidad de agregación"; si por el contrario son las fuerzas exteriores las que predominan (en cuyo caso será despreciable el efecto producido por las fuerzas interiores), la estabilidad del sistema será "estabilidad de sedimentación".

La estabilidad de un sistema será en general, pues, una función compleja de la estabilidad que hemos llamado sedimentación y de la de agregación.

El estado final de la evolución de un coloide (irreversible) es la coagulación.

Cuando en la coagulación no actúan fuerzas exteriores se llama "pericinética", y cuando actúan exteriores se llama "ortocinética" (4).

4. ACCIONES INTERMICELARES

Las micelas de todo sistema coloidal están sufriendo constantemente entre sí acciones intermicelares. Estas acciones son debidas a fuerzas gravitatorias, eléctricas, capilares, etc.

Las primeras serán atractivas, obedeciendo a la ley de Newton (5 y 6), pero sus acciones serán realmente despreciables, dada la distancia que existe entre las micelas y la pequeñez de su masa.

Las eléctricas, por el contrario, originadas por la carga eléctrica de las micelas, siendo del mismo signo serán repul-

sivas y su magnitud dependerá de la carga; cuando esta carga sea suficientemente grande, su acción será apreciable. Por su origen obedecerán a las leyes de Coulomb.

A su vez las fuerzas capilares pueden originar la adhesión.

El conjunto de todas estas fuerzas capilares eléctricas, gravitatorias, etc., originará en las micelas una cierta velocidad que modificará la velocidad propia de las micelas, debida a su equilibrio cinético de su temperatura con el medio.

Claro que si se trata de coloides muy diluïdos, estas fuerzas no modifican sensiblemente la velocidad propia de las micelas; es decir, no alteran el movimiento browniano.

5. MOVIMIENTO BROWNIANO

Una de las propiedades de la materia en estado coloidal es la agitación o movimiento browniano de que están animadas sus micelas o partículas dispersas.

Este movimiento *browniano*, en recuerdo de Brown, botánico que fué quien primeramente lo observó, es un movimiento desordenado, y según Wiener, en 1863; Ramsay, en 1876; Delsaulx y Carbonelle, en 1876, y Gouy, en 1888, es el resultado de las colisiones de las moléculas del medio dispersor con las partículas coloidales. Modernamente, Einstein ha demostrado su exactitud desde un punto de vista teórico (7 y 8), y Perrin experimentalmente.

Las moléculas del medio de dispersión impulsan a las micelas en distintas direcciones, y como consecuencia de los choques que se producen, resultan simultáneamente dos movimientos, uno de rotación y otro de traslación, cuyo conjunto es el movimiento browniano (9).

6. AGREGACIÓN MICELAR

Las micelas de un coloide sufren continuamente choques entre sí. Puede ocurrir que en estos choques las micelas queden unidas, originando la agregación micelar.

Smoluchoski estudia con el nombre de coagulación el fenómeno de agregación micelar, distinguiéndose entre *coagulación rápida* y *coagulación lenta*, según sean o no despreciables las fuerzas debidas a las acciones intermicelares (10).

7. ESFERA DE ACCIÓN

Smoluchoski estudia el proceso de la coagulación, suponiendo que existen fuerzas de atracción entre las partículas descargadas que dan lugar a la agregación micelar.

Supone que las fuerzas están reemplazadas por una esfera de acción de radio R , y el movimiento browniano subsiste inalterable.

Mientras la distancia entre los puntos medios de dos micelas sea mayor que R , no se influyen; pero en cuanto dicha distancia, en virtud del movimiento browniano, llega a ser menor que R , las micelas deben llegar a ponerse en contacto, quedando adheridas entre sí (11).

8. PROBABILIDAD DE COLISIÓN Y PROBABILIDAD DE ADHERENCIA

Las micelas, al chocar, pueden ser repelidas y pueden agregarse.

Kruyt (12) distingue entre probabilidad de colisión y probabilidad de adhesión, según choquen simplemente las micelas y se distancien o queden adheridas.

9. CHOQUE EFICAZ PARA LA AGREGACIÓN

Cuando las micelas se agregan, el agregado puede alcanzar una masa tal que el movimiento browniano sea casi imperceptible, y entonces se originará una coagulación.

Con el símil de la esfera de acción se supone que toda micela que penetra en la esfera de acción de otra, queda adherida a ella.

Y el radio de dicha esfera hay que suponer que es tal, que admitiendo que las micelas que compenetran sus esferas de acción quedan adheridas, el número de las que en virtud del cálculo corresponde agregarse coincide con el de las que en realidad se agregan.

10. ACCIÓN DE LAS FUERZAS EXTERIORES

Por la acción de fuerzas exteriores puede separarse la fase dispersa del medio de dispersión, originando a veces una coagulación (13).

Una fuerza mecánica, por ejemplo, la acción de la gravedad simplemente, es en muchos casos suficiente para separar en breve espacio de tiempo la fase dispersa del medio de dispersión.

Más rápidamente puede alcanzarse el mismo resultado por centrifugación.

Hemos dicho que la separación de la fase dispersa del medio de dispersión, puede constituir en algunos casos una coagulación, puesto que puede suceder que las micelas se agreguen, quedando el sistema totalmente desprovisto del carácter del coloide.

Esta coagulación podrá ser *irreversible*, si aunque agitemos el coloide para dispersar nuevamente las micelas la masa va a parar rápidamente al fondo; y observada al ultramicroscopio una preparación de este sistema fuertemente agitado, no tiene movimiento browniano, la masa o conjunto de micelas aparece formando coágulos bien manifiestos.

Por el contrario, puede separarse la fase o cuerpo disperso del medio de dispersión y nuevamente por simple agitación adquirir el aspecto primitivo; observada entonces una preparación de dicho coloide al ultramicroscopio, aparecen sus micelas animadas de movimiento browniano; aunque también puede observarse la presencia de algún pequeño coágulo, y entonces la coagulación se dice que fué *reversible* (14 y 15).

Las fuerzas exteriores pueden exaltar, pues, la inestabilidad del coloide, tendiendo a llevar el sistema a un estado totalmente desprovisto del carácter coloidal.

B.-Fundamento para la determinación de la carga electroforética

1. SOBRE LA CARGA ELÉCTRICA DE LAS MICELAS Y LOS FENÓMENOS ELECTROFORÉTICOS

Como en el contacto de dos fases se establece siempre una diferencia de potencial, es lógico suponer y es universalmente aceptado que entre la micela, formando una fase microscópica con los caracteres especiales que su pequeñez le da y que comunica a los sistemas coloidales, y el medio dispersor, existe una diferencia de potencial, y por tanto, que la micela presenta una carga eléctrica.

No tenemos necesidad de insistir sobre la constitución que desde Helmholtz se atribuye a la superficie que separa las dos fases a potencial distinto, pues basta recordar que se admite la existencia de una doble capa eléctrica. Opinable, en el caso de los coloides, es si la capa exterior está fija sobre la micela o si tiene la misma movilidad que el medio dispersor. La primera hipótesis conduciría a aceptar que la micela acaba justamente donde lo hace la capa eléctrica exterior. El conjunto sería eléctricamente neutro, y sería tan poco razonable hablar de una carga eléctrica de la micela como de la de otro cuerpo cualquiera eléctricamente neutro, por el mero hecho de que la materia esté formada por protones y electrones.

Admitiremos, pues, la segunda hipótesis. La capa exterior es móvil. Supongamos a la micela sujeta en un punto, rodeada del medio dispersor y en un gradiente de potencial. Sea negativa la carga de la capa exterior. Toda carga negativa móvil situada en el campo eléctrico se dirigirá hacia el polo positivo. Lejos de la micela o prescindiendo de ella y fijándonos solamente en el medio dispersor, habrá también cargas negativas (aniones), pero existirá una cantidad equivalente de cationes o de cargas positivas. De aquí que aunque

cada ión arrastre moléculas del disolvente, el transporte total de éste sea nulo. Junto a la micela, en la capa eléctrica exterior, el movimiento de las cargas negativas no es compensado por otro de sentido contrario, y por tanto se puede afirmar que el medio dispersor que rodea a la micela, que hasta ahora hemos supuesto sujeta en un punto, se mueve en la dirección del anodo con una velocidad que se ha calculado para los fenómenos electrosmóticos y que está dada por la expresión:

$$V = \frac{\xi HD}{4\pi\eta}$$

ξ = diferencia de potencial entre las dos capas
 H = intensidad del campo
 D = constante dieléctrica
 η = viscosidad

Si la micela, en lugar de estar fija, puede también moverse, el principio de la acción y de la reacción exige que adquiera una velocidad igual y de sentido contrario al de la capa negativa que le rodea. La fórmula anterior permitirá, pues, relacionar la velocidad de la micela (velocidad electroforética) con el gradiente de potencial, la viscosidad del medio, la diferencia de potencial entre las dos capas (potencial electrocinético o electroforético) y la constante dieléctrica del medio que se suponga interpuesto entre las dos capas eléctricas.

De cuanto acabamos de decir se deduce que la observación de la velocidad electroforética permite calcular el potencial electrocinético, sin otra hipótesis que la necesaria para dar un valor a la constante dieléctrica D . Considerando la micela como un condensador eléctrico, de esta diferencia de potencial se puede deducir la carga de la armadura interior (carga total de la micela); pero para ello será necesario atribuir una forma geométrica y unas dimensiones a la micela, así como admitir una determinada separación entre las dos capas eléctricas. Dados los actuales conocimientos sobre estas tres cuestiones, todo cálculo de la carga total de una micela carecería en absoluto de valor científico. Por este motivo y para simplificar la exposición de nuestro trabajo, emplearemos, como lo han hecho muchos otros investigadores, la ex-

presión *carga electroforética*, a la que atribuiremos el significado siguiente: si se considerase la micela como un conductor, sin doble capa eléctrica y por tanto situada en un medio ficticio impolarizable, que opusiese al movimiento de la misma una resistencia igual a la que opone el medio de dispersión en que han sido observadas las velocidades electroforéticas, para que el mismo gradiente de potencial adquiriese la misma velocidad sería necesario suponerle una carga eléctrica, a la que llamaremos carga electroforética.

2. FUERZA SOBRE UNA MICELA CARGADA EN UN CAMPO ELÉCTRICO

Si sometemos una micela a la acción de un campo eléctrico, es evidente que sobre dicha micela actuará una fuerza F , cuyo valor dependerá de la intensidad del campo y estará ligada a la carga de dicha micela ϵ (carga electroforética).

Es decir:

$$F = H \epsilon$$

fórmula que traduce la fuerza que actúa sobre una micela sometida a la acción de un campo eléctrico.

3. RESISTENCIA DEL MEDIO

Supongamos una micela sometida a la acción de un campo eléctrico: la fuerza que actúa sobre dicha micela le ocasiona una cierta velocidad; si el medio no fuera resistente, esta velocidad aumentaría indefinidamente y la micela se movería con una aceleración constante; pero como el medio es resistente, tendremos: la fuerza actúa sobre la partícula dispersa; le ocasiona una velocidad, velocidad que va aumentando; pero como a su vez dicha fuerza viene contrarrestada por la resistencia del medio, llega un momento en que puede decirse que dicha velocidad ya no aumenta; es decir, la partícula adquiere la "velocidad límite" (18).

Matemáticamente podemos expresarlo del modo siguiente:

$$m \frac{dv}{dt} = F - R = H\varepsilon - \Phi v$$

integrando

$$t = \frac{m}{\Phi} \log \frac{1}{H\varepsilon - \Phi v} + cte$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = \text{masa de la micela} \\ F = \text{fuerza que actúa sobre la micela} \\ R = \text{resistencia del medio} \\ H = \text{intensidad del campo} \\ \varepsilon = \text{carga cataforética} \\ \Phi = \text{constante} \\ v = \text{velocidad límite} \end{array} \right.$$

que puede escribirse después de hallar el valor de la constante de integración, llamando v_0 a la velocidad inicial:

$$t = \frac{m}{\Phi} \log \frac{H\varepsilon - \Phi v_0}{H\varepsilon - \Phi v}$$

pasando de los logaritmos a los números:

$$e^{t \frac{\Phi}{m}} = \frac{H\varepsilon - \Phi v_0}{H\varepsilon - \Phi v}$$

de donde

$$v = \frac{H\varepsilon}{\Phi} - \left(\frac{H\varepsilon}{\Phi} - v_0 \right) e^{-t \frac{\Phi}{m}}$$

que tiende a

$$\frac{H\varepsilon}{\Phi}$$

Esta velocidad límite en el movimiento browniano no será tan fácil de conseguir como cuando se trate de la aplicación de una fuerza dirigida, porque las fuerzas que determinan el movimiento browniano cambian de intensidad, de dirección y de sentido mucho antes de que se llegue a alcanzar la velocidad límite.

4. RÉGIMEN PERMANENTE

Hemos dicho que la velocidad adquirida por una micela como consecuencia de la acción de una fuerza, va aumen-

tando gradualmente, tendiendo a un valor constante que recibe el nombre de velocidad límite; tendremos, pues:

$$v = \frac{F}{\Phi}$$

siendo

v = velocidad límite

Φ = constante

Y entonces se dice que se ha establecido el régimen permanente, o sea:

$$\Phi = \frac{F}{v} = \frac{1}{\text{movilidad}}, \frac{1}{\text{movilidad}}$$

es igual a la llamada por Nernst "resistencia de frotamiento" (17).

5. MOVILIDAD MICELAR

La movilidad micelar es igual, una vez alcanzado el régimen permanente, a $\frac{v}{F}$. Si la velocidad es proporcional a la fuerza, esta relación no varía, o sea que la movilidad es constante.

La movilidad es una propiedad que sólo depende de la naturaleza y constitución de la micela.

En la fórmula de *Stokes* la resistencia de frotamiento viene dada (18) en función del radio de la micela y de la viscosidad del medio de dispersión, mediante la siguiente fórmula:

$$\Phi = 6 \pi \eta r$$

magnitudes todas ellas calculables, siempre que se trate de una micela esférica.

6. CÁLCULO DE LA CARGA ELECTROFORÉTICA APLICANDO LA FÓRMULA DE STOKES

La intensidad del campo es fácil saberla, midiendo la

diferencia de potencial en los electrodos y la distancia entre ellos :

$$H = \frac{V}{L} \quad \begin{array}{l} V = \text{diferencia de potencial} \\ L = \text{distancia entre los electrodos} \end{array}$$

Ahora bien; cuando se alcanza el régimen permanente, la fuerza que actúa sobre la micela es igual a la resistencia del medio

$$F = R; \quad \text{por tanto,} \quad R = \frac{v}{I}$$

siendo I la movilidad y v la velocidad electroforética.

A su vez la movilidad viene dada por la fórmula de Stokes :

$$I = \frac{1}{6 \pi \eta r} \quad \begin{array}{l} \eta = \text{viscosidad del medio de dispersión} \\ r = \text{radio micelar} \end{array}$$

por consiguiente :

$$F = 6 \pi \eta r v;$$

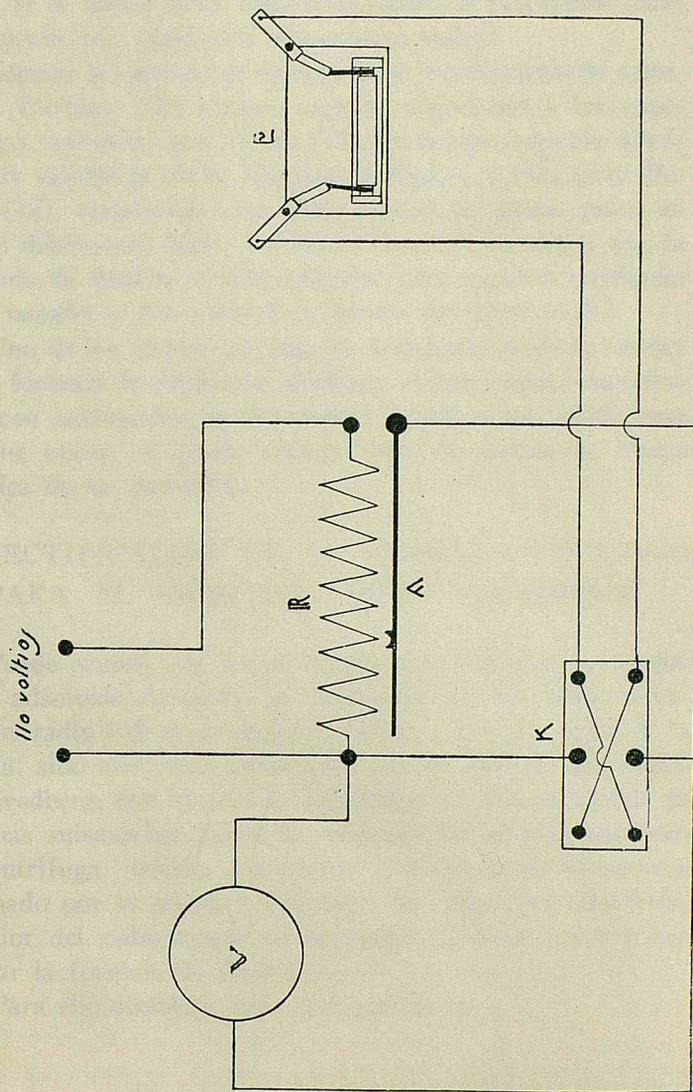
luego el valor de la carga, aplicando la fórmula de Stokes, será :

$$\varepsilon = \frac{6 \pi \eta r v}{H} \quad (19)$$

7. CONDICIONES PRESUPUESTAS EN LA FÓRMULA DE STOKES

La fórmula de Stokes, que relaciona la fuerza que actúa sobre una micela con la velocidad, puede servirnos para deducir el valor de la carga electroforética, aplicando la fórmula : $\varepsilon = \frac{6 \pi \eta r v}{H}$; pero en esa expresión figura el radio micelar, y esta magnitud no tiene significación precisa si la partícula no es maciza.

ESQUEMA EMPLEADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD CATAFORÉTICA



La fórmula de Stokes presupone que las micelas son esféricas; pero en el caso de una poliona, ¿cuál es su radio?

Y si la micela tiene adsorbido medio de dispersión (caso muy probable), ¿cuál será entonces su radio?

Además la fórmula de Stokes no es inmediatamente admisible; *Duclaux* (20) expone algunas objeciones a las experiencias realizadas por *Perrin* (21), en las que suponía admisible la validez de dicha fórmula de Stokes, y más tarde *Perrin* (22), trabajando con dispersiones de goma gutta en medio débilmente ácido, encuentra experimentalmente que la fórmula de Stokes es sólo aplicable para aquellas partículas cuyo tamaño es del orden de la décima del micrón (23).

Uno de los físicos que más ha trabajado sobre la validez de la fórmula de Stokes es *Millikan*, el cual realizó experiencias con neblinoides, en los cuales, debido a las condiciones en que opera, se puede admitir para el cálculo la forma esférica de las partículas.

8. RECTIFICACIÓN DE LA FÓRMULA ANTERIOR PARA EL CASO DE HABER ADSORCIÓN

Puede ocurrir que las partículas sean esféricas, pero que haya adsorción de medio de dispersión; en este caso, el valor del radio r de la fórmula de Stokes no es del radio de la micela, sino que viene modificado por la capa de adsorción.

Svedberg, con objeto de determinar el peso molecular de algunas substancias, como la albúmina de huevo, utilizando la centrífuga, calcula, suponiendo que es rígido el sistema formado por la micela y el medio de dispersión absorbido, el valor del radio r_a que es necesario substituir para poder aplicar la fórmula de Stokes.

Para ello establece estas dos ecuaciones:

$$43 \pi r^3 (\rho_p - \rho_d) \omega^2 x = 6 \pi \eta R \frac{dx}{dt}$$

$$43 \pi r_a^3 (\rho_p - \rho_d) \omega^2 x = 6 \pi \eta r_a \frac{dx}{dt}$$

- ρ_p = densidad del cuerpo disperso.
 ρ_d = densidad del medio de dispersión.
 ω = número de revoluciones por segundo.
 x = distancia de la micela al eje de giro.
 η = coeficiente de viscosidad.
 r = radio de la micela.
 r_a = valor que hay que aplicar en la fórmula de Stokes.
 R = radio de la micela que tiene adsorbida medio de dispersión.

La primera ecuación se plantea teniendo en cuenta que para el cálculo de la fuerza que actúa sobre la micela debe intervenir el radio de ésta; en cambio para el de la resistencia, el radio de la micela con el medio adsorbido. En la segunda ecuación se substituyen estos dos valores del radio por el radio aparente.

De dichas ecuaciones deduce que:

$$R = \frac{r^3}{r_a^2}$$

de donde puede deducirse el valor r_a que es preciso substituir para poder aplicar la fórmula de Stokes (24 y 25).

9. DEDUCCIÓN DE LA CARGA ELECTROFORÉTICA INDEPENDIENTEMENTE DE LA FÓRMULA DE STOKES

Cuando una micela está sometida a la acción de un campo eléctrico, sobre ella actúa una fuerza que le imprime una cierta velocidad; moviéndose en un medio resistente, esta velocidad llega a ser constante.

Para deducir el valor de la carga independientemente de la fórmula de Stokes (ya que sin saber de antemano el valor de la carga, no nos sea calculable el valor de la fuerza ponderomotriz actuante), aplicaremos a las micelas una fuerza posible de calcular, como la ejercida por un campo mecánico de intensidad conocida (puesto que podemos saber la masa

de acción de las micelas) y tal que imprima a las micelas una velocidad igual a la que le imprime la fuerza eléctrica, y entonces podemos saber el valor de la otra.

10. CÁLCULO DE LA MOVILIDAD MICELAR

Para saber la fuerza eléctrica que actúa sobre una micela, no es necesario medir la de otra fuerza que sepamos que es igual, porque actuando sobre la micela le imprime una velocidad igual, sino que previamente demostramos que hay proporcionalidad entre las fuerzas y las velocidades; será suficiente conocer la movilidad, cuyo valor nos permitirá calcular el de la fuerza eléctrica. Para calcular la movilidad es suficiente medir la velocidad adquirida por la micela bajo la acción de una fuerza cualquiera de magnitud conocida.

De dicha movilidad, si es constante, podemos deducir inmediatamente el valor de la fuerza; si no es constante, bastará que conozcamos las leyes que rigen la variación de esa fuerza.

Tratándose de pequeñas velocidades, se sabe la proporcionalidad que existe entre la velocidad y la resistencia interior de frotamiento; pero para velocidades mayores hay que deducir un coeficiente de segundo grado, y en casos particulares se dan otras fórmulas más o menos empíricas y complicadas, como la fórmula de Siacci en balística exterior (30).

Ahora bien; siendo la fuerza en el caso de los sistemas coloidales mayor que en el caso de los gases (por serlo η), será preciso comprobar si las experiencias realizadas están comprendidas en los límites admisibles de proporcionalidad.

En nuestras determinaciones estudiamos la variación de la velocidad con la fuerza, en el caso de estar sometida la micela a la acción del campo eléctrico y a la acción del campo mecánico, que empleamos para su comparación.

C.-Variaciones de la velocidad electroforética con la dilución

1. ELECTROFORESIS EN LOS SISTEMAS COLOIDALES

La fase dispersa de todo sistema coloidal posee una carga eléctrica, carga que origina los fenómenos de transporte y la conductividad eléctrica que los coloides presentan.

Si en una disolución coloidal, cuyas partículas posean una cierta carga, establecemos un campo eléctrico, las micelas sometidas a la acción de este campo se moverán, bien en el sentido contrario, bien en el sentido de la corriente, denominándose por este concepto los coloides positivos y negativos.

El origen de estos fenómenos de transporte no es otro que la realidad de la carga de la micela.

Simultáneamente con este desplazamiento de las micelas cargadas eléctricamente, el medio de dispersión con electricidad de signo contrario a la de las micelas y próximo a éstas, sufre también un desplazamiento.

2. ORIGEN DE LA CARGA MICELAR

La existencia de las cargas en las micelas se explica teniendo en cuenta que la partícula dispersa y el medio de dispersión son sustancias en contacto y de distinta naturaleza, y en la zona de separación de dos sustancias de distinta naturaleza se establece siempre una diferencia de potencial (potenciales de contacto de fases).

Las micelas pueden además, lo mismo que los iones por adsorción, retener iones del medio de dispersión positivos o negativos, creando así un exceso o desequilibrio de cargas en el medio de dispersión; la atracción de estas cargas de signo distinto crea la llamada doble capa eléctrica. Es decir, la micela presenta en su superficie una capa eléctrica de origen

iónico, y próxima a esta capa otra también de origen iónico de signo contrario.

Luego la micela podemos considerarla constituida por la partícula material dispersa y dos cargas eléctricas neutralizadas.

Si sometemos un coloide a la acción de un campo eléctrico, la micela se dirige hacia el electrodo de signo contrario, donde deposita su carga farádica.

El origen de la carga puede atribuirse, pues, por una parte a la diferencia de potencial que se creará entre la micela y el medio de dispersión (probablemente de origen iónico) Cohen (27); y de otra modificada por la adsorción de iones por parte de las micelas, Rocasolano y Jablezynki y Kavenoki (28 y 29).

3. INFLUENCIA DE LA ADSORCIÓN SELECTIVA

Siendo originados los fenómenos de adsorción por acciones de superficie, se comprende que por la gran superficie que presenta la materia en estado coloidal, está especialmente predispuesta a presentar dichos fenómenos.

Los iones adsorbidos por las micelas originarán modificaciones más o menos notables (según los casos) en la carga de dichas micelas. Si los iones son del mismo signo que la carga de la micela y son adsorbidos normalmente, originarán en ésta un aumento de carga; pero si son de signo contrario, pueden neutralizarla.

Así pueden explicarse algunos casos de coagulación de los sistemas coloidales por acciones iónicas.

Correlativamente a las variaciones experimentadas por las micelas, el medio de dispersión queda cargado con electricidad de signo contrario, pues en todo momento el sistema debe tener tantas cargas positivas como negativas.

4. CONSIDERACIONES RELATIVAS AL CASO DE TRATARSE DE COLOIDES DILUIDOS

Al diluir un sistema concentrado con medio del que se

empleó para la dispersión, el sistema se comprende que se puede modificar, porque el medio no tiene la misma composición, ya por formación o ya por adsorción de iones.

Si se diluye con medio de dispersión (líquido ultrafiltrado), también es posible que se modifique por un fenómeno análogo al de la disociación.

En el caso de tratarse de sistemas diluidos, la influencia debe ser despreciable. Por esto estudiamos si dicha influencia es apreciable en los coloides que empleamos.

5. DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD ELECTROFORÉTICA

La velocidad electroforética, o sea la que adquieren las micelas bajo la influencia de un campo eléctrico, la podemos determinar colocando el coloide en una cámara adecuada como la que empleó el Dr. Rius (30) y sometiéndole a la acción de un campo eléctrico; si contamos el tiempo que tarda una micela en recorrer un espacio determinado, evidentemente la velocidad será igual a la relación entre el espacio y el tiempo.

El espacio recorrido lo determinamos mediante un ocular micrométrico y el tiempo lo apreciamos mediante un cronómetro.

6. INFLUENCIA DE LA PROXIMIDAD DE LA PARED Y DEL ARRASTRE ELECTROSMÓTICO

Si tenemos una preparación de una disolución coloidal, es evidente que por la fuerza adhesiva que la pared ejerce sobre las micelas próximas a ella, el movimiento de estas micelas vendrá naturalmente influido por ésta; por consiguiente, si las observaciones de velocidad las hacemos sobre una cámara de pequeña altura o cerca de las paredes, habrá que tener muy en cuenta la sensible influencia de la pared cuando se hacen las observaciones en su proximidad.

Debe tomarse en consideración esta influencia al estudiar la velocidad que adquieren las micelas cuando se las somete a la acción de un campo eléctrico.

Sabemos que en la zona de separación de substancias de distinta naturaleza, se establece siempre una diferencia de potencial.

Si se trata de una disolución coloidal y la observamos entre un porta y cubre objetos de vidrio, el vidrio se carga negativamente, y por consiguiente el medio de dispersión queda con un exceso de cargas positivas.

Si en este sistema colocamos un campo eléctrico, siendo imposible que por su acción se mueva el vidrio, la capa de líquido situada junto a él se mueve, y en su movimiento arrastrará las partículas dispersas.

A este arrastre de las micelas, por la masa del líquido próximo a la pared del vidrio, se le llama "arrastre electrosmótico".

Fácilmente se comprende que el arrastre electrosmótico falsearía la velocidad en el movimiento de las micelas sometidas a la acción del campo eléctrico.

Evidentemente, la *velocidad real* sería igual a la *velocidad aparente*, menos la *velocidad de arrastre*.

Es preciso conocer, pues, el valor de la velocidad de arrastre para poder calcular el valor de la velocidad real, valor aquél (de la velocidad de arrastre) que no será despreciable, pues hay que tener en cuenta que efectuándose las observaciones ultramicroscópicas en cámaras de espesor relativamente pequeño, forzoso será realizar las observaciones a pequeña distancia de las paredes, con lo cual resulta que las determinaciones experimentales que se practicaran, prescindiendo de efectuar la corrección que debe hacerse, irían afectadas de un error digno de ser tenido en consideración. Constantin (31).

Más sencillo que hacer la corrección correspondiente al arrastre electrosmótico que el medio de dispersión pueda ocasionar a las micelas en él dispersas, restando del valor de la velocidad observada el de la velocidad de arrastre (que siempre resulta enojoso de definir), será realizar las experiencias en tales condiciones que el arrastre electrosmótico sea nulo.

7. MÉTODO EXPERIMENTAL EMPLEADO EN LA MEDIDA DE LA VELOCIDAD ELECTROFORÉTICA

Como ha demostrado el Dr. Rius (32), en toda cámara cerrada existen dos planos de arrastre electrosmótico nulo. La cámara utilizada por nosotros es análoga a la de este autor.

El vidrio del cubre y del porta que la forman es idéntico, pues hay que tener en cuenta que la velocidad en el arrastre electrosmótico varía con la naturaleza del vidrio.

Como condensador ultramicroscópico empleamos un paraboloide Zeiss, pues así podemos iluminar bien las diferentes capas. El ocular va provisto de una escala micrométrica, en la que cada división equivale a 25 μ .

Con el fin de evitar perturbaciones en los electrodos por aglomeración de los gases originados en la electrolisis, aglomeraciones que dificultarían la observación de la velocidad electroforética, procuramos que los electrodos estén muy alejados del campo de visión, y a este efecto la construimos de una longitud igual a 7 cm.

El sentido de la corriente lo modificamos frecuentemente con el fin de evitar que los gases lleguen pronto al campo de visión, impidiendo la observación ultramicroscópica

Para atenuar en lo posible la modificación que puede experimentar la velocidad electroforética de las micelas por variaciones de temperatura, interponemos entre el foco luminoso y el microscopio una cubeta de caras planas llena de líquido refrigerante (33).

Tenemos la precaución de mantener la cámara perfectamente limpia, pues si no, se observan diferencias apreciables en la velocidad electroforética para un mismo coloide, debido a que la capa de arrastre electrosmótico nulo se desplaza.

De la instalación eléctrica nos dará idea el adjunto esquema.

Los bornes de la resistencia R, de unos 70 ohmios, están unidos a la canalización industrial de corriente continua a 110 voltios. Un contacto móvil permite llevar a los bornes primarios del conmutador K una corriente de voltaje regu-

lable, que se mide por medio de un voltímetro V. Por medio de dos flexibles de cobre unidos al mismo conmutador, se lleva la corriente a los bornes de la cámara E.

Para determinar la velocidad electroforética de una micela, es preciso determinar primero el espesor de la cámara y medir la de las micelas que se encuentren a una distancia del plano medio igual a $0,288 d$, o sea $0,212 d$ de la pared del cobre o porta objetos.

La velocidad la calculamos midiendo la distancia recorrida por una micela (50μ) en un tiempo determinado (segundos).

8. PLAN DE TRABAJO

Con objeto de deducir el alcance que puedan tener las variaciones que pueda experimentar un sistema al ser diluído, como frecuentemente es necesario realizar para hacer las determinaciones oportunas, hemos estudiado la variación de la velocidad electroforética con la dilución.

Para ello podíamos emplear un hidrosol, cuyo medio de dispersión puede considerarse agua, aunque puede haber iones en presencia y podíamos diluir con agua; o también emplear coloide dializado (34 a 37) (el medio de dispersión también es agua), o bien coloides cuyo medio de dispersión no sea sólo agua y diluir con el mismo medio de dispersión que obtenemos por ultrafiltración de parte del coloide.

Estudiamos las variaciones de velocidad electroforética con la dilución, empleando coloide eléctrico de plata diluído en agua, y coloide oro Zsigmondy diluído en su medio de dispersión.

Primeramente empleamos un electrosol de plata, obtenido con el electrodispersor "Llanas" (46) (empleando agua bi-distilada y material Jena, previamente limpio con mezcla crómica, agua y vapor de agua) (47); cuya concentración en mgs. % es igual a 0,0014 grs., amperaje empleado en su obtención igual 2 y tiempo 35'.

Colocamos la disolución coloidal en la cámara (habiendo

previamente lavado dicha cámara con talco y agua) y ajustamos los bornes que sujetan los electrodos.

El potencial empleado lo determinamos mediante un milivoltímetro, seriándole una resistencia adecuada y de valor conocido, con objeto de disminuir su sensibilidad para poder efectuar las medidas, y aplicamos la fórmula:

$$V = 0,001 \left(\frac{R}{\Omega} + 1 \right) n$$

n = número de divisiones

R = resistencia seriada

Ω = resistencia del milivoltímetro

La resistencia del milivoltímetro por nosotros utilizada era de 0,225, y para esta experiencia utilizamos una resistencia de 41 ohmios.

Colocada la cámara en la platina, y enfocado el plano en el cual el arrastre electrosmótico es nulo, seguimos una micela, midiendo el tiempo transcurrido desde que pasa de una división a otra del retículo.

Empleamos un potencial igual a 20 voltios, óptica empleada: obj. 16 mm., ocular 18 kom.; aumento igual a 0,045.

Una vez determinada la velocidad electroforética de este coloide puro, lo diluímos a 1/10 con agua bidestilada, y empleando el mismo potencial e idéntica óptica, determinamos su velocidad electroforética; encontramos que dichas velocidades son prácticamente iguales. Diluímos a 1/30 el mismo coloide, y determinamos su velocidad electroforética en las mismas condiciones que anteriormente. El resultado es casi el mismo.

El estudio de la velocidad electroforética del electrosol de plata en función de la dilución, ha constituido, pues, nuestra primera experiencia.

Una vez hecha ésta, empleamos para una segunda experiencia un oro rojo Zsigmondy al formol (49), cuya concentración es igual a 0,0000466 grs. oro por cc. de coloide.

En la preparación de los coloides de oro seguimos exac-

tamente la técnica del profesor Zsigmondy, teniendo en cuenta las observaciones que hemos podido adquirir en este Laboratorio al realizarlo en repetidas ocasiones (41 y 42).

La cámara la limpiamos previamente con talco y agua; colocamos el coloide en ella y lo observamos con una óptica: obj. Fluorit Sistem, ocular 18 kom. El coloide es de una concentración tal, que no es posible determinar su velocidad. Es preciso diluir; tomamos, pues, 1 cc. de coloide y lo diluimos en 4 cc. de agua bidestilada.

Colocamos nuevamente el coloide en la cámara, y observamos en la capa de arrastre nulo, empleando un potencial igual a 18 voltios.

Contado varias veces (30 veces) el tiempo que tarda una micela en recorrer un espacio igual a 50μ , determinamos su velocidad electroforética.

Después determinamos la velocidad electroforética del mismo coloide diluído a 1/10, 1/30 y 1/100, haciendo la dilución con agua bidestilada.

El voltaje, así como la óptica, es siempre el mismo.

Ahora bien; la velocidad electroforética ha variado; esta variación hace suponer que el agua haya modificado quizá por adsorción de iones la carga electroforética de las micelas.

Realizamos una tercera experiencia con coloide rojo de oro obtenido, empleando 1 cc. de coloide oro rojo al formol como germen y 1 cc. de una disolución de ferricianuro potásico de concentración igual a 0,011 % (para evitar la formación de gérmenes espontáneos); la sal de oro, el carbonato y el reductor (formol) todo en las mismas proporciones que indica Zsigmondy en su Coloidequímica (40).

Parte de este coloide lo ultrafiltramos y el medio de dispersión completamente límpido lo empleamos para su dilución (43 a 53).

Determinamos, pues, en esta tercera experiencia la velocidad electroforética de dicho oro en función de la dilución, pero empleando en dicha dilución su mismo medio de dispersión.

1.^a EXPERIENCIA

Determinaciones realizadas en el electrosol de plata puro:
Potencial = 20 voltios, óptica: obj. 16 mm., ocular
18 kom.

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Tiempos	Tiempos	Tiempos
5,6''	6,6''	11,4''
8,1''	6,9''	7,1''
6,9''	7,6''	6,2''
5,8''	7,8''	9,8''
8,5''	8,2''	7,2''
8,2''	10,8''	11,5''
8,7''	8,2''	8,5''
6,8''	6,4''	7,8''
7,3''	7,4''	8,2''
7,0''	8,3''	7,2''

Velocidad media = 6,6 μ por 1''.

El mismo coloide diluído a 1/10 nos da, empleando el mismo potencial:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
6,8''	6,4''	6,5''
6,8''	8,2''	8,1''
6,1''	7,2''	8,9''
5,1''	8,1''	8,1''
8,2''	9,1''	9,2''
8,8''	6,5''	7,8''
6,4''	5,7''	6,4''
7,8''	9,4''	6,3''
8,3''	6,1''	7,7''
8,2''	9,4''	7,7''

Velocidad media = 6,6 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/10 de dilución

El mismo coloide diluído a 1/30 y bajo el mismo potencial :

Tiempos	Tiempos	Tiempos
6,8''	6,8''	9,3''
8,2''	7,4''	5,8''
6,8''	7,1''	6,8''
9,7''	8,5''	8,8''
20,2''	8,2''	8,6''
12,5''	7,0''	5,5''
5,8''	8,3''	5,3''
7,6''	8,1''	5,2''
8,3''	7,3''	9,7''
7,6''	12,1''	7,0''

Velocidad media = 6,0 μ por 1''.

*Experiencias realizadas a 1/30 de dilución*2.^a EXPERIENCIA

Coloide oro rojo Zsigmondy al formol.

Potencial = 18 voltios, óptica: obj. Fluorit Sistem, ocular 18 kom, espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Tiempos	Tiempos	Tiempos
5,0''	3,8''	3,2''
3,2''	3,2''	3,6''
3,0''	3,2''	3,6''
3,4''	3,0''	4,0''
3,8''	3,0''	3,6''
4,0''	3,4''	3,4''
3,0''	2,8''	3,2''

Tiempos	Tiempos	Tiempos
3,4''	3,6''	3,6''
3,4''	4,2''	3,4''
3,4''	3,0''	3,0''

Velocidad media = 14,5 μ por 1''.

Experiencias realizadas en coloide puro

El mismo coloide a 1/10 de dilución:

3,8''	3,8''	3,0''
3,0''	3,2''	3,0''
3,2''	4,4''	3,0''
4,0''	3,2''	3,2''
2,8''	3,4''	3,8''
3,0''	3,0''	3,8''
3,8''	3,0''	3,0''
3,8''	3,0''	2,6''
3,4''	3,5''	3,4''
2,9''	3,4''	2,8''

Velocidad media = 14,9 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/10 de dilución

El coloide primitivo a 1/30 de dilución:

3,8''	3,0''	3,8''
3,2''	4,0''	3,0''
3,2''	2,8''	3,8''
3,0''	4,0''	2,4''
3,6''	3,0''	3,4''
3,2''	3,2''	2,8''
3,6''	4,4''	4,0''
2,8''	3,4''	3,2''

Tiempos	Tiempos	Tiempos
3,4''	3,2''	3,2''
3,2''	3,6''	3,2''

Velocidad media = 15 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/30 de dilución

El coloide puro a 1/100 de dilución:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
3,2''	3,8''	2,8''
2,6''	2,8''	3,0''
3,0''	2,8''	2,8''
2,8''	4,4''	3,6''
3,6''	3,6''	3,0''
2,8''	2,4''	2,8''
3,0''	2,4''	2,6''
2,6''	3,0''	3,0''
3,0''	3,4''	3,0''
3,0''	3,0''	3,0''

Velocidad media = 17 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/100 de dilución

El voltaje siempre el mismo en todas las determinaciones, la óptica también la misma y la cámara era cuidadosamente lavada para cada determinación.

3.^a EXPERIENCIA

Determinaciones de la velocidad electroforética de un oro rojo (con germen y ferricianuro) con la dilución, empleando medio de dispersión para diluir.

Potencial = 18 voltios, óptica: obj. 16 mm., ocular 18 kom., espacio recorrido por una micela = 50 μ .
 Coloide a 1/25 cc. de medio de dispersión:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
6,4''	5,2''	7,4''
5,2''	6,4''	6,2''
5,6''	5,8''	6,8''
6,2''	6,0''	6,8''
6,2''	5,2''	7,4''
5,8''	6,6''	5,4''
7,8''	6,4''	6,6''
5,4''	7,0''	4,8''
7,2''	4,8''	6,2''
4,8''	5,8''	5,6''

Velocidad media = 8,19 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/25 de dilución

Coloide a 1/50 de medio de dispersión:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
6,2''	7,0''	6,4''
6,2''	6,8''	5,8''
5,8''	7,2''	6,6''
6,0''	6,0''	7,0''
5,8''	6,4''	5,2''
6,0''	6,2''	6,8''
5,2''	5,4''	5,8''
6,4''	5,2''	6,8''
5,6''	6,4''	5,2''
7,2''	6,0''	5,4''

Velocidad media = 8,16 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/50 de medio de dispersión

Coloide 1/300 de medio de dispersión:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
6,8''	5,2''	5,8''
6,8''	5,8''	5,8''
6,4''	7,0''	7,2''
6,8''	6,8''	7,6''
5,2''	7,4''	5,2''
5,6''	6,4''	5,4''
5,4''	7,4''	7,0''
5,8''	6,4''	5,2''
7,2''	5,8''	7,0''
6,0''	6,0''	6,2''

Velocidad media = 7,96 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/300 de medio de dispersión

Coloide 1/550 de medio de dispersión:

Tiempos	Tiempos	Tiempos
7,2''	5,2''	6,6''
7,0''	5,0''	6,2''
5,4''	7,0''	5,8''
6,4''	5,4''	7,4''
5,8''	5,4''	7,0''
6,2''	5,8''	7,2''
7,8''	5,2''	5,2''
5,8''	7,2''	6,8''
5,8''	6,2''	5,8''
6,4''	6,0''	6,4''

Velocidad media = 8,03 μ por 1''.

Experiencias realizadas a 1/550 de medio de dispersión

Electrosol de Ag diluido con agua bidestilada		Oro Zsigmondy diluido con agua bidestilada		Oro Zsigmondy diluido con su medio de dispersión	
Dilución	Velocidad media	Dilución	Velocidad media	Dilución	Velocidad media
1	6,6 μ por 1"	1	14,5 μ por 1"	1/25	8,19 μ por 1"
1/10	6,6 " " "	1/10	14,9 " " "	1/50	8,16 " " "
1/30	6,0 " " "	1/30	15,0 " " "	1/300	7,96 " " "
		1/100	17,0 " " "	1/550	8,05 " " "

La plata no se diluyó más, porque a mayor dilución su observación era casi imposible.

Esta regularidad observada en la velocidad de las micelas a diluciones crecientes (obsérvese la tercera experiencia), indica que la micela no experimenta, tratándose de un coloide diluido, una adsorción selectiva apreciable o bien que en una gran amplitud no sufre modificación alguna.

Por consiguiente, la carga de la micela no experimenta modificación apreciable al diluir el sistema.

D.—Variaciones de la agitación browniana con la dilución

1. ORIGEN DEL MOVIMIENTO BROWNIANO

La agitación o movimiento browniano escapa a nuestra observación directa, debido a que el tamaño de las micelas es menor que nuestro límite de visibilidad.

Este movimiento fué observado por vez primera por Brown, el cual notó que si en un fluido en reposo aparente vertía un cuerpo cualquiera "pequeñas partículas", éstas iban al fondo verticalmente; pero con ayuda del microscopio apocromático (entonces comenzó a usarse) observó que algunas de estas partículas quedaban repartidas en el líquido, animadas de un movimiento vivo y desordenado.

En los sistemas coloidales constituidos por fase dispersa y medio de dispersión, debía existir dicho movimiento; pero la falta de medios apropiados para su observación hizo que no se pudiera realizar su estudio.

Sin embargo, su observación es posible con ayuda del ultramicroscopio, siempre que la iluminación sea suficiente y el tamaño de la micela sea mayor que el límite de visibilidad de la mancha de difracción producida por la partícula en el campo ultramicroscópico.

Einstein y Smoluchowski, estudiando el fenómeno, llegaron a una interpretación teórica de acuerdo con la experiencia (7, 8, 54); suponen que el movimiento browniano, irregular y desordenado, es debido a que las moléculas del medio de dispersión impulsan a las partículas dispersas en distintas direcciones, ocasionando dos movimientos, uno de rotación y otro de traslación, cuya resultante es el movimiento browniano. A su vez, definen la velocidad media de agitación browniana por la siguiente fórmula:

$$A = \sqrt{t} \sqrt{\frac{RT}{N} \frac{1}{3\pi\eta r}}$$

A es la trayectoria media en una dirección durante un tiempo t ; R, la constante de los gases; T, la temperatura absoluta; N, el número o constante de Avogadro, la viscosidad del medio, y r , el radio de las micelas.

Perrin (55) comprobó la determinación experimentalmente empleando suspensiones de mástic y goma gutta, definiendo que la agitación molecular es la causa del movimiento browniano (56).

2. MODIFICACIÓN DE LA VELOCIDAD BROWNIANA DENTRO DE LA ESFERA DE ACCIÓN MICELAR

Si suponemos una fuerza que actúa sobre una micela, ésta le imprimirá una cierta velocidad, que aumentará indefinidamente, si el medio no fuera resistente; pero como lo es, éste se opone a dicha fuerza y llega un momento en que la velocidad es constante, o sea que la resistencia se ha igualado a la fuerza que sobre dicha micela actúa, que es cuando se alcanza el régimen permanente.

La esfera de acción micelar, tal como anteriormente se consideró, tiene un radio R tal, que si se imagina que las micelas están dotadas de una velocidad debida exclusivamente al equilibrio cinético de su temperatura con el medio de dispersión, y cuando se encuentren a una distancia menor que R quedan adheridas, entonces el proceso de agregación micelar está de acuerdo con la experiencia.

Si consideramos dicha esfera de acción micelar como el lugar geométrico de los puntos en los cuales las fuerzas intermicelares le impriman una velocidad no despreciable en relación a las velocidades consideradas, resultará que éstas vendrán apreciablemente modificadas dentro de la esfera de acción micelar.

3. CONSIDERACIONES RELATIVAS AL CASO DE TRATARSE DE COLOIDES DILUIDOS

Hemos dicho que la velocidad de las micelas dentro de la

esfera de acción micelar debe modificarse perceptiblemente; pero en el caso de tratarse de sistemas diluídos, si bien igualmente al acercarse dos micelas a una distancia menor que el radio R de la esfera de acción, las fuerzas intermicelares modifican igualmente de una manera perceptible las velocidades de las micelas; estando el coloide diluído, se comprende fácilmente que disminuya la probabilidad de que se encuentre en ese caso.

4. FUNDAMENTO DEL MÉTODO EMPLEADO PARA ESTUDIAR LA AGITACIÓN BROWNIANA

En el movimiento browniano, la velocidad será igual a $v = \frac{e}{t}$. Como el movimiento no es uniforme, esta velocidad es variable y su valor medio obedece a la fórmula de Einstein.

La velocidad que percibimos al observar las micelas en el campo ultramicroscópico es igual a la relación entre el poder separador y el tiempo que tarda una micela en recorrer una distancia igual al poder separador. De donde resulta que las velocidades observadas variarán con el poder separador del sistema óptico.

Como por otra parte las fuerzas que determinan el movimiento browniano cambian de intensidad, de dirección y de sentido de una manera perfectamente desordenada, la velocidad en estas condiciones observada se modificará al variar la agitación browniana.

Todas las partículas de un sistema, y por tanto las micelas, deben tener para cada temperatura la misma energía cinética media (21); pero no nos es posible la medida directa de la velocidad verdadera, y nos encontramos reducidos a observar una velocidad media dependiente de la viscosidad del medio y que variará con las condiciones de observación.

La velocidad media en el espacio tendrá un valor diferente del valor de la velocidad media en una dirección (que es como la determinamos), que será igual:

$$v = v_d \sqrt{3}$$

Esta velocidad la podemos considerar originada por una

fuerza que actúa en esa dirección, y lograremos anular esta velocidad cuando le apliquemos a la micela una fuerza igual y contraria.

Podemos determinar, pues, esta velocidad de agitación browniana aplicando un campo eléctrico tal, que su acción sea igual y contraria a dicha velocidad, y entonces tendremos que para velocidades iguales, las fuerzas estarán compensadas; por consiguiente, será realmente sencillo la determinación de la agitación browniana.

5. NECESIDAD DE OPERAR CON SUFICIENTE AUMENTO

Podrá parecer incomprensible que siendo la amplitud del movimiento browniano de un orden de magnitud superior al de las dimensiones micelares, pueda darse el caso verdaderamente frecuente de resultar imperceptible a pesar de distinguirse las micelas con toda claridad. Pero esta aparente paradoja queda completamente dilucidada, si se tiene en cuenta que la imagen de las micelas por la visión ultramicroscópica conseguida es una imagen obtenida por difracción, que en manera alguna puede darnos idea de la forma ni del tamaño de las micelas, apareciendo éste excesivamente exaltado.

Por este motivo es necesario operar con un aumento suficiente. A este objeto estudiamos las distintas combinaciones ópticas, determinando las diversas equivalencias del micrómetro objetivo y micrómetro ocular para las diferentes combinaciones ópticas empleadas.

Así obtuvimos los siguientes datos:

Combinación óptica	Equivalencia de las divisiones
Obj. 16 mm., ocular 18 kom.	— 9 div. obj. equivalen 2 ocul.
” ” ” ” 3 micro.	— 14 ” ” ” ” ”
” ” ” ” 4	— ” ” ” ” ” ”
” ” ” ” proyec.	— 18 ” ” ” ” ”
” ” ” ” 5	— 10 ” ” ” ” ”
” ” ” ” 10 x	— 12 ” ” ” ” ”

Combinación óptica		Equivalencia de las divisiones					
" 7 a Winkel	18 kom.	—	1	"	"	1	"
Florit Sistem	"	—	5	"	"	2	"
Obj. DD	"	—	"	"	"	4	"
" A 0,9 (3 mm.)	"	—	5	"	"	2	"

Cada división del objetivo es igual a 0,01 mm.

Después acoplamos dos microscopios (57), de modo que forman un doble microscopio, y estudiamos los distintos aumentos según las diferentes combinaciones ópticas. Así obtenemos los siguientes datos:

Combinación óptica		Equivalencia de las divisiones			
Obj. A 0,9 (3 mm.), ocul. obj. 16 mm., ocul. 5		—	1 div. obj. equiv.	9	ocul.
" " " " proyec.		—	" " "	5	"
" " " " 3 micro.		—	" " "	6	"
" " " " 4		—	" " "	"	"
" " " " 10 x		—	" " "	7	"
" " " " 18 kom.		—	" " "	9	"
" " Fluorit 8 4		—	" " "	11	"
" " " " 3 micro.		—	" " "	"	"
" " " " proyec.		—	" " "	9	"
" " " " 10 x		—	" " "	12	"
" DD " " 16 mm., 18 kom.		—	" " "	7	"
" " " " 3 micro.		—	" " "	4	"
" " " " proyec.		—	2 " "	7	"

Combinación óptica		Equivalencia de las divisiones			
Obj. DD, ocul. 16 mm.,	4 micro.	—	1 div. obj. equiv.	4	div. ocul.
" " " " "	5	—	" " "	6	" "
" " " " "	10 x	—	" " "	"	" "
" " Florit Sistem,	proyec.	—	" " "	"	" "
" " " " "	3 micro.	—	" " "	8	" "
" " " " "	4	—	" " "	"	" "
" " " " "	5	—	" " "	11	" "

Composición óptica					Equivalencia de las divisiones							
"	"	"	"	10 x	—	"	"	"	"	9	"	"
"	Florit	Sistem,	16 mm.,	proyec.	—	3	"	"	"	5	"	"
"	"	"	"	4	—	1	"	"	"	2	"	"
"	"	"	"	5	—	"	"	"	"	3	"	"
"	"	"	"	10 x	—	2	"	"	"	5	"	"
"	"	"	"	18 kom.	—	"	"	"	"	7	"	"

Combinación óptica					Equivalencia de las divisiones						
Obj.	Florit	Sistem,	ocul. A 0,9,	ocul. proyec.	—	1 div. obj. equiv.	7	ocul.			
"	"	"	"	" 4	—	"	"	"	"	11	"
"	"	"	"	7 a proyec.	—	"	"	"	"	9	"
"	"	"	"	" 4	—	"	"	"	"	12	"
"	7 a,	ocul. 16 mm.,	"	proyec.	—	"	"	"	"	5	"
"	"	"	4	" 4	—	"	"	"	"	6	"
"	"	"	5	" 5	—	"	"	"	"	9	"
"	"	"	"	" 10 x	—	"	"	"	"	7	"
"	"	"	"	" 18 kom.	—	"	"	"	"	9	"
"	"	"	Florit Sistem	proyec.	—	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	4	—	"	"	"	"	12	"
"	16 mm.,	ocul. A 0,9 (3 mm.)	proyec.		—	"	"	"	"	5	"
"	"	"	"	4	—	"	"	"	"	6	"

Combinación óptica					Equivalencia de las divisiones						
Obj.	16 mm.,	ocul. A 0,9 (3 mm.),	ocul. 5		—	1 div. obj. equiv.	9	ocul.			
"	"	"	"	" 10 x	—	"	"	"	"	8	"
"	"	"	Florit Sistem,	" proyec.	—	4	"	"	"	7	"
"	"	"	"	" 4	—	"	"	"	"	9	"
"	"	"	"	" 5	—	1	"	"	"	3	"
"	"	"	"	" 10 x	—	2	"	"	"	5	"
"	"	"	"	" 18 kom.	—	"	"	"	"	7	"
"	"	"	7 a,	" proyec.	—	1	"	"	"	5	"
"	"	"	"	" 4	—	"	"	"	"	6	"
"	"	"	"	" 5	—	"	"	"	"	9	"
"	"	"	"	" 10 x	—	"	"	"	"	8	"
"	"	"	DD,	" proyec.	—	"	"	"	"	5	"

Una vez estudiadas dichas combinaciones ópticas, determinamos el potencial necesario para compensar con diferentes aumentos la agitación browniana de las micelas.

Empleamos coloide electrolítico de plata sin estabilizar (58):

1.ª DETERMINACION

Optica	Potencial	Aumento
Obj. 16 mm., ocul. 4	— 30 voltios	0,07
" " " 18 kom.	— 35 "	0,045
" A 0,9, " "	— 39 "	0,01
" Florit Sistem	— 41 "	0,025
" " " 5	— 38 "	0,055

DOBLE MICROSCOPIO

Optica	Potencial	Aumento
Obj. Florit Sistem, ocul. 16 proyec.	— 59 voltios	0,006
" " " " " 5	— 61 "	0,003
" A 0,9 (3 mm.), " " proyec.	— 59 "	0,002

2.ª DETERMINACION

Optica	Potencial	Aumento
Obj. 16 mm., ocul. 4	— 22 voltios	0,07
" " " 18 kom.	— 25 "	0,045
" Florit Sistem, 5	— 32 "	0,055
" " " 18 kom.	— 35 "	0,025
" A 0,9 (3 mm.), " "	— 37 "	0,01

DOBLE MICROSCOPIO

Optica	Potencial	Aumento
Obj. Florit Sistem, ocul. 16 proyec.	— 51 voltios	0,006
" " " " " 5	— 56 "	0,003
" A 0,9 (3 mm.), " " proyec.	— 60 "	0,002

Después de estudiar las combinaciones ópticas, vimos que la más adecuada, dada la visibilidad de las micelas y los valores obtenidos, era emplear como objetivo el Florit Sistem y como ocular el 18 kom.

6. DIFICULTADES QUE APARECEN EN LA PRÁCTICA

Acabamos de exponer la necesidad que hay para poder medir la agitación browniana de operar a un aumento conveniente, lo que nos obliga a utilizar combinaciones ópticas que den grandes aumentos; pero como los objetivos de gran aumento que se construyen tienen muy poca profundidad de foco, y el empleo de objetivos de mayor profundidad con oculares de mayor aumento es insuficiente para conseguir los aumentos en esta clase de determinaciones que requiere, y como por otra parte las cámaras que para esta clase de observaciones se construyen son de demasiado espesor, resulta realmente dificultosa la determinación de la agitación browniana, cuyas primeras observaciones las realizamos operando con humoides.

Primeramente observamos la agitación browniana del humo del tabaco en cámara *ad hoc*; pero era tan veloz, que hacía imposible una observación precisa.

Luego observamos el humoide producido por la insuflación de aire en una disolución de fósforo en vaselina líquida, con objeto de estudiar su velocidad en función de las presiones. Como combinación óptica empleamos el doble microscopio.

Las micelas aparecían tumultuosamente y agitadas de un vivísimo movimiento tan exaltado, que hacía imposible su determinación, y eran descargadas sus micelas muy rápidamente.

7. CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA ADECUADA

En vista de las dificultades que surgían en la práctica para la observación de la agitación browniana, que no eran resuel-

tas ni empleando el aumento mayor posible para el espesor del cubre de la cámara, hubimos de resolverlo construyendo una cámara, que dentro de las dimensiones convenientes, el cubre era del espesor de los cubres corrientes y el porta exactamente igual a dicho cubre, porque la naturaleza del vidrio influye considerablemente en el movimiento o arrastre electromótico; de suerte que para evitar precisamente esta diferente variación de velocidad que pudiera originarse en las capas próximas a las paredes del cubre y porta, se construyen dichas cámaras con cubres y portas del mismo vidrio.

Ahora bien; es preciso darle a esta cámara de tan tenues paredes cierta consistencia, pues por su fragilidad fácilmente podría romperse. Con este objeto pegamos a la cara exterior del porta, mediante bálsamo del Canadá, una placa de las que ordinariamente se usan en fotografías, y de este modo la cámara adquiere la rigidez suficiente para evitar una fácil rotura.

8. MÉTODO EXPERIMENTAL AL UTILIZADO EN LA MEDIDA DE LA AGITACIÓN BROWNIANA

Los métodos experimentales empleados para estudiar cuantitativamente el movimiento browniano, se basan en efectuar medidas de los desplazamientos de las micelas observadas al ultramicroscopio, ya por medio de la cámara clara, ya registrándolas fotográficamente (59 a 61).

Hemos empleado un método rápido, que aunque *a priori* no dé un valor cuya significación sea precisa, permite seguir fácilmente las variaciones experimentadas por el sistema.

Si sometemos una disolución coloidal a la acción de un campo eléctrico, las micelas por la acción de dicha fuerza adquieren una velocidad que vendrá compensada por la velocidad propia (agitación browniana) cuando dichas micelas no retrocedan, es decir, que habremos igualado su velocidad; por consiguiente, habremos determinado la agitación browniana de dicho coloide.

En el campo ultramicroscópico es fácil determinar dicha agitación siempre que se emplee el mayor aumento y una

dilución conveniente para que la repulsión que las micelas por su carga eléctrica tienen no sea muy manifiesta.

Empleamos la cámara que hemos descrito (D 8) y la misma técnica que en la determinación de la velocidad electroforética (C 7).

Observamos las micelas en las capas de arrastre nulo mediante un retículo o escala micrométrica, pues de este modo es más fácil ver su retroceso. Empezamos con una diferencia de potencial nula y vamos aumentando gradualmente hasta que se observa que ninguna micela retrocede, es decir, que todas llevan una velocidad inferior o a lo más igual a la que el campo eléctrico les origina (3).

Para saber el valor de la velocidad media, basta conocer la velocidad que adquieren las micelas bajo ese mismo potencial.

Sensibilidad, 2-3 %.

Experiencias variando la viscosidad del medio por adición de disolución de goma al 3 %

Electrosol de plata goma

Tiempos	Tiempos	Tiempos
5,8''	5''	5''
5,5''	4,5''	4,2''
4,4''	6''	4,4''
5,2''	5,2''	5,6''
5''	4,8''	5,2''
5,5''	5,2''	4,6''
5,5''	5,5''	

Potencial = 19,41 voltios, velocidad electroforética media = 5,15 μ por 1''.

Experiencias realizadas sin variar la viscosidad del medio en el mismo coloide

Tiempos	Tiempos	Tiempos
5,5''	4''	5''
3,5''	4,5''	5,8''
5,8''	3,8''	4,4''
4,5''	4''	4,2''
4,8''	4,2''	3,8''
6''	4,8''	3,8''
5''	4''	

Potencial = 18,32 voltios, velocidad electroforética media = 4,55 μ por 1''.

9. VALORES OBTENIDOS

Como se trata de medidas comparativas, determinamos solamente el potencial y no las velocidades.

Empleamos oro rojo Zsigmondy obtenido con 120 cc. de agua bidestilada, 2,5 cc. de cloruro áurico y 3 cc. de disolución de carbonato potásico 0,18 N, usando como reductor 4 cc. de disolución de formol. Todo previamente limpio con mezcla crómica, agua y vapor de agua.

Estudiamos la agitación browniana de dicho coloide y sí existe variación con la dilución.

Datos obtenidos

Concentración oro del coloide puro = 0,0000466 grs.
Óptica empleada, obj. Florit Sistem, ocul. 18 kom.

1.^a DETERMINACIÓN

Coloide puro.

Potencial necesario para determinar la velocidad de las micelas = 19 voltios.

Experiencias realizadas en coloide puro

2.^a DETERMINACIÓN

Coloide a 1/10 de dilución.

Potencial que mide su agitación browniana = 19 voltios.

Experiencias realizadas a 1/10 de dilución

3.^a DETERMINACIÓN

Coloide a 1/30 de dilución.

Potencial que mide su agitación browniana = 19 voltios.

Experiencias realizadas a 1/30 de dilución

4.^a DETERMINACIÓN

Coloide a 1/100 de dilución.

Potencial necesario para determinar la agitación browniana = 19 voltios.

Experiencias realizadas a 1/100 de dilución

Como vemos en los coloides empleados, la agitación browniana no se modifica con la dilución.

Conviene observar que el hecho de diluir con agua en vez de hacerlo con medio de dispersión, no modifica sensiblemente la viscosidad del medio.

E.—Proporcionalidad entre la fuerza orgánica y la velocidad límite

1. CÁLCULO DE LA MOVILIDAD

Sabemos que la movilidad es igual a la relación entre la velocidad límite y la fuerza que sobre la micela actúa, o sea que

$$\text{movilidad} = \frac{v}{F}$$

De estas magnitudes, v la podemos determinar y F , la fuerza, es igual a la masa por la intensidad del campo (mecánico).

Es decir, $F = mG$, siendo m la masa de una micela y G la intensidad del campo (mecánico).

m . La masa es igual a la relación entre la concentración del coloide y la concentración en micelas.

Como el coloide se diluye, la concentración en micelas será igual a la concentración después de diluido por la dilución.

La concentración en micelas, después de diluido, será la relación entre el número de micelas y el volumen iluminado. El volumen iluminado en el microscopio que tenemos es de $308 \mu^3$.

Luego la concentración en micelas, teniendo en cuenta la dilución, será:

$$\text{Concentración en micelas} = \frac{n d}{3.08} \times 10^{10}$$

siendo n el número de micelas contadas y d la dilución del coloide.

Por consiguiente, la masa micelar será igual a

$$\frac{c}{n d} 3.08 \times 10^{-10}$$

siendo C la concentración del coloide.

Sólo nos resta, pues, para calcular la movilidad, determinar G y v .

2. NECESIDAD DE DISPONER DE UN CAMPO DE FUERZAS DE INTENSIDAD CONOCIDA Y ARBITRARIAMENTE VARIABLE

Si queremos aplicar a una micela fuerzas diferentes, como la masa de dicha micela es constante, será preciso modificar la intensidad del campo.

Si sometemos el coloide a la acción de la gravedad, no podemos modificar la fuerza, porque la gravedad es constante para cada lugar de observación.

El empleo, pues, de este procedimiento no sería realmente práctico.

3. EMPLEO DE LA CENTRÍFUGA

El empleo de la acción de la gravedad hemos visto que tiene sus inconvenientes en cuanto a comodidad y práctica se refiere. Es preciso disponer de otra fuerza, cuya intensidad conozcamos y al mismo tiempo podamos modificarla convenientemente.

Si empleamos la fuerza centrífuga, como ésta varía con el número de revoluciones y la distancia al eje de giro, tendremos un procedimiento, según el cual de dos maneras podremos modificar la fuerza que actúa sobre una micela.

4. EQUILIBRIO DE CENTRIFUGACIÓN

Perrin, estudiando suspensiones de mástic y goma gutta, observó que las partículas dispersas sedimentaban bajo la acción de la gravedad, siguiendo la misma ley que la que rige la sedimentación e igual también a la de distribución de las moléculas de un gas sometidas a la misma acción de la gravedad; es decir, como en los gases la densidad es proporcional a la presión, ambos valores deben disminuir con la alti-

tud; en las suspensiones ocurrirá, pues, lo mismo: las partículas dispersas se dispondrán en capas horizontales de un modo análogo a como ocurre en los gases.

En efecto; Perrin no solamente lo comprobó, sino que dió la fórmula que regía el equilibrio de sedimentación (62).

Si en lugar de someter el sistema a la acción de la gravedad lo sometemos a la acción de la fuerza centrífuga, obtendremos un equilibrio de centrifugación que podemos considerar como consecuencia de la variación de densidad con la concentración micelar modificada por la agitación (63 a 66).

5. DIFICULTADES EN LA OBTENCIÓN DE COLOIDES ADECUADOS

Para obtener una clara sedimentación, es preciso disponer de un coloide tal que sus micelas sean suficientemente grandes.

Lo más lógico será, pues, emplear el método de los gérmenes. Este se funda en emplear como germen una cierta cantidad de coloide de oro obtenido por el método del fósforo. Para ello preparamos una solución compuesta de 2,5 cc. solución de cloruro áurico (1 grs. en 166 cc. de agua), 3 cc. de carbonato potásico puro (0,18 N); todo esto mezclado con 1/2 cc. de solución saturada de fósforo en éter, diluida al quintuple.

Dejamos esta mezcla varias horas en reposo (veinticuatro horas), y en un matraz grande se la hace hervir para eliminar el éter y oxidar el fósforo. Obtenemos una dispersión homogénea de oro de coloración roja intensa.

Utilizando esta dispersión como germen, preparamos coloide sólo rojo, empleando como reductor una disolución de formol al 0,3 %.

El agua empleada era bidestilada en refrigerante de plata y el vidrio empleado Jena, lavado con mezcla crómica, agua y vapor de agua.

Sin embargo, el tamaño de las micelas no era suficientemente grande para dar una clara sedimentación, aun variando la cantidad de solución de gérmenes; ello era, pues,

indudablemente debido a la formación espontánea de gérmenes.

Con el fin de evitar la formación de gérmenes espontáneos, empleamos una solución de ferricianuro potásico (0,011 grs. %), utilizando un método análogo al seguido por Hiege.

Pero ocurría que el ferricianuro no sólo evitaba la formación de gérmenes espontáneos, sino que disolvía los gérmenes en presencia.

Con todas estas dificultades no desesperamos de encontrar un coloide adecuado, y lo conseguimos recurriendo a emplear como germen coloide oro rojo al formol.

En un vaso Jena, perfectamente limpio, ponemos 120 cc. de agua bidestilada y 1 cc. de ferricianuro potásico (0,011 grs. %). Calentamos, y cuando comienza la ebullición, agregamos 2,5 cc. de la solución de cloruro áurico; luego agregamos 3 cc. de la solución de carbonato potásico y agitamos a los pocos minutos; agregamos el reductor, o sea 4 cc. de la solución de formol *junto* con 1 cc. de gérmenes, o sea del coloide de oro al formol preparado anteriormente; agitamos constantemente y a los sesenta segundos aparece una coloración azul pálido, que rápidamente vira al rojo, quedando el líquido con una coloración anaranjada bien característica.

El coloide así obtenido es un coloide homogéneo que da sólo por la acción de la gravedad, al cabo de algunas horas, una clara superficie de separación.

6. VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN

Si a un sistema coloidal lo sometemos a la acción de la centrifugación, habremos de comprobar si las velocidades con que sedimentan las micelas son proporcionales a las fuerzas que sobre dichas micelas actúan, o por lo menos si dentro de los límites de amplitud en que las experiencias se realicen es lícito tomarla como constante, aunque realmente no podamos afirmar que lo sea.

Siendo variables dichas velocidades y fuerzas, no podre-

mos determinar velocidades verdaderas, sino solamente velocidades medias.

La proporcionalidad entre ellas podremos comprobarla si partimos de la suposición de que la movilidad es independiente de la velocidad, y por medio de un cálculo matemático podemos deducir el valor de dicha movilidad.

Si estudiando la movilidad en diferentes condiciones nos da el mismo valor, nos probará la proporcionalidad antedicha.

Sea G la intensidad del campo mecánico que sobre la micela actúa, R el radio de giro de la centrífuga y N el número de revoluciones en un segundo; tendremos:

$$G = 4 \pi^2 N^2 R$$

y por tanto, la fuerza que actúa sobre una micela,

$$F = m 4 \pi^2 N^2 R.$$

Como $v = \frac{F}{\Phi}$, la velocidad será igual a

$$v = m \left(1 - \frac{\mu'}{\mu} \right) \frac{4 \pi^2 v^2 R}{\Phi}$$

$$\frac{dR}{dt} = m \left(1 - \frac{\mu'}{\mu} \right) \frac{4 \pi^2 N^2 R}{\Phi}$$

siendo m la masa de cada micela, μ la masa específica del cuerpo disperso, μ' la masa específica del medio de dispersión y Φ la resistencia de frotamiento.

E integrando

$$t = \frac{\Phi}{m \left(1 - \frac{\mu'}{\mu} \right) 4 \pi^2 N^2} \log_e \frac{R}{R_0}$$

de donde

$$\Phi = m \left(1 - \frac{\mu'}{\mu} \right) 4 \pi^2 N^2 t : \log_e \frac{R}{R_0}$$

siendo t el tiempo de centrifugación.

7. INFLUENCIA DE LA PROXIMIDAD DE LA PARED

Así como en la observación de la velocidad electroforética influía extraordinariamente la proximidad de la pared de la cámara, igual sucede en el caso de que el tubo sea de un diámetro relativamente pequeño; y si allí se evitaba observando en la capa en la cual el arrastre del agua es nulo, aquí lo evitamos empleando tubos de diámetro suficientemente grande.

8. MÉTODO PARA SEGUIR EL PROCESO DE SEDIMENTACIÓN

Svedberg (25) utiliza una ultracentrífuga que permite determinar la centrifugación con el aparato en marcha por métodos colorimétricos.

Con objeto de simplificar el método hemos empleado la fórmula anteriormente deducida, proponiéndonos estudiar el desplazamiento de la capa de separación con el tiempo.

Como la fuerza que actúa sobre una micela no permanece constante durante el período de centrifugación, sino que por el contrario varía continuamente, no podemos conocer su velocidad por el desplazamiento que experimente, y hemos de deducirla aplicando la fórmula que resulte de admitir la proporcionalidad entre ella y la fuerza, que de ser cierta queda confirmada al concordar los resultados calculados por los obtenidos.

Para estudiar el desplazamiento de la capa de separación, es preciso que las micelas del sistema disperso que se utilice no estén sometidas a la acción de las mismas fuerzas en todas las experiencias que se realicen, lo que podíamos conseguir modificando el tiempo de centrifugación o modificando el número de revoluciones. Nos pareció más conveniente operar variando el tiempo de centrifugación, pero manteniendo constante el número de revoluciones.

Indudablemente resulta mucho más práctico, y de esta manera procedimos al efectuar las experiencias definitivas, realizar las determinaciones partiendo en cada una de ellas con diferente cantidad de líquido, lo que equivale a variar el radio inicial de giro de las micelas de la superficie, cuya distancia al eje medimos con exactitud.

Tampoco operando de este modo hay necesidad para estudiar si existe proporcionalidad entre la fuerza y la velocidad de determinar el número de revoluciones, siempre que se mantenga constante durante todas las experiencias.

El coloide empleado fué obtenido con gérmenes de oro rojo al formol y ferricianuro (para evitar la formación de gérmenes espontáneos), siguiendo la técnica que anteriormente dijimos.

Poníamos así en la centrífuga cuatro tubos con coloide a diversas alturas, previamente equilibrados por pesada (una gota tan sólo era suficiente para impedir una marcha regular en la centrífuga). Al parar la centrífuga aparecían en los tubos como un torbellino de micelas, que impedían ver la superficie de separación del coloide.

Con el fin de evitar la agitación fué preciso limpiar cuidadosamente los tubos con agua regia, agua, mezcla crómica, agua y vapor de agua (para evitar la menor adherencia a la pared del tubo, cosa que ocurría si no se verificaba esta escrupulosa limpieza).

Al verter el coloide en los tubos poníamos un pequeño disco de papel de filtro, que quedaba en el fondo del tubo y hacía que las micelas sedimentadas en el fondo quedaran fuertemente adheridas por ese pequeño disco, evitándose así la agitación del coloide.

Colocamos dos tubos, cuyas alturas en centímetros son seis y ocho. El tiempo que tardaron a depositarse fué 16 y 27 minutos, respectivamente.

Primeramente fué preciso registrar mediante un cuenta-segundos minuto a minuto la sedimentación, y una vez observada aproximadamente, colocar nuevos tubos y centrifugar el tiempo observado; luego ver el menor tiempo hasta precisar exactamente el tiempo necesario para su sedimentación

Basta demostrar que $t: \log_e \frac{R}{R_0} = \text{Cte.}$

Para $t = 16$ m.; $R = 15$ cm. 72,72
" $h = 6$ cm.; $R_0 = 9$ cm.

Para $t = 27$ m.; $R = 15$ cm. 81,81
" $h = 8$ cm.; $R_0 = 7$ cm.

El resultado debiera ser constante si las fuerzas fueran proporcionales a las velocidades; pero como quiera que de los resultados obtenidos se deduce que no hay tal constancia, no existe tampoco dicha proporcionalidad, lo que atribuimos a que las velocidades empleadas son excesivamente grandes

F.—Método de determinación de la carga electroforética

1. SIGNIFICADO DE LA CARGA ELECTROFORÉTICA

Estando la carga de la micela compensada por otra carga igual y de signo contrario del medio de dispersión, podemos considerar la carga de la micela completamente neutra; pero si sometemos la micela a la acción de un campo eléctrico, la micela sufre un desplazamiento, desplazamiento que hace admitir que la micela posee una cierta carga aparente que se llama carga electroforética.

2. MEDIDA DEL CAMPO ELÉCTRICO Y DE LA VELOCIDAD ELECTROFORÉTICA

La intensidad del campo eléctrico que actúa sobre una micela, sabemos que es igual a la relación entre la diferencia del potencial V en los electrodos y la distancia L , entre ellos.

Es decir,

$$H = \frac{V}{L}$$

Pero es preciso tener en cuenta la f. c. e. m. que se origina al pasar la corriente (tensión de polarización), restándola del valor V del potencial. Tomamos siempre 1,7 como valor de la tensión de polarización.

La velocidad electroforética la determinamos midiendo mediante un cronómetro el tiempo que tarda una micela en recorrer una distancia determinada que queda definida con un ocular micrométrico, longitud que calculamos por medio de un objetivo micrométrico.

Podíamos determinarla también midiendo la distancia que

recorre la micela en un tiempo determinado, pero es mucho más práctico el primer procedimiento.

Para medir la longitud del desplazamiento de la micela se sigue el método del micrómetro ocular. Consiste en emplear un micrómetro objetivo que está dividido en 0,01 mm., y con la misma óptica empleada para medir la trayectoria de las micelas, comparar las divisiones del ocular con las del objetivo micrométrico, viendo cuántas de aquéllas corresponden a un número exacto de éstas; y como su valor es conocido, fácilmente podemos deducir el equivalente de las del ocular (67):

n = número de divisiones del micrómetro objetivo que corresponde a n' del micrómetro ocular.

d = longitud de una división del micrómetro ocular.

d' = longitud de una división del micrómetro objetivo.

3. DETERMINACIÓN DE LA MOVILIDAD POR APLICACIÓN DE UN CAMPO CENTRÍFUGO

Sobre una micela sometida a la acción de un campo centrífugo actuarán tres fuerzas: la fuerza centrífuga, la resistencia del medio y la que origina la difusión (68).

Esta última, la difusión, puede considerarse despreciable si se somete al sistema a la acción de un campo centrífugo de suficiente intensidad.

Con arreglo al cálculo que se hizo en la página 95, tendremos, llamando I a la movilidad:

$$I = \frac{v}{F} = \frac{\log \frac{R}{R_0}}{4 \pi^2 N^2 m \left(1 - \frac{\mu'}{\mu} \right) t - t_0}$$

A pesar de que hemos supuesto un campo centrífugo de suficiente intensidad, para que la difusión resulte despreciable, es preciso tener en cuenta que una causa perturbadora de la sedimentación puede ser la resistencia de la pared, como experimentalmente hemos comprobado.

Sin embargo, hemos evitado esta causa de error empleando tubos de diámetro suficiente.

4. DETERMINACIÓN DE LA MOVILIDAD POR APLICACIÓN DE UN CAMPO GRAVITATORIO

Si es un campo gravitatorio el que actúa sobre una micela, la intensidad se puede en ese caso considerar constante; la velocidad verdadera es, pues, igual a la velocidad media; así que el cálculo queda por este motivo muy simplificado.

La movilidad viene dada por la expresión:

$$I = \frac{v}{F} = \frac{l}{m g t}$$

siendo l el espacio recorrido por la micela en el tiempo t , m la masa de dicha micela y g la aceleración de la gravedad.

En la determinación de la movilidad por aplicación de un campo gravitatorio, habrá de operarse con coloides cuya micela sea suficientemente grande, para que la influencia perturbadora de la sedimentación no alcance un valor notable.

Para determinar las velocidades de sedimentación, o sea la relación $\frac{l}{t}$, realizamos previamente una serie de ensayos para poder apreciar si nuestro modo de proceder entraña alguna causa de error sistemático al efectuar las lecturas de los desplazamientos de la capa de separación del coloide.

Para ello comprobamos la proporcionalidad entre los desplazamientos de dicha capa y los tiempos de sedimentación en el mismo coloide, hasta asegurarnos de la corrección en nuestro modo de proceder.

Pudimos, además, comprobar la conveniencia de no emplear coloides muy concentrados, y para poder obtener resultados concordantes con objeto de evitar se llegue a alcanzar un equilibrio de sedimentación, colocamos un disco de papel de filtro en el fondo del recipiente en donde se realiza la experiencia, lo que permite prolongarla hasta que la capa de separación se encuentra cerca del fondo de dicho recipiente.

5. CÁLCULO DE LA FUERZA ELÉCTRICA CONOCIDA LA MOVILIDAD

Por aplicación del campo mecánico se determina la movilidad; determinada ésta, sólo nos resta determinar v , o sea la velocidad límite, para poder calcular la fuerza eléctrica que sobre la micela o conjuntos de micelas actúa.

Puesto que:

$$F = \Phi v.$$

Todos son, pues, magnitudes determinables experimentalmente, pues la velocidad límite se puede calcular directamente como se indicó en (B — 4).

6. CÁLCULO DE LA CARGA ELECTROFORÉTICA

Si aplicamos a un sistema disperso un campo eléctrico de intensidad H , la fuerza F que actúa sobre la micela será la misma que la de un campo mecánico que le imprima la misma velocidad.

Tendremos:

$$F' = Gm$$

por tanto,

$$\varepsilon = \frac{Gm}{H}$$

y así es posible calcular la carga electroforética de las partículas coloidales independientemente de la fórmula de Stokes.

Sin necesidad de aplicar dicha fórmula, que no siempre sería posible por no conocer el valor del radio, si la velocidad que adquieren las micelas bajo la acción del campo eléctrico no es la misma que bajo la acción del campo mecánico y estamos en regiones en que se puede suponer proporcionalidad entre las fuerzas y las velocidades, es necesario calcular el valor Gm de la fuerza mecánica que imprime a la partícula una velocidad igual a la velocidad electroforética, que será

Φv , siendo v la velocidad electroforética. Por tanto:

$$\varepsilon = \frac{\Phi v}{H} = \frac{t m g}{l} \frac{v}{H}$$

$\frac{l}{t}$ es la velocidad de sedimentación de las micelas, m es la masa de dichas micelas, g es la aceleración de la gravedad y H es la intensidad del campo eléctrico en la determinación de la velocidad electroforética.

Como vemos, todas ellas son magnitudes conocidas y fácilmente determinables.

G.—Relación entre la carga electroforética y la masa micelar

1. PLAN DE TRABAJO

Con objeto de estudiar la relación que el tamaño de las micelas pueda tener con la carga de dichas partículas dispersas, hemos hecho una serie de experiencias preparando coloides que dentro del mismo tipo tienen distinta masa.

A tal efecto hemos partido de un coloide de oro rojo de masa en oro ya conocida y lo hemos empleado como germen, a partir del cual tomamos dosis recientes, y así hemos preparado una serie de coloides de tipo bien caracterizado, con los cuales estudiamos la variación de la carga electroforética en función de la masa micelar.

2. PREPARACIÓN DE COLOIDES AL FORMOL

Con objeto de realizar las experiencias proyectadas, preparamos varios coloides al formol, siguiendo la técnica expuesta en (E), donde ya indicamos la necesidad de emplear una cierta cantidad de disolución de ferricianuro (al 0,011 por 100), condición indispensable para que el coloide reúna las condiciones necesarias en cuanto a nuestro estudio se refiere.

Partiendo de un oro rojo al formol, preparado como indica Zsigmondy (69) como germen, preparamos una serie de coloides al formol (con ferricianuro), empleando 1/2, 1, 3 y 5 cc. de germen, y obtenemos así cuatro coloides de color anaranjado en orden cada vez más intenso, a medida que aumentamos la cantidad de gérmenes.

Como para ulteriores experiencias, necesitamos conocer la masa de las micelas de cada uno de los coloides obtenidos, determinamos estas masas, aplicando la fórmula citada en

$$(E); \text{ masa micelar} = \frac{C}{n d} 3,08 \times 10^{-10}$$

C es la concentración por cc. en oro de cada coloide; pero en este caso, como hemos empleado como gérmenes disolución de oro rojo de concentración = 0,0000466, al calcular las concentraciones de los coloides obtenidos, es preciso hacer la corrección teniendo en cuenta la masa en oro agregada por los gérmenes; n en la fórmula citada, es el número de miceladas contadas en el ultramicroscopio de inmersión (70); y d es la dilución; 380 es el volumen iluminado en el ultramicroscopio; como vemos, son todo magnitudes calculables.

Contamos en el ultramicroscopio (71) para determinar el número de micelas en cada uno de los coloides preparados, y obtenemos:

N.º de micelas en coloide de 0,5 cc. de germen	=	0,38	micelas en $308\mu^3$
" " 1 "	"	0,54	"
" " 3 "	"	0,104	"
" " 5 "	"	0,98	"

Ahora bien; las diluciones son:

Coloide de 0,5 cc. de germen diluido a	1/10
" 1 "	" "
" 3 "	" "
" 5 "	1/15

Por consiguiente, será:

Coloide de 0,5 cc. de germen	=	3,8	micelas del coloide primitivo en $308\mu^3$
" 1 "	"	5,4	"
" 3 "	"	10,4	"
" 5 "	"	14,7	"

Hecha la corrección de la masa en oro agregado por los gérmenes, resulta ser la concentración por cc. en oro para cada coloide:

Para el de 0,5 cc. de germen	=	0,00004676	grs.	=	coloide número 1
" 1 "	"	0,00004691	"	=	" " 2
" 3 "	"	0,00004753	"	=	" " 3
" 5 "	"	0,00004815	"	=	" " 4

Sus masas en oro para cada micela serán :

$$\text{N.}^\circ 1 \frac{0,00004676}{3,8} \times 3,08 \times 10^{-10} = 0,00003790 \times 10^{-10} = 37,90 \times 10^{-16} \text{ grs.}$$

$$\text{N.}^\circ 2 \frac{0,00004691}{5,4} \times 3,08 \times 10^{-10} = 0,00002676 \times 10^{-10} = 26,76 \times 10^{-16} \text{ grs.}$$

$$\text{N.}^\circ 3 \frac{0,00004753}{10,4} \times 3,08 \times 10^{-10} = 0,00001407 \times 10^{-10} = 14,07 \times 10^{-16} \text{ grs.}$$

$$\text{N.}^\circ 4 \frac{0,00004815}{14,7} \times 3,08 \times 10^{-10} = 0,00001008 \times 10^{-10} = 10,08 \times 10^{-16} \text{ grs.}$$

Hemos calculado los radios de las micelas aplicando la fórmula

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi d}}$$

Siendo m la masa de una micela y d la densidad del oro.
Resultando :

Radio micela coloide	0,5 cc. de germen	=	36,09 $\mu\mu$
" "	1 "	=	32,17 $\mu\mu$
" "	3 "	=	25,9 $\mu\mu$
" "	5 "	=	23,21 $\mu\mu$

3. VELOCIDADES ELECTROFORÉTICAS OBSERVADAS

Como la velocidad electroforética es una magnitud necesaria para reducir la carga de las micelas y es esto precisamente lo que estudiamos en los coloides anteriormente preparados, vamos a determinarla en cada una de ellas siguiendo la técnica en cuanto a este se refiere, indicada ya en (C).

Hecha previamente una preparación microscópica de cada uno de los referidos coloides, observamos que su excesiva

concentración imposibilita materialmente el estudio de la velocidad electroforética. Es necesario, pues, diluir estos coloides, pero ya hemos visto en (C) la influencia del medio de dilución; es preciso, pues, diluir con medio de dispersión, para lo cual ultrafiltramos parte de dichos coloides siguiendo la técnica de ultrafiltración de Bechhold (C).

Una vez recogido el medio de dispersión ya ultrafiltrado, tomamos coloide de 0,5 cc. de gérmenes, que lo diluimos a 1/30 en su medio de dispersión (como es natural, estas cantidades en la dilución para que resulte conveniente, no son puramente casuales, sino fruto de repetidos tanteos).

Colocamos el coloide en la cámara, y con una óptica de 0,45 aumentos y un potencial de 19 voltios, determinamos la velocidad electroforética en la capa de arrastre nulo.

Análogamente procedemos para los coloides de 1 cc., 3 cc. y 5 cc. de gérmenes, obteniendo los siguientes datos:

Espacio recorrido por la micela durante los siguientes tiempos = 50 μ .

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
5,2''	6,2''	5,2''
4,8''	5,0''	5,2''
4,8''	6,2''	5,2''
5,0''	4,6''	5,2''
5,0''	5,0''	5,2''
4,4''	4,8''	4,8''
4,8''	5,0''	5,2''
5,6''	5,8''	5,2''
5,0''	5,0''	4,8''
4,8''	5,4''	4,6''

Velocidad media = 9,80 μ por 1''.

Experiencias realizadas en coloide de 0,5 cc. de germen

Espacio recorrido por la micela = 50 micras:

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
5,8''	5,2''	6,0''
5,6''	5,8''	5,6''
5,6''	5,8''	5,8''
5,4''	6,8''	5,4''
6,4''	5,8''	6,0''
6,4''	6,2''	5,0''
6,4''	5,8''	5,8''
5,2''	7,2''	5,2''
5,6''	5,8''	6,8''
5,4''	6,2''	5,8''

Velocidad media = 8,59 μ . por 1''.

Experiencias realizadas en coloide de 1 cc. de germen

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
6,8''	7,4''	5,8''
7,4''	5,6''	8,0''
5,4''	6,8''	5,8''
5,4''	5,8''	7,2''
5,8''	5,8''	6,2''
5,6''	6,0''	6,2''
6,0''	6,0''	6,8''
6,2''	6,2''	6,2''
7,2''	6,8''	5,8''
6,0''	5,8''	5,8''

Velocidad media = 7,98 μ . 1''.

Experiencias realizadas en coloide de 3 cc. de germen

Espacio recorrido por una micela = 50 μ :

Tiempos	Tiempos	Tiempos
5,8''	5,6''	6,8''
6,0''	5,8''	5,8''
5,8''	6,0''	7,0''
6,2''	7,0''	6,4''
7,2''	6,8''	6,4''
7,6''	6,8''	6,8''
7,2''	5,8''	6,8''
6,6''	6,6''	6,4''
6,6''	7,2''	6,2''
5,8''	5,8''	5,8''

Velocidad media = 7,75 μ por 1''.

Experiencias realizadas en coloide de 5 cc. de germen

	Masa micelar	Velocidad Electroforética media
Coloide de 0,5 cc. de germen:	37,90 \times 10 grs.	9,80 μ por 1''
Coloide de 1 cc. de germen:	26,76 \times 10 grs.	8,59 μ por 1''
Coloide de 3 cc. de germen:	14,07 \times 10 grs.	7,98 μ por 1''
Coloide de 5 cc. de germen:	10,08 \times 10 grs.	7,75 μ por 1''

4. VELOCIDADES DE SEDIMENTACIÓN

Para determinar las velocidades de sedimentación de la serie de coloides obtenida, colocamos en varios tubos Jena (limpios previamente con mezcla crómica, agua y vapor de agua, con objeto de evitar así que se adhiera algo a la pared de los mismos, dificultando una determinación exacta de la superficie de separación) coloide de 0,5 cc. de germen, 1 cc., 3 cc. y 5 cc., habiendo deslizado previamente al fondo de los tubos un pequeño disco de papel de filtro que hace que las micelas queden adheridas al papel, dificultando por consiguiente su ascensión a capas superiores, lo cual podría ocasionar errores en la medida de la velocidad de sedimentación.

Anotamos el tiempo en que dejamos dichos tubos cerrados y con las respectivas disoluciones coloidales a una determinada altura.

Al cabo de un número determinado de horas (veinte horas y siete minutos) medimos la altura de la superficie de separación en todos los tubos; anotamos la hora después de un cierto tiempo (cuarenta y cuatro horas y catorce minutos), volvemos a medir dicha superficie de separación; así logramos hacer tres medidas en noventa y una horas y diecisiete minutos, no pudiendo hacer más porque la superficie de separación en las últimas porciones de los tubos aparece próxima al fondo. De este modo comprobamos la proporcionalidad entre los tiempos y las velocidades de sedimentación; lo que nos demostró que la velocidad de sedimentación permanecía invariable, aunque el coloide siguiera su evolución.

La velocidad de sedimentación, o sea la relación entre la longitud recorrida por las micelas en su descenso y el tiempo empleado en recorrerla, nos da para cada coloide:

	Velocidad de sedimentación
Coloide de 0,5 cc. de germen	0,000042 cm. por 1"
Coloide de 1 cc. de germen	0,0000301 cm. por 1"
Coloide de 3 cc. de germen	0,0000145 cm. por 1"
Coloide de 5 cc. de germen	0,0000120 cm. por 1"

5. CARGA ELECTROFORÉTICA DE LOS COLOIDES AL FORMOL

Una vez determinada la masa de las micelas, su velocidad electroforética y su velocidad de sedimentación, sólo nos resta calcular el valor de la gravedad y la intensidad del campo eléctrico (aplicado para la determinación de la velocidad electroforética) para poder deducir la carga electroforética de las micelas independientemente de la fórmula de Stokes.

Ya sabemos que dicha carga viene dada por la fórmula:

$$\epsilon = \frac{\Phi v}{H} = \frac{t m g}{l} \frac{v}{H}$$

deducida en (G). En la cual $I =$ movilidad, es igual a la relación entre la velocidad de sedimentación y la fuerza mecánica, siendo ésta igual al producto de la masa de una micela por la aceleración de la gravedad; v es la velocidad electroforética, y H es la intensidad del campo eléctrico.

La aceleración de la gravedad en Zaragoza vale 980,3 (U. C. G.).

En cuanto al valor de H sabemos que es igual a la relación entre V , el potencial entre los electrodos (del cual hay que restar la tensión de polarización 1,7), y la distancia L entre los electrodos, o sea:

$$H = \frac{V}{L} = \frac{19 - 1.7 \text{ voltios}}{5 \text{ cms.}} = \frac{3.33 \times 10^{-3} \times 9}{5 \text{ cms.}} = 1.26 \times 10^{-2} \text{ (U. C. G.)}$$

Luego la carga electroforética de los coloides será:

$$\begin{array}{ll} \epsilon_1 = 6,8 \times 10^{-9} \text{ franklins} & \epsilon_2 = 5,9 \times 10^{-9} \text{ franklins} \\ \epsilon_3 = 5,5 \times 10^{-9} \text{ franklins} & \epsilon_4 = 5,0 \times 10^{-9} \text{ franklins} \end{array}$$

6. PREPARACIÓN DE COLOIDES CON SULFATO DE HIDRACINA

Repetimos las experiencias anteriores, en coloides de oro obtenidos empleando como reductor el sulfato de hidracina.

Estos coloides los preparamos siguiendo la técnica que indica Zsigmondy en *Das Kolloide Gold* (92).

Empleamos una disolución de ferricianuro potásico al 0,011 %, de la cual tomamos 1 cc., que agregamos al agua bidestilada; hervimos esto; luego en frío agregamos primero la sal de oro (2,5 cc.) y el carbonato potásico 0,18 N (3 cc.); después los gérmenes (1, 2, 3 ó 4 cc.), constituidos por coloide oro rojo al formol muy diluido, y por último adicionamos gota a gota el reductor (disolución de sulfato de hidracina al 0,8 %).

Obtenemos así una serie de coloides con cantidades cre-

cientes de gérmenes, que dan clara superficie de separación y presentan un color rojo violáceo, tanto más intenso cuanto mayor es el número de gérmenes adicionados.

El ferricianuro potásico que empleamos para evitar la formación de gérmenes espontáneos, lo hervimos previamente con el agua, porque en frío no tiene acción, según comprobamos en experiencias anteriores.

Análogamente que en el caso de los coloides al formol, determinamos la masa de cada uno de los coloides obtenidos, aplicando la fórmula ya citada:

$$\text{masa micelar} = \frac{C}{n d} 3,08 \times 10^{-10}$$

obtenemos:

Número de micelas contadas al microscopio para cada coloide, teniendo en cuenta las diluciones respectivas:

Coloide de 1 cc.,	germen $n \times d = 10$
" " 2 cc.,	" " " = 17,2
" " 3 cc.,	" " " = 19
" " 4 cc.,	" " " = 37,6

Número de micelas por $308 \mu^3$.

Teniendo en cuenta la masa en oro agregada por los gérmenes, que es por cc. igual a 0,0000466 grs., el cual empleamos ocho veces diluido, nos resulta para coloide su concentración por cc. en oro:

Para el coloide de 1 cc.,	germen = 0,00004664 grs.
" " " " 2 cc.,	" = 0,00004668 "
" " " " 3 cc.,	" = 0,00004672 "
" " " " 4 cc.,	" = 0,00004676 "

Luego las masas en oro para cada micela son:

Masa de la micela en el de 1 cc. de germen	= 14,36 $\times 10^{-10}$ grs.
" " " " 2 "	= 8,36 $\times 10^{-10}$ grs.
" " " " 3 "	= 7,6 $\times 10^{-10}$ grs.
" " " " 4 "	= 3,8 $\times 10^{-10}$ grs.

Los radios respectivos son:

Radio de la micela coloide de 1 cc. de germen	=	38,26	$\mu\mu$
" " " " 2 " "	=	21,63	$\mu\mu$
" " " " 3 " "	=	21,11	$\mu\mu$
" " " " 4 " "	=	16,75	$\mu\mu$

7. VELOCIDADES ELECTROFORÉTICAS

Procediendo como anteriormente decimos al tratar de los coloides al formol, hemos determinado la velocidad electroforética de los coloides de hidracina, empleando también para su dilución medio de dispersión ultrafiltrado.

Utilizando la misma cámara, igual óptica y potencial análogo que en la primera serie de experiencias, obtenemos para los coloides de 1, 2, 3 y 4 cc. de gérmenes:

Velocidad electroforética del coloide 1 cc. germen	=	7,88	por 1"
" " " " 2 " "	=	8,92	" " "
" " " " 3 " "	=	8,92	" " "
" " " " 4 " "	=	9,19	" " "

8. VELOCIDADES DE SEDIMENTACIÓN

Las velocidades de sedimentación las determinamos procediendo de modo análogo a como hicimos en los coloides al formol.

Obtenemos así, al cabo de setenta y una horas y diez minutos, los siguientes valores para cada coloide:

Velocidad de sedimentación coloide 1 cc. germen	=	$7,8 \times 10^{-6}$	cm. por 1"
" " " " 2 " "	=	$7,6 \times 10^{-6}$	" " "
" " " " 3 " "	=	$6,6 \times 10^{-6}$	" " "
" " " " 4 " "	=	$5,8 \times 10^{-6}$	" " "

9. CARGA ELECTROFORÉTICA DE LOS COLOIDES AL SULFATO DE HIDRACINA

Determinados todos los datos masa de las micelas, velocidad electroforética, velocidad de sedimentación, acelera-

ción de la gravedad, intensidad del campo eléctrico (aplicado en la determinación de la velocidad electroforética), podemos calcular la carga electroforética de las micelas en cada coloide.

La aceleración de la gravedad es igual a 980,3; el valor de la intensidad del campo, restándole el valor de la tensión de polarización, sabemos que es igual, según ya determinemos, a $1,26 \times 10^{-2}$ (U. C. G.).

Nos resultan hechas las operaciones necesarias para el valor de la carga en cada coloide:

$$\begin{aligned} \epsilon_1 &= 1,1 \times 10^{-8} \text{ franklins} & \epsilon_2 &= 8,3 \times 10^{-9} \text{ franklins} \\ \epsilon_3 &= 8,3 \times 10^{-9} \text{ franklins} & \epsilon_4 &= 4,5 \times 10^{-9} \text{ franklins} \end{aligned}$$

Basta comparar las cargas y los radios de las micelas de los coloides respectivos para poder deducir que la carga electroforética aumenta con el radio de las micelas, sin que podamos deducir una más exacta relación por las dificultades experimentales:

Radios	Cargas
38,26 $\mu\mu$	$1,1 \times 10^{-8}$ franklins
21,63 $\mu\mu$	$8,3 \times 10^{-9}$ "
21,11 $\mu\mu$	$8,3 \times 10^{-9}$ "
16,75 $\mu\mu$	$4,5 \times 10^{-9}$ "

H.—Influencia de la estructura micelar en la velocidad electroforética

1. OBJETO DE ESTE ESTUDIO

Según Coulomb, en la resistencia que un fluido opone al movimiento de un cuerpo influyen tres causas:

El arrastre del fluido por el cuerpo en movimiento, es decir, *la inercia, la adherencia* del líquido al sólido móvil, es decir, el frotamiento del líquido contra el sólido; y *la viscosidad* o frotamiento interno del fluido, que Coulomb llama la coherencia del fluido, es decir, la adherencia de las partículas entre sí.

Fácilmente se comprende, pues, que la resistencia del medio al movimiento de una partícula ha de depender del tamaño y forma de dicha partícula; por este motivo ofrece especial interés el estudio de la velocidad límite adquirida en el seno de un medio de dispersión por micelas de forma y tamaño diferentes, en las que la resistencia de frotamiento debe presentar valores distintos.

2. RIGORISMO EXPERIMENTAL EN EL CÁLCULO DE LA CARGA MICELAR

Si al calcular la velocidad electroforética de las micelas de un sistema coloidal hubiéramos aplicado una ley, que previamente fijada una determinada estructura y tamaño en las micelas, estas determinaciones de velocidad irían afectadas de un error, si la forma y tamaño de las micelas no eran las supuestas en la hipótesis. Creemos evitar este error determinando experimentalmente esta velocidad.

No obstante, consideramos de interés realizar algunos ensayos también experimentales, con objeto de deducir el alcance que esta variedad en la forma y el tamaño de las micelas constitutivas de los sistemas coloidales que estudiamos pudiera tener en la velocidad electroforética.

3. ESTRUCTURA DE LAS MICELAS

Hay que tener en cuenta que las micelas pueden o no ser compactas; así en el oro rojo, según Scherrer, las micelas son macizas (73), y en cambio en los oros violetas las micelas tienen forma de racimo (74).

Además es preciso tener en cuenta que pueden tener, como ya se dijo, (C—3) medio de dispersión absorbido, y esto naturalmente modificará el tamaño, produciendo variaciones en la estructura de las partículas dispersas.

4. ASPECTO ULTRAMICROSCÓPICO DE LAS MICELAS, SEGÚN SU ESTRUCTURA

Supongamos una disolución coloidal de oro rojo; sus micelas son protonas, es decir, macizas; pero si le tratamos por una disolución iónica, una coagulación se inicia y sus micelas se agregan, formándose así micelas de diversos tamaños. Como las protonas son rojas a la luz directa y las polionas azules, pero observadas al ultramicroscopio, las primeras son verdes y las segundas son rojas; disponemos de un medio realmente fácil para distinguir unas de otras.

5. FORMA DE LAS MICELAS

Algunas micelas presentan forma esférica, pero otras presentan forma aplastada y también pueden presentar forma alargada. Calatroni (75).

Si además tenemos en cuenta que en su agregación resultan polionas, podemos explicarnos que se originen micelas de formas bien diversas. Scherrer y Zsigmondy (76 y 77).

6. EFECTO AZIMUTAL

Hemos visto que pueden existir micelas de muy diversas formas, puesto que pueden ser esféricas, aplanadas, alargadas, etc.

Si una micela alargada la sometemos a la acción de un campo eléctrico, esta micela se orienta originando una anisotropía en el sistema, anisotropía que puede observarse de diferentes modos y cómodamente intercalando una rendija entre el foco luminoso y el condensador para obtener una iluminación lateral, en que la dirección de iluminación puede ser cualquiera, a voluntad.

Este efecto azimutal ha sido observado por varios autores, y de ello se han publicado diversos trabajos (78 a 86).

7. PLAN DE TRABAJO

Nuestro objeto era estudiar las velocidades electroforéticas de un coloide de micelas de diferentes formas, pudiendo existir una discontinuidad bien por el tamaño o bien por la forma de las micelas.

Para ello estudiamos primero la velocidad electroforética de un oro rojo Zsigmondy, obtenido empleando como reductor una disolución de formol de 0,3 % y siguiendo la técnica que ya se indicó anteriormente; después estudiamos la velocidad electroforética de un mismo coloide, pero con iones (disolución de cloruro sódico al 1 %), en cantidad suficiente para que sin producir una modificación violenta en el sistema, fuera lo suficiente para modificar la estructura de las micelas, lo cual conseguimos después de poner previamente en varios tubos Jena, escrupulosamente limpios, una cantidad determinada de coloide y cantidades crecientes de electrólito, observando su evolución durante varios días, hasta que conseguimos agregar una cantidad de electrólito tal, que sin coagular ni parcialmente sus micelas se agrupaban en parte, originándose un sistema en el que por el color de difracción de las micelas pudimos comprobar la existencia de protonas y polionas heterogéneamente reunidas (5 cc. de coloide oro rojo con 15 cc. de cloruro sódico de la concentración indicada).

Obtenemos los siguientes datos:

Coloide oro rojo sin iones

Con un potencial de 18 voltios y una óptica de 0,045 aumentos hicimos 476 medidas de velocidad electroforética, que resumimos en el cuadro siguiente:

Tiempos	Número de determinaciones
3,4"	1
3,6"	1
3,8"	3
4,0"	14
4,2"	19
4,4"	23
4,6"	13
4,8"	50
5,0"	18
5,2"	35
5,4"	26
5,6"	20
5,8"	38
6,0"	23
6,2"	26
6,4"	24
6,6"	14
6,8"	25
7,0"	20
7,2"	12
7,4"	9
7,6"	8
7,8"	7
8,0"	3
8,2"	15
8,4"	10
8,6"	3
8,8"	6
9,0"	1

Tiempos	Número de determinaciones
9,2"	9
9,4"	2
9,6"	0
9,8"	5
10,0"	0
10,2"	4
10,4"	1
10,6"	2
10,8"	1
11,0"	0
11,2"	1
11,4"	3
11,6"	1
11,8"	0
12,0"	0
12,2"	2
12,4"	0
4,0"	14
3,8"	3
3,6"	1
3,4"	1

Coloide oro rojo con iones

Con un potencial de 18 voltios y una óptica de 0,045 aumentos hicimos 376 medidas de velocidades electroforéticas, que resumimos en el siguiente cuadro:

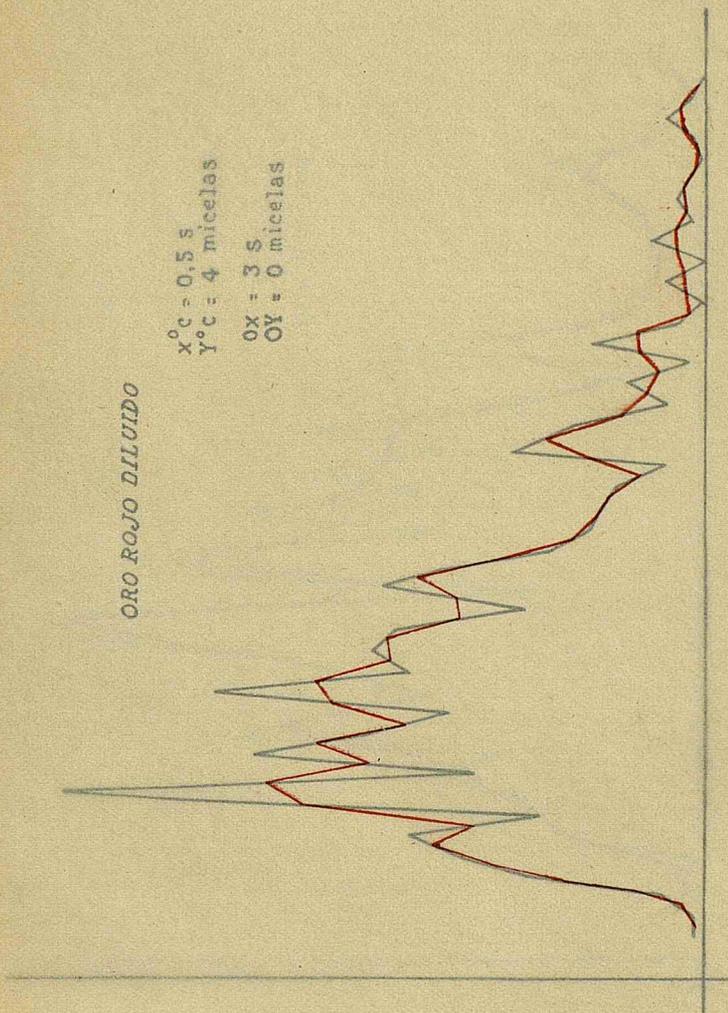
Tiempos	Número de determinaciones
4,8"	1
4,8"	0
5,0"	0
5,2"	0

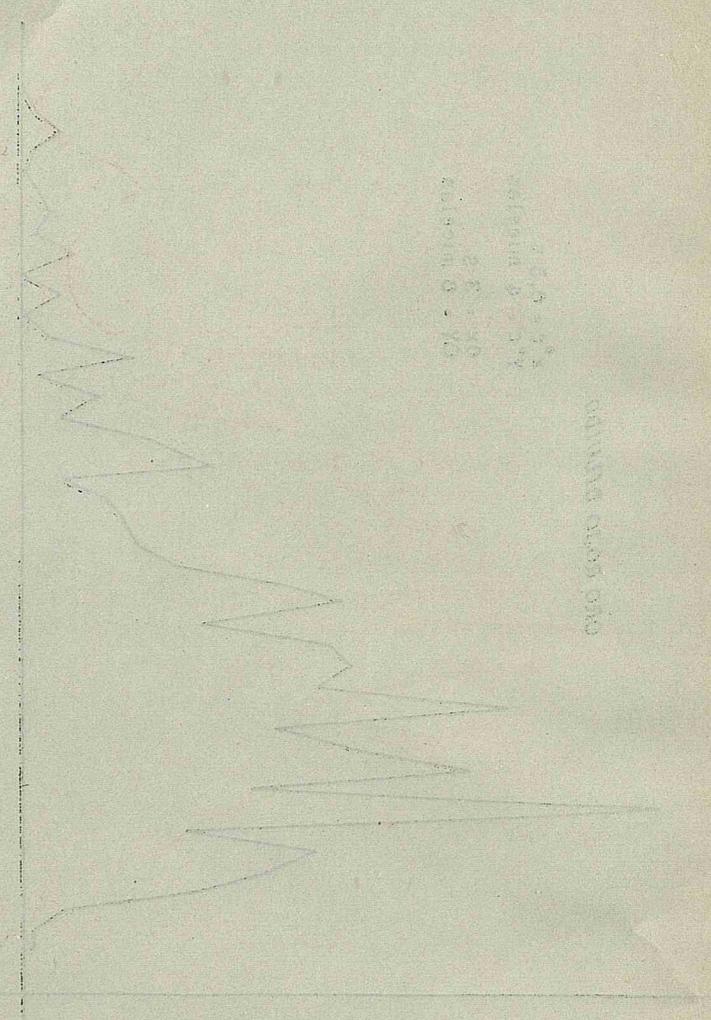
Tiempos	Número de determinaciones
5,4"	2
5,6"	0
5,8"	1
6,0"	0
6,2"	5
6,4"	6
6,6"	7
6,8"	10
7,0"	8
7,2"	18
7,4"	15
7,6"	11
7,8"	14
8,0"	17
8,2"	26
8,4"	24
8,6"	6
8,8"	20
9,0"	22
9,2"	10
9,4"	18
9,6"	11
9,8"	15
10,0"	10
10,2"	15
10,4"	8
10,6"	5
10,8"	2
11,0"	12
11,2"	4
11,4"	3
11,6"	2
11,8"	2
12,0"	2
12,2"	2

ORO ROJO DILUIDO

$x^{\circ}c = 0,5 s$
 $y^{\circ}c = 4 \text{ micelas}$

$OX = 3 S$
 $OY = 0 \text{ micelas}$





2000-22
2.3.10
2000-22

2000-22

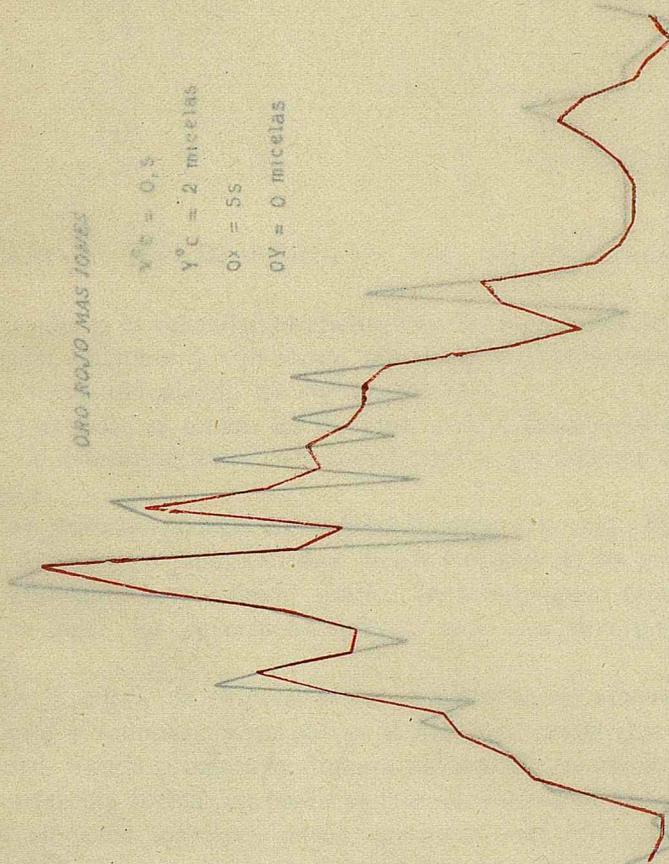
OJO ROJO MAS LOMES

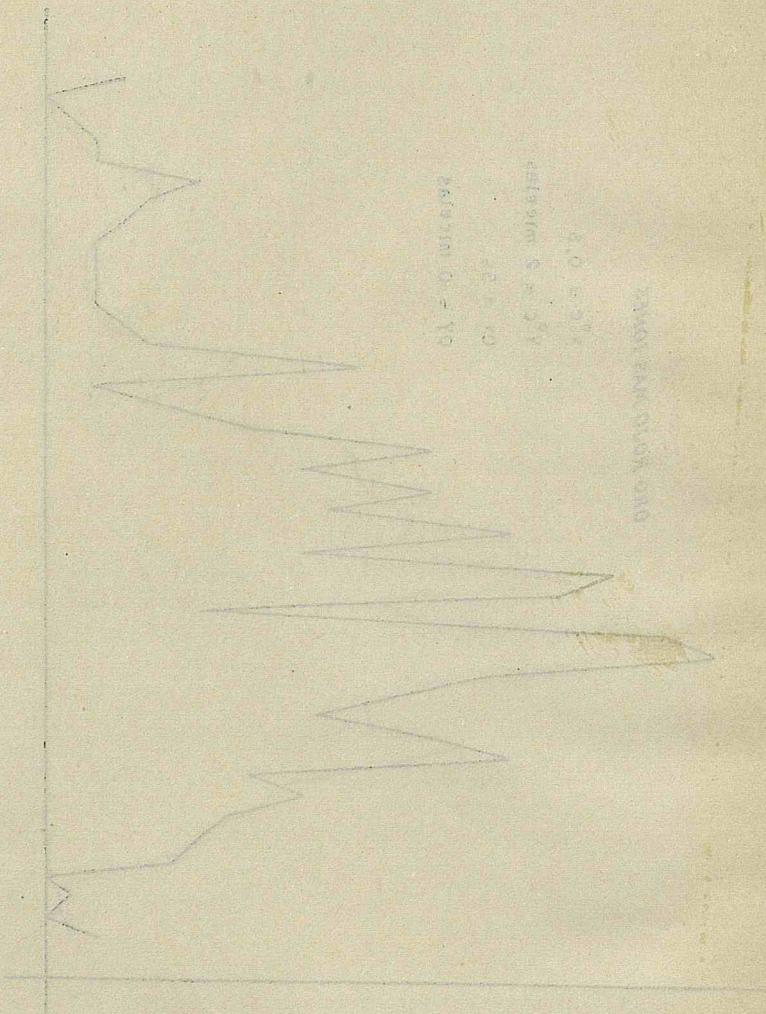
$\gamma^c = 0,5$

$\gamma^c = 2$ micelas

$Ox = 55$

$OY = 0$ micelas





0.1 = 0.100000

0.2 = 0.200000

0.3 = 0.300000

0.4 = 0.400000

0.5 = 0.500000

Tiempos	Número de determinaciones
12,4"	3
12,6"	4
12,8"	6
13,0"	2
13,2"	2
13,4"	1
13,6"	0
13,8"	3

8. CURVA DE DISPERSIÓN DE VELOCIDADES

Estudiada la velocidad electroforética de las micelas de oro rojo sin iones y con iones, representamos gráficamente el fenómeno obteniendo las curvas adjuntas.

En abscisas se toman los tiempos, y en ordenadas el número de determinaciones correspondientes a sus tiempos respectivos.

Las gráficas trazadas sobre papel transparente están obtenidas uniendo los puntos medios de los trazados de las gráficas, utilizando este método gráfico para conseguir valores medios entre los correspondientes a cada dos determinaciones.

En la curva de dispersión de velocidades, se observan máximos y mínimos. Esto parece indicar que exista discontinuidad, debida o bien a la distinta agrupación en micelas o a su diferente forma; en modo alguno los valores de la velocidad en estos máximos puede afirmarse sean los correspondientes a los valores medios de las velocidades de las diferentes clases de micelas.

Por este motivo se hicieron las experiencias que siguen a continuación.

9. ESTUDIO DE LA VELOCIDAD ELECTROFORÉTICA EN LAS MICELAS DE ASPECTO DIFERENTE

En vista de que las gráficas anteriores no podían definirnos concretamente la velocidad de las micelas de diferente forma, recurrimos a disponer de un sistema de iluminación tal, que por el color fácilmente pudiéramos distinguirlas.

Para ello hacemos una preparación del coloide anterior en la cámara y le observamos en el banco óptico Zeiss.

Las rojas presentan anillos de difracción; y para ver si realmente están enfocadas, es preciso definir con exactitud su aspecto cuando están enfocadas en la misma capa que las verdes (capa de arrastre nulo), pues como presentan diferente tono de color, podían aparecer enfocadas en diferente capa si el sistema óptico del microscopio no es acromático; para evitar, pues, la aberración a que pudiera dar lugar, es preciso observar previamente el aspecto que presentan las micelas de ambos colores que están en una misma capa, y hacemos por ello alguna observación de micelas que están pegadas al fondo, pues se tiene la seguridad de que todas ellas están colocadas en la misma capa.

En efecto; las rojas presentan anillos de difracción estando enfocadas, pero a pesar de ello es muy fácil apreciar cuándo lo están.

Se hicieron las observaciones que van a continuación, empleando coloides obtenidos anteriormente (como garantía de estabilidad) por adición de pequeñas cantidades de cloruro sódico a coloide de oro preparado por el método al formol.

Contamos su velocidad electroforética, resultando para las rojas:

1.^a OBSERVACIÓN

Tiempos	Tiempos
4,8''	4,4''
10,0''	7,4''
8,2''	7,0''

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
6,6''	4,6''
6,4''	7,2''
5,2''	5,4''
7,0''	7,0''
7,0''	6,8''
7,4''	6,2''
8,8''	5,6''

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Velocidad media = 7,2 μ por 1''.

2.^a OBSERVACIÓN

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
3,8''	3,8''
3,4''	3,2''
3,1''	3,2''
3,6''	3,8''
4,2''	3,8''
5,2''	3,8''
3,8''	3,8''
3,8''	4,0''
4,0''	3,8''
3,6''	3,4''
3,4''	4,0''
4,0''	4,0''
3,8''	

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Velocidad media = 13,2 μ por 1''.

3.^a DETERMINACIÓN

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
9,2''	7,8''
10,2''	8,4''

Tiempos	Tiempos
10,2''	9,0''
11,4''	10,2''
11,4''	8,2''
8,2''	10,4''
10,2''	9,8''
9,8''	8,4''
11,0''	8,0''
11,0''	8,6''

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .
 Velocidad media = 5,2 μ por 1''.

4.^a OBSERVACIÓN

Tiempos	Tiempos
8,6''	8,6''
8,8''	10,0''
8,2''	9,8''
9,8''	8,4''
9,0''	8,8''
11,6''	9,2''
10,6''	8,6''
12,8''	

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .
 Velocidad media = 5,2 μ por 1''.

Para las verdes:

1.^a OBSERVACIÓN

Tiempos	Tiempos
9,4''	6,0''
7,8''	6,8''
9,4''	8,8''

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
10,0''	8,4''
11,4''	8,2''
12,0''	7,8''
9,6''	8,0''
11,0''	8,2''
10,4''	12,0''
9,2''	8,2''

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Velocidad media = 5,4 μ por 1''.

2.^a OBSERVACIÓN

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
4,0''	4,8''
4,0''	4,2''
4,2''	4,4''
4,4''	4,6''
4,8''	4,6''
4,6''	4,8''
4,2''	4,6''
4,2''	4,8''
4,2''	4,4''
4,8''	4,0''
5,0''	4,8''
4,6''	4,8''
4,0''	

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .

Velocidad media = 11,1 μ por 1''.

3.^a DETERMINACIÓN

<u>Tiempos</u>	<u>Tiempos</u>
8,2''	7,8''
8,2''	9,8''

Tiempos	Tiempos
7,8"	8,2"
10,4"	10,6"
11,2"	10,8"
8,2"	10,8"
12,8"	9,8"
10,8"	10,0"
11,2"	9,2"
12,2"	10,2"

Espacio recorrido por una micela = 50 μ .
 Velocidad media = 5,04 μ por 1".

4.^a OBSERVACIÓN

Tiempos	Tiempos
12,0"	10,0"
12,8"	12,8"
10,8"	11,4"
10,0"	12,0"
10,6"	12,0"
11,2"	11,8"
11,2"	12,2"
11,6"	

Espacio recorrido por una micela = 50.
 Velocidad media = 4,3 por 1".
 Potencial siempre igual a 18 voltios.

Observaciones	Velocidades electroforéticas medias
1. ^a Para las rojas	7,2 μ por 1"
" Para las verdes	5,4 μ por 1"
2. ^a Para las rojas	13,2 μ por 1"
" Para las verdes	11,1 μ por 1"

Observaciones	Velocidades electroforéticas medias
3. ^a Para las rojas	5,2 μ por 1"
" Para las verdes	5,0 μ por 1"
4. ^a Para las rojas	5,2 μ por 1"
" Para las verdes	4,3 μ por 1"

De las experiencias se deduce que las micelas rojas (polionas) se desplazan con mayor velocidad que las verdes.

CONCLUSIONES

1.^a Puede deducirse el valor de la carga electroforética de las micelas dispersas en un coloide independientemente de la fórmula de Stokes, relacionando la fuerza eléctrica que produce el movimiento de traslación de la micela con la intensidad de un campo mecánico que produzca la misma velocidad en la micela que el campo eléctrico.

2.^a Al diluir un sistema coloidal con un líquido distinto a su medio de dispersión, su carga electroforética se modifica; pero si la dilución se hace con el mismo medio de dispersión, la carga electroforética permanece invariable.

3.^a Siempre que la viscosidad del medio no se modifique, la agitación browniana es independiente de la concentración del sistema disperso.

4.^a La carga electroforética de las micelas dispersas de un sistema coloidal varía con el radio micelar.

5.^a En sistemas polidispersos se observa discontinuidad en la curva de dispersión de velocidades.

6.^a En hidrosoles de oro polidisperso la velocidad electroforética adquirida por las polionas es mayor que la de las protonas.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Ostwald.—Grundriss der Kolloidchemie, 45 (1921).
- (2) Rocasolano.—Trabajos del Lab. de Inv. Bioq. Vol. I, 22 (1920-21).
- (3) Gálvez.—Revista Universidad, 5, 205 (1928).
- (4) Tuorila.—Kolloid-chemische Beihefte, 24, I (1927).
- (5) Amagat.—Ann. de Chimie et de physique (8.^a), 28, 6 (1913).
- (6) Brillouin.—Ann. de Chimie et de physique (8.^a), 28, 48 (1913).
- (7) Einstein.—Zeitschrift für Elektrochemie, 14, 235 (1908).
- (8) Langevin.—C. R., 146, 530 (1908).
- (9) Perrin.—C. R., 149, 549 (1909).
- (10) Smoluchoski.—Zeitsch. f. physik Chem., 92, 129 (1908).
- (11) Zsigmondy.—Über Koagulation und Teilchenatreaktion Nachrichten der Gesellschaft der Wissenschaften. Göttingen, 604 (1916).
- (12) Kruyt.—The Mechanism of coagulation. Colloid Chemistry, Alexander, 1, 307 (1926).
- (13) Meunier.—Chimie des colloides, 26 (1924).
- (14) Zsigmondy.—Koll. Zeit, 13, 109 (1913).
- (15) Ostwald.—Koll. Zeit, 11, 230 (1912).
- (16) Marcolongo.—Dinamica Mecanica dei sistemi de-formabili, 18 (1918).
- (17) Nernst.—Theoretische Chemie, 15 (1921).
- (18) Stokes.—Mathem. Phys. Papers., 2, 10 y 3, 56 (1851), citado en Brillouin.—La viscosité, 1, 79 (1907).
- (19) Lewis.—Koll. Zeit., 4, 209 (1909).
- (20) Duclaux.—C. R., 147, 131 (1908).
- (21) Perrin.—C. R., 146, 967 (1908).
- (22) Perrin.—C. R., 147, 475 (1908).
- (23) Chaudesaignes.—El mov. brow. y la fórmula de Einstein. C. R., 147, 1044 (1908).
- (24) Odén.—Koll. Zeits, 23, 2 (1916).
- (25) Svedberg.—Kolloid Chemie, 174 (1925).
- (26) Ganz y Vallier.—Enciclopédie des sciences mathématiques, IV, 6, 1 (1913).
- (27) Cohen.—Zeitschrift für Elektrochemie, 15, 653 (1909).
- (28) Rocasolano.—Estudios Físico-químicos sobre la materia viva, 241 (1917).
- (29) Jablezynski y Kawenoki.—Bull. Soc. Chim. France (4.^a), 39, 1322 (1926).

- (30) Rius.—Trabajos del Lab. de Inv. Bioq. Vol. *III*, 98 (22-23).
(31) Constantin.—Ann. de Phy. (9.^o), 3, 101 (1915).
(32) Rius.—Trabajos del Lab. de Inv. Bioq. Vol. *III*, 98 (22-23).
(33) Ostwald-Luther. — Physiko-chemische. Messungen, 606 (1925).
(34) Jordis.—Zeits. F. Elektrochemie, 8, 677 (1902).
(35) Zsigmondy y Meyer.—Koll. Zeit., 8, 123 (1911).
(36) Rheinboldt.—Koll. Zeit., 37, 387 (1925).
(37) Heymann.—Zeit. f. physik. Chemie, 118, 65 (1925).
(38) Llanas.—Trabajos del Lab. de Inv. Bioq., *I* (1921) y *III*.
(39) Hatschek.—Laboratory Manual of Elementary. Colloid Chemistry, 9 (1920).
(40) Zsigmondy.—Coloidequímica, 196 (1923).
(41) Bastero.—A. Tesis doctoral, 51.
(42) Gálvez.—Tesis doctoral.
(43) Zsigmondy y Bachmann.—Zeitschr. für. anorg. u. allgem. Chemie, 103, 1 (1918).
(44) Ostwald.—Die Welt der vernachlassigten Dimensionen, 37 (1921).
(45) Meyeringh.—Klinische Wochenschrift, 1, 20 (1922).
(46) Jander.—Zeit. f. analytische Chemie, 61, 145 (1922).
(47) Zsigmondy.—Biochem. Zeit, 171, 198 (1926).
(48) Brukner.—Zeits des Vereins der Deutschen. Zucker Industrie, 3 (1926).
(49) Zsigmondy.—Zeits für angewandte Chemie, 39, 398 (1926).
(50) Overbeck.—Chemische Apparatur, 13, 1 (1926).
(51) Zsigmondy.—Zeitsch für Hygiene u. Infelktionskrankheiten, 102, 97 (1926).
(52) Bechhold.—Revista Academia de Ciencias de Zaragoza. Conferencias (1927).
(53) Martín.—Investigaciones sobre Adsorción. Tesis doctoral, 11 (1928).
(54) Ostwald.—Colloid Chemistry, 210 (1919).
(55) Perrin.—Ann. d. Chim. et Phys. (8), 18, 5 (1909).
(56) Perrin.—“Les atomes”, 119 (1914).
(57) Bourrieres.—C. R., 157, 1416 (1913).
(58) Camón.—Revista Academia de Ciencias de Zaragoza, *XII*, 73 (1928).
(59) Molisch.—Zeitschrift für Chem und Industrie der Kolloide Suplemento, 122, IX (1908).
(60) Henry.—Estudio cinematográfico del movimiento browniano C. R.. 146, 1024 (1908).
(61) Svedberg.—Zeitschrift für Chem und Industrie der Kolloide, 7, 1 (1910).
(62) Perrin.—“Les atomes”, 129 (1914).

- (63) Constantin.—C. R., 158, 1341 (1914).
(64) Svedberg.—Koll Zeits Zsigmondy Feitschrift, 51 (1925).
(65) Gans.—Contribución al estudio de las ciencias, *II*, 371 (19).
(66) Stchmann y Rühle.—Enciclopedia de Química Industrial Mussprat.
(67) Orueta.—Microscopía, *II*, 163 (1923).
(68) Svedberg y Nichols.—The Journal of the American Society, 48, 3081 (1926).
(69) Zsigmondy-Thiessen.—Das Kolloide Gold, 68 (1925).
(70) Zsigmondy.—Physicalische Zeitsrift, 975 (1913).
(71) Zsigmondy. Rev. Acad. de Ciencias de Zaragoza, 7, 162 (1922).
(72) Thiessen, Thater y Kandelaky.—Zeits für anorganische und allgemeine Chemie, 180, 1 (1929).
(73) Ambron.—Steinbrink Kolloidchemische, Beihefte, *XXIII*, 6 (1926).
(74) Gans.—Contribución al estudio de las Ciencias, *I*, 161 (1915).
(75) Calatroni.—Contribución al estudio de las Ciencias, *II*, 49 (1917).
(76) Scherrer.—Apéndice de la Coloidequímica de Zsigmondy, 482.
(77) Zsigmondy.—Revista de Ciencias de Zaragoza, *VI*, 150 (1922).
(78) Weigert.—Koll. Zeits, 28, 115 y 153 (1921).
(79) Berkman, J. Ohm y H. Zocher.—Zeits f. phys. Chem., 124, 83 (1926).
(80) Zocher.—Koll. Zeits, 37, 336 (1925).
(81) Amann.—Koll. Zeits, 7, 70 (1910) y 8, 11 (1911).
(82) Freudlich, F. Stapelfeldt y Zocher.—Zeitschrift für Fhy. Chem., 1, 114, 161 y 190 (1925).
(83) Wiegel.—Koll. Beih., 25, 176 (1927).
(84) Kruyt.—Koll. Zeits, 19, 161 (1926).
(85) Szegvari.—Zeits Phy Chem., 112, 295 (1924).
(86) Zocher.—Zeits Phy Chem., 98, 293 (1921).

EL PUNTO DE PARTIDA DE LAS TRAYECTORIAS EMBRIOLÓGICAS O LOS ELEMENTOS ONTOGÉNICOS

POR EL R. P. JAIME PUJILULA, S. J.

Director del Laboratorio Biológico de Sarriá (Barcelona)

Los organismos o seres vivientes de este mundo no son *perpetuos*. Como las olas del mar se suceden unas a otras, así las olas de vida se empujan unas a otras; los organismos viejos sucumben, y en su lugar entran organismos jóvenes; los cuales, a su vez, después de su *primavera*, pasan al *verano*, de éste al *otoño* biológico y del otoño al *invierno*, que lleva su quietud y muerte, no sin dejar en pos de sí una nueva ola de vida que se echa encima y así sucesivamente. Y así

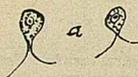


FIG. 1.

Isogametos de *Hamatococcus Bütschli*.
a, gametos aislados; b, en fusión o
isogamia $\times 1.000$ (Imitación).

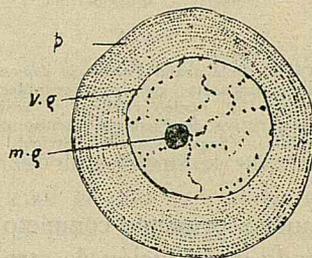


FIG. 2.

Ovulo de erizo de mar *Strangylocen-*
trotus lividus. $\times 400-500$ (Original).

como cada ola del mar tiene su historia desde que se inicia hasta que se destruye y deshace en la arenosa playa, así la tiene también cada ola de vida representada por el paso del organismo en este mundo, y abarca su origen, su formación y todas las sucesivas etapas hasta su desaparición o muerte,

Los estudios y consideraciones que nos hemos propuesto hacer, principalmente sobre el origen y formación de los organismos, nos autoriza para llamar a la historia de cada organismo su *trayectoria embriológica*.

El estudio de las *trayectorias embriológicas*, como el de cualquier otro aspecto de los seres naturales, se hace en los individuos, y por inducción se sacan las leyes que rigen los fenómenos, aplicables a todo el grupo específico a que pertenecen los individuos estudiados.

Para adquirir una idea exacta de una trayectoria embriológica, se debe considerar desde su principio, desde su génesis o punto de partida. Este punto de partida viene representado en todos los animales vertebrados, en los que nos fijaremos especialmente, por una sola célula llamada *huevo*. Pero el

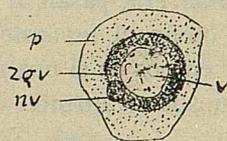


FIG. 3.

Ovulo de la araña *Tegenaria domestica*. *p*, protoplasma; *zgv*, zona granular vitelina; *nv*, núcleo vitelino; *v*, vesícula germinativa de Purkinje (núcleo de la célula). (Según van der Stricht. Del libro de Korschelt y Heider).

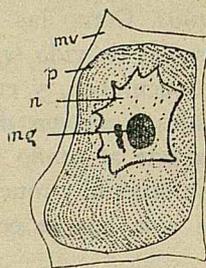


FIG. 4.

Ovulo de otra araña *Tetragnatha extensa*. *mv*, membrana vitelina; *p*, protoplasma; *n*, núcleo con prolongaciones pseudopodiales; *mg*, mancha germinativa de Wagner (núcléolo de la célula). $\times 400-500$ (Original).

huevo, principio completo de un nuevo organismo, es el resultado de la fusión de otras dos células más simples, de núcleo *haploide*, conocidos con el nombre de *células ontogénicas* y también de *gametos*. Por su estudio ha de comenzar nuestro trabajo, ya que su morfología y caracteres anatómicos influyen poderosamente en la ontogénesis toda del nuevo sér, y por lo mismo en su *trayectoria embriológica*. Su conocimiento nos preparará el terreno para las conclusiones que pretendemos sacar.

Pero antes de ocuparnos de cada gameto en particular,

hemos de llamar la atención sobre la diversidad que ofrecen las células destinadas a fusionarse. Cierta es que, desde el punto de vista morfológico se dan casos en la Naturaleza, al parecer, de perfecta igualdad en los dos gametos, llamados por esta causa *isogametos*, como se llama *isogamia* su unión (fig. 1, a, b). Decimos desde el punto de vista *morfológico*, porque se nos hace muy difícil creer que puedan ser iguales también bajo el concepto *fisiológico*. Es tan sabia la Naturaleza, que sólo a nuestra ignorancia y falta de penetración



FIG. 5.

Ovulo del insecto llamado *escorpión de agua*. *Nepa cinerea*. (Del libro de Korschelt y Heider).

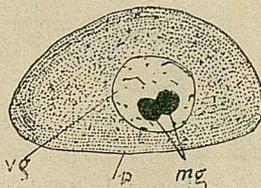


FIG. 6.

Ovulo del limaco. *Limax maximus*. *p*, protoplasma; *mg*, mancha germinativa; *vg*, vesícula germinativa o núcleo de la célula. (Según P. Obst. Del libro de Korschelt y Heider).

o perspicacia hemos de atribuir el no alcanzar la razón de muchas cosas en la ciencia de la vida. Pero sea de esto lo que fuese, es cierto que en todos los vertebrados es un hecho real la diversidad no sólo fisiológica, sino también morfológica de los dos gametos: por lo cual el uno se conceptúa como masculino, y como femenino el otro. De cada uno en particular hemos de tratar aquí, empezando por el femenino, que es el más asequible y el primero que se descubrió.

II. EL ÓVULO

Es el gameto femenino, como se acaba de decir, y representa de ley ordinaria la mayor célula del organismo, debido a que está destinada no sólo a constituir, en unión del gameto

masculino, el principio completo de un nuevo ser organizado, sino también a aportar material de construcción para iniciar la fábrica del organismo. Exteriormente no ofrece ni con mucho la variedad morfológica que veremos en el gameto masculino; así y todo, no deja de presentar en la serie animal formas y tamaños diversos. La diversidad es mucho mayor, fijándonos en su contenido. Para convencerse de ello, basta comparar algunos.

En efecto; el óvulo del *erizo de mar*, *Strongylocentrotus lividus* (fig. 2), en estado de *oocito de primer orden*, es relativamente pequeño, con escaso vitelo nutritivo. Su vesícula germinal o núcleo es grande y redondo u ovalado; la mancha

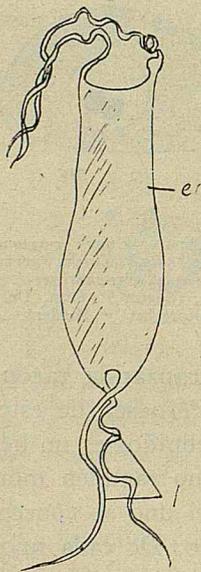


FIG. 7.

Ovulo del selacio llamado *perro de mar*, *Scyllium canicula*. *ec*, envoltura córnea. *f*, apéndices para asirse en las plantas. (Según Messenheimer. Del libro de Korchelt y Heider).

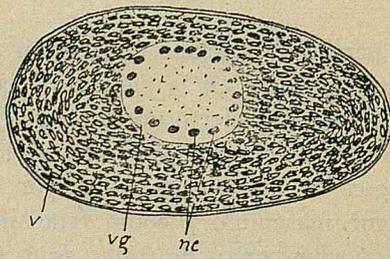


FIG. 8.

Ovulo de tritón, *Triton cristatus*. *v*, vitelo en forma de granos; *vg*, vesícula germinal; *nc*, nucléolos nucleínicos $\times 50-100$. (Original).

germinativa o nucléolo, grande también en su línea, y la cromatina del núcleo, finalmente, se presenta bajo la forma de bolitas, esparcidas por todo él.

Muy distinto del óvulo del erizo de mar, que podríamos tomar como tipo, es el de los artrópodos, entre los cuales existe a su vez mucha variedad. El de la *araña doméstica*, *Tegenaria doméstica* (fig. 3), se ha hecho justamente célebre por el llamado *núcleo vitelino* *nv*; el de otra araña, *Tetragna-*

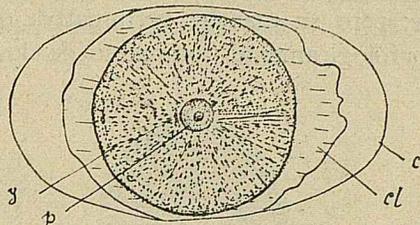


FIG. 9.

Ovulo del caimán, *Alligator mississippiensis*. (Según Clarke. Del Handbuch der Entwicklungsgeschichte des Menschen und der Wirbeltiere de O. Hertwig). Imitada.

tha excelsa (fig. 4), posee un núcleo o vesícula germinativa con prolongaciones pseudopodiales *n*, cuyo fin será segura-

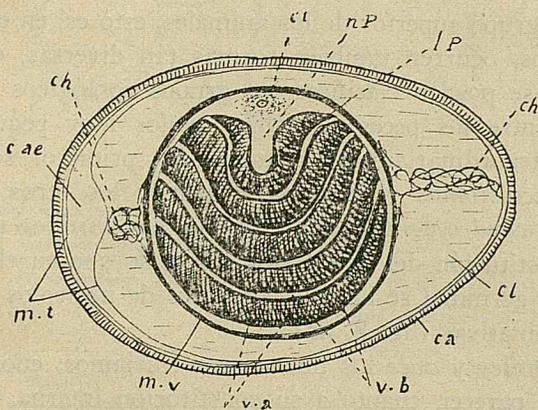


FIG. 10.

Ovulo (huevo) de gallina. *ca*, cáscara; *cae*, cámara aérea; *ch*, chalaza (condensación de la clara a los lados de la yema); *cl*, clara del huevo; *ct*, cicatricula o parte viva; *lp*, látebra de Purkinje; *np*, núcleo de Pander; *m. t*, membrana testae; *m. v*, membrana vitelina; *v. a*, vitelo amarillo; *v. b*, vitelo blanco. (Original).

mente facilitar la entrada o el intercambio de sustancias entre el protoplasma y núcleo. De estas prolongaciones pseudopodiales participan también otros óvulos, como el de otra

araña *Pholcus phalangoides*. El óvulo del hemíptero, *Nepa cinerea*, escorpión de agua, llama la atención por sus apéndices en uno de sus polos (fig. 5).

Si del grupo de los artrópodos pasamos a los moluscos, otra vez nos encontramos con formas muy divergentes. El huevo del limaco, *Limax maximus*, guarda una forma bastante ordinaria; pero su mancha germinativa o nucléolo se ofrece, aun morfológicamente, compuesto de dos sustancias (figura 6).

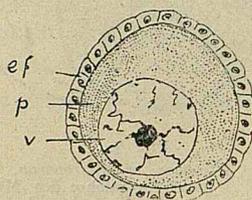


FIG. 11.

Folículo primitivo de una niña de 3-4 años. *ef*, epitelio folicular; *p*, protoplasma; *v*, vesícula germinativa. \times 400-500. (Original).

En el grupo superior de los animales, esto es, en el de los vertebrados, ocurren también formas tan diversas, que por su medio se pueden clasificar los grupos zoológicos que los poseen. Entre los peces se hallan óvulos muy pequeños y óvulos extraordinariamente grandes; los primeros son propios de *ciclóstomos* y muchos *teleósteos*; los otros, de los *selacios* o *condropterigios* (fig. 7). En los *anfibios* es notable la constitución del óvulo, por razón de que en el núcleo o vesícula germinal se hallan centenares de nucléolos o manchas germinativas (fig. 8, *nc*).

En *reptiles* y *aves* los huevos son, diríamos, enormes, y aunque se parecen cuanto a su constitución interna, todavía es notoria la diferencia entre unos y otros, como lo patentizan las figuras 9 y 10, de un huevo de caimán, *Alligator mississippiensis* y de *gallina*, respectivamente.

Finalmente, en los *mamíferos* y en el *hombre* los óvulos son muy pequeños, invisibles o casi invisibles a simple vista, si bien existe el pequeño grupo de *implacentarios*, cuyos óvulos son mayores, máxime en los *monotremas*, que ponen e incuban los huevos. La figura 11, que representa un óvulo

de niña de tres a cuatro años, bajo la forma de folículo primitivo, nos dará una idea más exacta de ellos que muchas palabras.

La diversidad de tamaño de los óvulos depende casi exclusivamente de la mayor o menor cantidad de substancia de reserva, llamada *vitelo nutritivo*, que acumula la célula-óvulo al prepararse a su futuro destino, mientras que la variedad de

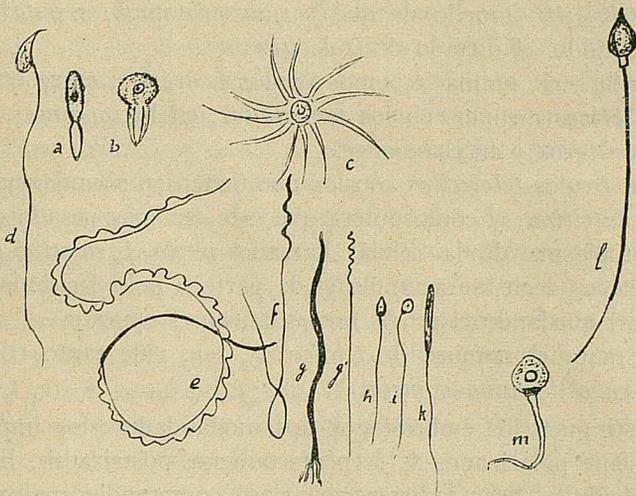


FIG. 12.

Grupo de espermatozoides:

- a, espermatozoide de la lombriz intestinal del caballo, *Ascaris megalocephala*, visto de perfil;
 b, el mismo visto de frente.
 c, espermatozoide del cangrejo de río, *Astacus fluviatilis*;
 d, " " de la rata;
 e, " " de la salamandra, *Salamandra maculosa*.
 f, " " de la tremeilga, *Torpedo*;
 g, " " del molusco "*aludina vivipara*". forma de
 g', filamento;
 h, espermatozoide de una medusa.
 i, " " de un sifonóforo, *Forskalia* (según Claus).
 k, " " de una rana (según Hecker);
 l, " " humano.
 m, " " del *Oxuris ambigua* (según N. Löwenthal).
 (Parte de Claus-Grobben y parte original).

forma externa obedece a fines más bien ecológicos, relacionados generalmente con la misma fecundación.

Hemos mencionado el *vitelo* como substancia de reserva orgánica. Es de naturaleza albuminoidea principalmente y

constituye en lenguaje citológico el *metaplasma nutritivo* o *trofoplasma* de la célula. Su cantidad y su especial distribución dentro del óvulo ha servido de base a los embriólogos para la clasificación de huevos en tres grupos: *isolecitos*, *telolecitos* y *centrolecitos*. Los *isolecitos* se distinguen por su escasez de dicho vitelo nutritivo y por su igual o regular distribución. Lo primero les vale el nombre de *oligolecitos*, que quiere decir *de poco vitelo*, y el de *alecitos*, que significa *sin vitelo*, por aquello de que *parum pro nihilo reputatur*; y lo segundo, el dictado de *isolecitos*.

En la serie animal tenemos óvulos *isolecitos*, entre otros en los *erizos de mar*, en los *nematodos*, en los *acránios*, en los *mamíferos* y en el *hombre*.

Los óvulos *telolecitos* son los que tienen en abundancia el *vitelo nutritivo*; y como quiera que éste sea más pesado que el protoplasma de la célula, llamado *vitelo formativo*, se polariza, es decir, se acumula en la parte o polo físicamente inferior, quedando el *vitelo formativo* en el opuesto.

De aquí el nombre de *telolecitos*, que vale tanto como *vitelo en el término o meta*.

Distinguen los embriólogos dos modalidades: los imperfectamente polarizados y los perfectamente polarizados. Esta subdivisión se hace indispensable para comprender mejor la razón del distinto modo de segmentación que seguirán las dos clases de huevos. Ejemplo de óvulos *telolecitos imperfectamente polarizados* nos ofrecen los *anfibios* (fig. 8), y de *perfectamente polarizados* los reptiles y aves (fig. 9 y 10), comprendidos todos por este concepto en el grupo embriológico de los *saurópodos*.

Finalmente, los óvulos *centrolecitos* presentan una disposición particular muy distinta de los óvulos hasta aquí estudiados, porque el vitelo nutritivo, con ser tan abundante, no se polariza, sino que más bien se centrifuga, formando la gran masa central y dejando la periferia para el protoplasma. Notemos, no obstante, que el núcleo, órgano tan principal de la célula, puede estar no tan periféricamente, sino en la masa central del trofoplasma, rodeado naturalmente de su pabellón protoplásmico.

III. GAMETO MASCULINO

Pasemos a estudiar brevemente el gameto masculino, del cual hemos afirmado más arriba que ofrecía más variedad morfológica que el femenino, y la razón puede ser que el vitelo nutritivo que almacena éste enmascara y oculta no poco la peculiar estructura que corresponde a la parte viva de la célula, a su protoplasma y diferenciaciones protoplásmicas; al paso que los elementos masculinos, libres de impedimento de substancia de reserva, como adaptados al movimiento y agilidad, se presentan en formas netas, aunque muy variadas.

Para formarnos desde el principio algún concepto de esa variedad, echemos una mirada a la figura 12, que nos pone delante un conjunto de espermatozoides de casi todos los grupos de organismos animales, desde las *medusas* (fig. 12, *h*) y los *sifonóforos* (fig. 12, *i*), que son celentéreos o metazoos inferiores; de los *nematodos* con un espermatozoide visto de perfil y de frente (fig. 12, *a, b*); de los *crustáceos*, representados por el *cangrejo de río*, *Astacus fluviatilis* (fig. 12, *c*); de los *moluscos* por el *caracol*, *Paludina vivipara*, con dos clases de espermatozoides (fig. 12, *g, g'*), y de los mismos vertebrados: *peces* como la *tremielga*, *Torpedo* (fig. 12, *f*); *anfibios*, la *salamandra*, *Salamandra maculosa* (fig. 12, *e*), y la *rana* (fig. 12, *k*), y *mamíferos*, como es la *rata*, *Mus rattus* (fig. 12, *d*).

Pero aquí conviene hacer especial hincapié en dos cosas, que acaso pasen inadvertidas a muchos: una es la diferencia tan notable que presentan los espermatozoides dentro de un mismo grupo, v. gr., de una familia, y la otra la gran semejanza morfológica que tienen entre sí los de grupos enormemente distanciados.

Por lo que toca a la desemejanza dentro de un mismo grupo, bastará recordar lo que se observa en nematodos. En *Ascaris megalocephala*, la *lombriz intestinal del caballo*, el espermatozoide tiene la forma de una bellota (fig. 12, *a, b*): en su cabeza, que corresponde a la parte más abultada o al cascabelito de la bellota, se encierra el núcleo; la

parte restante, cónica y brillante, viene a representar la cola; en *Oxyuris ambigua*, parece un tripanosoma cuya parte anterior terminase en disco o esfera (fig. 12, *m*); en ella se halla el núcleo y el centrosoma.

En el grupo de los miriópodos sorprende aún más la heterogeneidad morfológica de los espermatozoides. Son enormemente alargados en *Scolopendra dalmatica* por razón de su cola y no tanto por lo que sólo representa la parte anterior del espermatozoide): *fusiformes*, en *Glomeris marginata*; *elipticoredondos*, en *Polydesmus complanatus*, y *hemisféricos* con apéndices espinosos en *Julus sabulosus*.

También entre los arácnidos se encuentran formas muy divergentes. En *Agalena* la forma del espermatozoide recuerda la luna en su cuarto creciente o menguante con filamento delicadísimo que parte casi del medio de la sinuosidad y representa su cola; en la familia de los *gamásidos* los hay que parecen una *porra* y otros un *Paramaecium* (infusorio) o un *Closterium* (alga *desmidiácea*).

Viniendo ahora a la otra cuestión de la semejanza de los elementos ontogénicos o gametos masculinos pertenecientes a grupos muy distanciados, comparemos tan sólo (para muestras, basta un botón), v. gr., el espermatozoide de una medusa (fig. 12, *h*) con el de la cobaya, del toro, del gato y aún del mismo hombre (fig. 12, *l*), y al punto nos dirán los hechos que sería más fácil filogenéticamente derivar de las medusas los gametos de muchos mamíferos que de otro cualquier grupo.

No entraré en la especie de heterogeneidad de los espermatozoides dentro de una misma especie o individuo, discrepantes en la forma y en la magnitud, hasta el punto de distinguir entre ellos espermatozoides gigantes u ordinarios, y enanos respecto de éstos y desde luego heteromorfos.

III. DISCUSIONES

No es ni puede ser nuestro intento acumular en este lugar datos y más datos sobre los gametos, así masculinos como

femeninos, como si se tratara de escribir un tratado de oogénesis y espermatogénesis comparada. Con lo dicho tenemos base más que suficiente para pisar terreno firme en las discusiones que hemos ahora de entablar, ya en el comienzo o en la preparación para el iniciamiento de las trayectorias embriológicas.

¿Qué nos dicen estos datos respecto de la ley biogenética fundamental? ¿Pueden ellos explicarse por esta supuesta ley o hablan en su favor bajo algún concepto? He aquí lo que nos proponemos contestar, después de discutir debidamente las cosas.

Ante todo, precisemos el contenido de ley biogenética fundamental. Es una ley que en manos de Hæckel representa como la quinta esencia del transformismo evolutivo. Si el organismo es el resultado de la evolución filogenética, persiguiendo hacia atrás su historia, encontraríamos ascendientes cada vez más sencillos hasta dar definitivamente con el *primero* que, dentro de la vida organizada, sería una simple célula o por lo menos un *citodo*. Esto, por un lado; por otro, todos los estadios filogenéticos habrían dejado en el organismo que evoluciona, su herencia, multiplicándose así los episodios de su filogénesis. Estos episodios, como *hereditarios*, reaparecerían compendiosamente en la evolución ontogénica, es decir, en el desarrollo que experimenta un nuevo organismo desde su germen hasta la edad adulta. Sería la ontogénesis una recapitulación de la filogénesis.

Pero la teoría de la evolución busca unidad en sus mismos principios, y pretende que todos los organismos (animales y vegetales) tienen un mismo y simplicísimo principio filogenético (evolución *monofilética*), o por lo menos todos convergen hacia alguno de los pocos organismos *primitivos* (evolución *polifilética*). De aquí resulta que en la repetición o recapitulación de los estadios precedentes que sufre el organismo en su ontogénesis, tengamos como una película cinematográfica que hace pasar por delante de nuestros ojos toda la escala de grupos sistemáticos, producidos por la evolución filogenética. Todo esto se expresa y quiere decir con la frase: *la ontogénesis es la recapitulación de la filogénesis.*

Para que esta ley fuese verdad, los hechos ontogénicos deberían ser la expresión fiel de ella, toda vez que la verdad consiste en la conformidad del hecho con la idea.

Desde luego parece claro que, de ser verdad la famosa ley, todos los organismos deberían tener un principio idéntico, al menos en la evolución *monofilética*; o por lo menos lo deberían tener idéntico toda una infinidad de organismos que por hipótesis son de un origen común, pongamos caso todos los de un tipo. ¿Es así?—Todo lo contrario. Los datos positivos expuestos, no inventados, sino vistos y observados por nosotros o tomados de las descripciones espontáneas de los mejores investigadores y que pasan por los prohombres de la ciencia, son elocuentes. Los mismos elementos *primordiales del ser*, lo más primitivo, el primer germen, los elementos ontogénicos son tan diversos entre sí que quitan *toda* ocasión de disputa; y esto no sólo comparando los de grupos muy distanciados entre sí, sino también los muy próximos dentro de una misma familia y acaso dentro de un mismo género.

Estos son hechos, y los hechos son los únicos argumentos de la ciencia y de la buena filosofía de la Naturaleza, y a ellos nos hemos de atener si nos queremos acreditar de verdaderos científicos y de verdaderos filósofos, que no por otra causa se incluyen estos estudios en Austria y Alemania en la Facultad de Filosofía.

Desde el punto de vista *teórico-especulativo*, mejor diríamos *caviloso*, se puede objetar que los elementos ontogénicos son efecto de la adaptación, y por consiguiente, cada organismo, adaptado a especiales circunstancias, también tiene modificados sus elementos ontogénicos; de aquí su diversidad.

Dejando a un lado, al contestar a esta objeción, el que esto es contra todas las tendencias modernas que no admiten la transmisión de caracteres somáticos de adaptación al germen, vuelve con toda su fuerza el argumento contra la ley biogénica fundamental, ser la ontogénesis la recapitulación de la *filogénesis*; porque esta recapitulación falta desde un principio, si nos hemos de atener a los hechos únicos

que pueden pesar en la balanza de la ciencia, así *positiva* como *filosófica*. Salirse de este principio es salirse de la cuestión para navegar por los espacios aéreos de la cavilación, sin poder hacer pie en nada capaz de fundamentar ciencia verdadera.

No; el principio filogenético no es el llamado a resolver estos problemas, sino el fisiológico teleológico.

Hé aquí un punto capital sobre el que debo llamar la atención. Se ha dicho, y es verdad, que la teoría de la evolución ha promovido mucho los estudios de las Ciencias Naturales, porque ha impulsado eficazmente a investigar y a desentrañar los más recónditos secretos de la fecunda Naturaleza: con lo cual se han hecho un sinnúmero de descubrimientos, por cuya razón todos le hemos de reconocer el bien* que ha reportado a la ciencia. Pero conviene recordar aquí un principio de Filosofía, que dice que un mismo efecto puede estar producido por diversas causas. Y es así que, a nuestro entender, cualquier otro principio, cualquiera otra dirección u orientación hubiese llevado al mismo efecto. ¿Qué no hizo el gran Cuvier en sus estudios de Anatomía comparada dirigido por el principio de armonía?—Añadimos nosotros, pues, que al mismo fin hubiese llevado otro principio quizá con mayor ventaja, y desde luego con la ventaja de moverse uno sobre fundamento más seguro que el de la evolución, ya que la ciencia no ha demostrado su verdad. Muy bien dijo Cajal, que la Naturaleza se muestra al que la busca. El que investiga, sea cual sea el móvil que le impulsa, sea cualquiera el principio que le dirige, da con algo, o por mejor decir, da con mucho, ciertamente muchas veces con lo contrario de lo que buscaba.

Afirmamos, pues, que los mismos descubrimientos y por ventura mejores se hubiesen hecho, si en vez de tomar el principio *filogenético* se hubiese tomado, v. gr., el *fisiológico-teleológico*, buscando no la *derivación, hipotética* por necesidad, de un organismo o de un órgano, sino su *finalidad*, que es siempre *ciertísima*; finalidad que da extraordinaria luz para la inteligencia e investigación de lo que a primera vista parece enigmático. Este principio fué el que en la cuestión

de las células gigantes de la rata nos iluminó para comprender cuán errada iba la interpretación que les daban hombres de mucha fama en la ciencia.

Este es el principio que nos pone en la mano la clave para interpretar también aquí, en las trayectorias embriológicas, la diversidad de procedimientos seguidos por la ontogénesis de los organismos según su naturaleza, su fisiologismo, su especial *ecología*. Si no fuese por alargar demasiado este punto, bajaría a pormenores y mostraría que toda divergencia o diversidad de los elementos ontogénicos obedece a particulares exigencias de la fecundación u otros actos funcionales, no bien estudiados aún. Es tan cierto lo que digo, que los mismos que descubren alguna particular disposición en los organismos y en sus elementos ontogénicos, instintivamente buscan, antes que su derivación, si son evolucionistas, su significación fisiológica y su finalidad, bien que, muchas veces, con otros nombres. Tan propia es la finalidad a todo acto o manifestación de la vida; tenemos *todos* tan perfecta conciencia y convicción de ella, que *sólo* por sistema, no por razón, se puede negar.

En otro lugar tendremos ocasión de confirmar lo que decimos, cuando nos veamos obligados a acudir al fisiologismo de ciertas anomalías aparentes de los procesos embriológicos. Aquí nos basta esta indicación general que nos sirva de norte para explicar lo que no puede explicarnos la ley biogenética fundamental, la cual, ya en el comienzo mismo de las trayectorias embriológicas, queda atascada y tan deficiente que no puede contestar.

Laboratorio Biológico de Sarriá.

Marzo de 1929.

Dos casos teratológicos humanos

POR EL R. P. JAIME PUJIULA, S. J.

Director del Laboratorio Biológico de Sarriá (Barcelona)

Y EL P. IGNACIO SALA, S. J.

La teratología o estudio de las monstruosidades constituye un capítulo importante de la Embriología; y decimos de la Embriología, porque toda monstruosidad obedece a desvíos embrionarios; y la Embriología es la única ciencia que puede dar razón de ella, como es también la única que explica científicamente todas las relaciones anatómicas normales.

Mucho sería de desear que alguien se encargase, en nuestra patria, de escribir un tratado de esta materia que sería sumamente útil, particularmente a los médicos y anatómicos (1). Para el caso de que alguien se anime a escribir siquiera un Manual compendioso, daremos a conocer aquí dos casos humanos: uno que nos comunica el P. Ignacio Sala, S. J., desde la India, y otro que podemos mostrar a todas horas en nuestro Laboratorio, donde se guarda el feto objeto de la monstruosidad.

El caso de la India nos lo describe el P. Sala con estas palabras:

“Creo que será de interés para los biólogos el que dé a conocer el presente caso teratológico que observé en Bandra (India) el día 9 de Septiembre de 1928.

”Se trata de un niño indio, actualmente vivo, con cuatro piernas, que yo mismo observé y examiné.

(1) Dos veces nos han rogado que emprendiésemos este trabajo; pero aunque no nos falta voluntad de dar gusto a todos, nos falta tiempo para ello.

"Cuando le visité, el niño yacía en una mesa. Les expuse a sus padres que deseaba estudiar con atención el caso. Accedieron a mi petición y me dieron libre entrada. Entonces levantaron al pequeño y pude contemplar esta rareza natural de un frágil cuerpecito, apoyado sobre cuatro piernas, que le daba un aspecto fantástico. Las dos piernas delanteras pueden moverse libremente y ocupan el sitio ordinario; las otras dos supernumerarias nacen de las nalgas y están algo entorpecidas, mas no presentan ninguna deformación en el tallo de la pierna y dedecitos. Para cerciorarme que lo que veía no era ficticio, le toqué las piernecitas y mis pulpejos percibieron la expansión del calor natural.

"Se ofrecían nada menos que 2.000 pesetas al que probase que este hecho real o fenómeno era una patraña. Le dije al padre del niño que podían haber impreso en el prospecto un millón de rupias, que hay que confesar que este hecho es real, una verdadera anomalía. Los médicos de Bombay están contestes en que el caso no es artificial.

"Lo maravilloso es que el niño, según me dijeron confidencialmente los padres, vive ya siete meses. A una caricia que le hice, éste me miró con una mirada muy fija y luego sonrió. La cara presenta la viveza de cualquier niño, sin ninguna señal exterior de idiotéz o raquitismo.

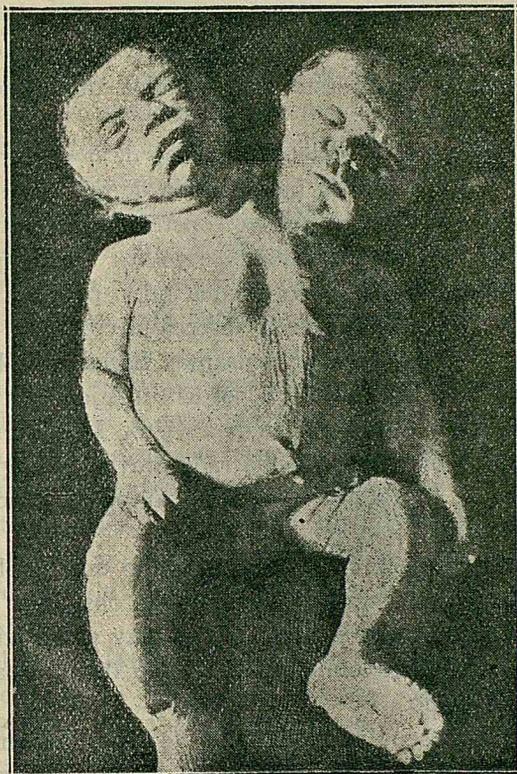
"Lo curioso estaría ahora en seguir la pista de ese niño y ver si es capaz de vivir varios años o quizá toda la vida.

"Esta criatura nació en el Surat, territorio que se halla enclavado en la Presidencia de Bombay.

"Posteriormente he visto también en Bandra (Isla de Salsette) otros análogos casos teratológicos, como el de un pollito con una cabeza, cuatro alas y cuatro patitas. Un lechón con una cabeza y ocho piernas". Hasta aquí el P. Sala.

El segundo caso teratológico humano es el que ocurrió en 1923 en el pueblo de Vera, cerca de Tarazona (provincia de Zaragoza, España). Se trata de un niño con dos cabezas, que conservamos, según dijimos, en nuestro Laboratorio Biológico y se representa en el adjunto grabado (figura). Es un feto a término que murió mientras nacía. Por razón de la anomalía, pertenece ese monstruo al grupo *derodimo*, a

causa de poseer dos cuellos con sus correspondientes cabezas. Estas son muy parecidas y están perfectamente conservadas. El tronco es *exteriormente* único o común, con las dos extremidades superiores e inferiores perfectamente desarrolladas. Decimos *exteriormente*, porque claro es que interiormente hay órganos doblados que son en parte la continuación del fenómeno exterior.



Feto derodimo a término, esto es, con un solo tronco y dos cabezas y dos cuellos. (Conservado en el Laboratorio Biológico de Sarriá, regalado por el doctor D. Adán).

En efecto; examinando el embrión por el dorso o región posterior, se observa arriba entre los dos cuellos la prominencia media de algún hueso que no puede ser otro que el *omóplato*, común a entrambos troncos. Hay por consiguiente

un omóplato medio y dos laterales. De aquí se sigue que existen dos columnas vertebrales, las cuales hacia abajo se unen seguramente, pero sólo en la región sacra o coxígea.

Además, una mirada a la región torácica ventral descubre al momento un pecho tan ensanchado, que no puede explicarse sino por la presencia de dos corazones, y sin duda también de pulmones laterales muy desarrollados y pulmones medios, acaso poco desarrollados, pero fusionados.

Damos por descontado que la tráquea y bronquios están duplicados y no menos el tubo digestivo en el trayecto de la boca al estómago. Si éste está también duplicado, no nos atrevemos a afirmar.

Por lo que toca al sistema nervioso de la región del tronco común, no nos cabe la menor duda de que es también doble el *simpático* y *parasimpático*, construído este último según sabemos, por los *nervios neumogástricos*. Hasta qué región inferior estén dobladas estas formaciones, no sería fácil adivinarlo. Sería preciso hacer la disección, cosa que no hemos hecho hasta el presente ni pensamos hacerlo en lo futuro, porque nos sabe mal echar a perder un ejemplar que es el más hermoso y típico que hemos visto. Más acertado nos parece sacar oportunamente una radiografía, radiografía que, aunque no dé la certeza que da la autopsia, mucho puede ayudar a dilucidar este punto.

Donde a primera vista parece que no están doblados los órganos es en la región pelviana; no obstante, como los órganos reproductores externos están muy pronunciados, podría ser esto indicio también del efecto de un aparato virtualmente doblado.

Si nos pidiesen la explicación de estos fenómenos, no titubearíamos en señalar como causa de ellos la perturbación de la marcha ontogénica normal. En términos generales se puede afirmar que todo desvío, en los primeros estadios de la evolución del huevo, es de una trascendencia inconcebible. Porque aunque no nos haya convencido jamás ninguna de las teorías preformistas modernas, ni la de los *distritos formativos* de His, ni la *del mosaico* de W. Roux ni la del *plasma germinal* de Weismann con su ejército de *determinantes*, por-

que los fenómenos de autorregulación, inexplicables por procesos mecánicos, las contradicen (1), todavía no hay que olvidar que dichas teorías se refieren a la estructura o constitución del huevo, cuya evolución o desarrollo tratan de explicar; lo cual no quita que, una vez en plena marcha evolutiva e iniciada cierta diferenciación de partes o regiones en el cuerpo embrionario, cada una de ellas, con su contingente de *prospectivas potencias*, ya esté determinada en orden a producir todos los órganos que por el paulatino desarrollo corresponderían a toda la región del cuerpo adulto o definitivamente formado, contenidos allí en germen. En este caso, si por una causa cualquiera, *mecánica, física o química*, se escinde dicho germen en dos, cada uno de ellos, o si es permitida la expresión, cada una de esas yemas dará origen a formaciones próximamente iguales. La duplicación de órganos sería en este caso efecto de la escisión; la igualdad y acaso simetría de los órganos nace del poder *autóctono* y *autorregulador* de cada parte viva de las que produce la escisión.

Aplicando a nuestros casos estos principios, que tenemos por muy biológicos y embriológicos, creemos que la duplicación de las extremidades inferiores del primero o de *Bandra* obedece a la escisión del esbozo o blastema del muñón de dichas extremidades; escisión que inteligiblemente produciría alguna divergencia topográfica en los dos gérmenes resultantes. De aquí la distinta topografía de los dos pares de extremidades.

Por el estilo, las dos cabezas con sus respectivos cuellos serían efecto de la escisión del *escudo embrionario* en su región anterior, quizá en el estadio de la *línea primitiva* o de otro estadio no muy distante de aquél en la ontogénesis.

Un desvío en estos estadios tan precoces acarrea esas grandes monstruosidades; porque cuanto más joven es el estadio en que se encuentra el germen, tanto mayores son las consecuencias. Nos hemos valido ya en alguna otra ocasión para explicar esto del símil que ofrece un guardaagujas de

(1) V. La Vida y su evolución filogenética. Casals Caspe, 108, Barcelona.

una vía férrea; un pequeño desvío que dé a la vía, hace que dos trenes que salen de la estación, al parecer paralelos, comiencen luego a separarse y distanciarse tanto el uno del otro, que vayan a parar a sitios diametralmente opuestos. Esto hace también un pequeño desvío del germen en los primeros estadios respecto de los órganos futuros.

Esta explicación nos satisface más que cualquier otra, y desde luego nos parece absurda, en estos casos, la hipótesis de la fusión o unión de dos huevos en algún estadio evolutivo.

Posteriormente, hemos dado otra explicación, quizás más probable, de éste y parecidos fenómenos teratológicos, fundada en la existencia de dos vesículas germinativas dentro del óvulo que repetidas veces hemos encontrado en folículos primitivos de niña; las cuales se pueden seguramente fecundar y originar dos embriones. Estos, por estar incluidos dentro de un mismo huevo, fácilmente pueden fusionarse por la parte en que se pongan ocasionalmente en contacto. (Véase la conferencia dada en la Real Academia de Medicina; item, *probable origen de gemelos univitelinos* y de duplicidades monstruosas. Butlletí de la Ins. Catal. d'Historia Natural, Octubre 1929.

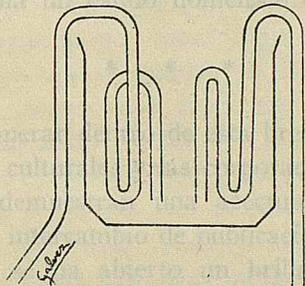
Laboratorio Biológico de Sarriá.

Diciembre de 1928.

Un sifón de cebamiento automático

En la actualidad se construye una gran variedad de sifones llamados de cebamiento automático, incluso con fines comerciales. El fundamento de todos ellos consiste en que al ser introducido el aparato en el seno del líquido, sube éste por la rama ascendente del sifón con burbujas que permiten alcance la parte superior y fluya por la rama descendente; poco después el líquido fluye normalmente.

Hemos construído un sencillo sifón de cebamiento automático, cuyo fundamento difiere notablemente del de los que hasta ahora hemos visto descritos. Consta de dos sifones escalonados, el primero de los cuales se sumerge totalmente



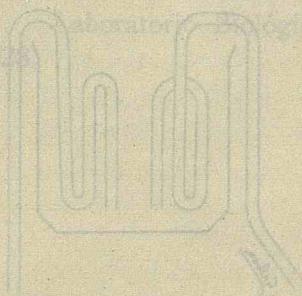
en el líquido. Cuando de acuerdo con la teoría de los vasos comunicantes el líquido alcanza la parte superior de este sifón, cae rápidamente por su rama descendente y en virtud de la velocidad adquirida puede ascender a más altura por el otro sifón y rebasar el recipiente, fluyendo normalmente desde el primer momento. El conjunto de los dos sifones puede tener diferentes formas sumamente fáciles de cons

truir, resultando por su sencillez de gran utilidad en muchos casos. Tiene la ventaja de servir para descargar un depósito al llegar el líquido a una altura conveniente, pues no es necesario introducirlo rápidamente en el líquido para conseguir cebarlo, como sucede en aquellos que se ceban merced a las burbujas de aire apresadas al sumergirlo en el líquido.

Para que el líquido se eleve a mucha altura debe procurarse que la pérdida de velocidad al pasar por el tubo sea pequeña, y para eso deberá ser ancho y corto y estar suavemente curvado. La viscosidad del líquido también influye notablemente, de tal modo que no resulta práctico su empleo para líquidos muy viscosos.

No nos detenemos en desarrollar los razonamientos matemáticos que permiten explicar el funcionamiento de este sifón tal como se ha explicado, que es tal como se verifica, por ser tan sencillos que están al alcance de cualquiera que posea los conocimientos más rudimentarios de mecánica racional.

EDUARDO M.^a GÁLVEZ LAGUARTA.



MEMORIA

REGLAMENTARIA LEÍDA EN LA SESIÓN PÚBLICA INAUGURAL
DEL CURSO 1928-29, EL DÍA 20 DE ENERO DE 1929,
POR EL SECRETARIO

D. JOSÉ ROMERO ORTÍZ DE VILLACIÁN

Un curso más registran los anales de la Academia, durante el cual se han robustecido las tradiciones que la sostienen y los programas que alienta. Pero, por contraste natural, a medida que el tiempo fortalece su vida, va dejando huellas de dolor en lo íntimo de su seno. Así, este año, la desgracia ha querido arrebatarnos la sabia colaboración del académico correspondiente Dr. Carracido, a cuya memoria rinde la Academia un cálido homenaje de admiración.

* * *

No cabe enumerar dentro de esta breve reseña reglamentaria los centros culturales y las corporaciones similares, que constantemente demuestran una afectuosa estimación a la Academia con el intercambio de publicaciones. De este modo, nuestra Revista se ha abierto un brillante camino por el mundo; una vía de compenetraciones ideológicas, por la que marcha entre afectos y respetos la Academia cuando, debidamente representada, acude a congresos internacionales.

Es así como fué recibida en Budapest, cuya representación llevó, para gala de la Academia, el R. P. Navás, al cual se deben, además, acertadísimas gestiones, merced a las cuales fué incluido el castellano entre los idiomas oficiales del Congreso.

Nuestra corporación ha estado también representada en el Congreso entomológico celebrado en Nueva York en Agosto del año próximo pasado, en la inauguración del ferrocarril de Canfranc.

La Revista, encomendada al celo y actividad del P. Navás, sigue su marcha normal, habiéndose terminado durante el curso que reseñamos la publicación del tomo correspondiente al año 1927 y se halla muy avanzada la de 1928.

* * *

Sin entrar en una detallada relación de los trabajos realizados durante el año académico, cabe hacer mención especial de la notable conferencia pronunciada por el reputado Ingeniero de Caminos y Doctor en Ciencias Sr. Terradas acerca de la viscosidad y plasticidad de la materia, de cuyo tema, el claro talento del conferenciante supo extraer notables consecuencias de orden industrial.

La Academia tiene en estudio un nuevo curso, en el que, una vez más, se pondrá en contacto con la medula del país. El estudio serio y concienzudo de cuantas actividades se desarrollan o pueden desarrollarse en el macizo montañoso de los Pirineos, es un tema muy sugestivo cuyo desarrollo se pondrá en manos de significados especialistas, reuniendo de este modo un conjunto de matices varios representativos de otros tantos aspectos científicos, económicos, sociales y artísticos. Desde la tectónica al folklore; desde las ciencias naturales, generales y especiales, hasta las artes mecánicas y bellas, todo cuanto represente una actividad de la materia o del espíritu puede tener acomodo dentro de este curso, que por su propia amplitud no cabe, ciertamente, dentro de un plan anual, sino que al menos necesitará un bienio para su exposición.

La situación económica de la Academia sigue siendo satisfactoria, como corresponde a quien administra sus escasos intereses con parquedad y economía. Lo reducido de su presupuesto y el desinterés de los señores Académicos en las comisiones o representaciones que la Corporación les enco-

mienda, con carácter honorífico, le permiten desenvolverse con alguna soltura, merced a los auxilios que recibe y prestando siempre su mayor interés a las publicaciones.

* * *

Tal es, en líneas generales, la marcha seguida por la Academia en el curso que ahora comenzamos, cumpliendo un precepto reglamentario.

Prolongar más esta Memoria sería tomar a préstamo vuestra atención por quien para ello no se considera solvente. Todos tenemos un vivo interés en escuchar la autorizada palabra del nuevo académico Sr. Ríos sobre un tema que tan perfectamente domina, y la no menos competente del Sr. Mantecón, que tan merecidamente ostentará en este acto la representación de la Academia.

Felicitémonos de que el nuevo curso comience con tan favorables auspicios.

DISCURSO

LEÍDO EN EL ACTO DE SU RECEPCIÓN

EL DÍA 20 DE ENERO DE 1929

POR

D. TEODORO RÍOS

Y CONTESTACIÓN POR EL ACADÉMICO NUMERARIO

D. MIGUEL MANTECÓN

Discurso del Sr. D. Teodoro Ríos

SEÑORES ACADÉMICOS:

A la distinción que me habéis hecho llamándome a vuestro lado, tengo que corresponder, hablándoos con sinceridad, que nunca había pensado lograr un honor tan grande como innmerecido.

Mi ilustre y malogrado amigo el Dr. Gómez Ocaña, a quien debo en gran parte mis entusiasmos y mis aficiones, y que era Académico de las RR. AA. de Medicina y Ciencias de Madrid, me decía que el ser Académico lo consideraba como un entorchado en su carrera, y satisfecho y orgulloso de tener dos, buscaba el tercer entorchado, cultivando sus aficiones literarias y artísticas.

Hoy es el día de mi segundo entorchado, que nunca soñé alcanzar; así, que sean mis primeras palabras de gratitud intensa hacia vosotros; y esta satisfacción es tan grande y tan legítima, que no se ve empañada por el recuerdo de la pérdida de un antecesor.

Por vuestra voluntad vengo a la Academia, y yo trataré

de corresponder a esta atención trabajando con el mejor deseo por su prestigio y engrandecimiento, que tan alto ha puesto vuestra labor.

El tema de mi trabajo tiene que referirse al Templo del Pilar, en cuya consolidación tengo puesto siempre mi pensamiento. Al entrar en la Academia de Ciencias, quiero que conozcáis como yo el grave problema que ofrece, y lo hago así, para que penséis sobre él; y yo os anuncio que oiré con agradecimiento cuantas opiniones queráis trasladarme, pues de todos necesito para orientar con seguridad este difícil, complicado y viejo asunto que voy conociendo cada día mejor; a la lenta marcha con que llegan los recursos, trato de irlo limitando para acometer la solución en cuanto estos recursos lo permitan.

Poco a poco me voy documentando, adquiriendo datos y contrastando opiniones para ir formando la mía, y estos detalles, unos insignificantes y otros de más importancia, todos ellos interesantes, son los que voy a exponer.

El tema de mi modesto trabajo podría enunciarse:

**Estudio de la estabilidad del Santo Templo
Metropolitano de Ntra. Sra. del Pilar de Zaragoza.
Datos para poder conocer el problema
de su consolidación**

Empiezo por una exposición de fechas interesantes en la construcción del Templo y de sus ruínas observadas.

Sigo anotando anomalías de sus plantas, estudio de estabilidad de arcos, pilares y contrarrestos; datos de reconocimiento de cimientos, grietas estudiadas con lecturas de testigos, observaciones de nivelación y aplomos.

De todos estos datos deduzco varias consecuencias, y del resultado de ellas hago un resumen como final de mi trabajo.

Pido, pues, a vuestra benevolencia un rato de atención.

I

FECHAS DE CONSTRUCCIÓN DEL TEMPLO DEL
PILAR Y RUÍNAS OBSERVADAS

El 13 de Mayo de 1675 se empieza a gastar material en las obras de la nueva fábrica, según la traza de Juan de Marca.

31 de Enero de 1679.—Se presenta a S. M. D. Carlos II el proyecto de Felipe Sánchez, que modificaba la traza de Juan de Marca.

4 de Octubre de 1680.—Llega por primera vez a Zaragoza D. Francisco Herrera.

25 de Agosto de 1681.—Se coloca la primera piedra del Templo con arreglo al plan de Francisco Herrera, que corrige la planta de Felipe Sánchez. Los pilares del crucero de aguas abajo asientan sobre cimientos dispuestos para columnas sencillas; claro que la superficie de cimentación se aumenta, pero ya no está hecha a un tiempo.

Enero de 1695.—Se aprecian errores en el replanteo del eje del Templo.

Enero de 1697.—Se empiezan los zócalos.

Enero de 1700.—Queda terminada la puerta del pie de la iglesia.

Enero de 1701.—Queda cubierto el Templo hasta la capilla de Santa Ana.

Enero de 1704.—Se cimenta la capilla del lado de la plaza.

13 de Octubre de 1705.—Se cierran las puertas del lado del Ebro.

13 de Octubre de 1715.—Se termina el interior del Templo, Sacristía, Trascoro, Sala de Oración, Sala Capitular, Atrios. La torre se termina el 25 de Septiembre.

27 de Octubre de 1725.—Se aprueba variar la construcción del Templo, que resultaba fea, porque las naves estaban cubiertas con bóvedas de cañón, y se empieza la reforma, que

consistía en levantar ocho cupulines, dos cúpulas, sobre el Coro y Santa Capilla y la cúpula central.

30 de Noviembre de 1728.—Quedan terminados los cupulines primero, segundo, tercero y cuarto.

1730.—Se trabaja en la cúpula de la Santa Capilla.

1731.—Continúan las obras en las cubiertas de los cupulines.

Noviembre 1732.—Se abren los cimientos de la Santa Capilla.

1735.—Se estudia la construcción de la cúpula central.

1740.—Se terminan todas las cubiertas de las cupulinas construídas.

1741.—Queda terminado el muro de la ribera.

8 de Marzo de 1743.—Hundimiento muy importante en la Sacristía mayor.

15 de Diciembre de 1750.—Llega a Zaragoza D. Ventura Rodríguez.

3 de Diciembre de 1754.—Se coloca por el Arzobispo señor Añoa la primera piedra de la Santa Capilla, según proyecto de D. Ventura Rodríguez.

Octubre 1765.—Inauguración de la Santa Capilla.

1770.—Se proyecta la reparación de la capilla de San Lorenzo.

1796.—Informe del Arquitecto D. Agustín Sanz sobre la ruína de la bóveda y arco del Coro mayor, y quebrantos en muchos arcos y bóvedas del resto de la iglesia.

17 de Marzo de 1803.—Informe para la reedificación de las tres bóvedas de los pies del Templo.

1816.—Informe sobre la ruína de la bóveda primera de la nave menor de la derecha del Templo.

1817.—Se reparan las bóvedas de la parte alta de la ribera.

1818.—Relación del estado ruinoso en que se encuentra la bóveda de la capilla de la Parroquia y puerta del río.

En esta época estaban construídas las dos cúpulas elípticas, las cuatro pequeñas que rodean la Santa Capilla, y en el año 1863, se empezaron de nuevo las obras de la cúpula central y las dos pequeñas de contrarresto.

Terminadas las obras en 1872, cuando se bajaban andamios, se oyó un chasquido tremendo, pero nada se observó. Al día siguiente se apreciaron en la cúpula pintada por Goya grandes grietas horizontales.

En 1882 se observaron nuevas grietas y movimientos, que constituyeron una grave preocupación.

En 1884 se hizo el atirantado de los arcos torales, según proyecto del Arquitecto Font, que dirigió los trabajos.

Posteriormente aparecieron nuevas grietas en los machones del crucero.

II

ANOMALÍAS NOTADAS EN LAS PLANTAS

Con el mayor cuidado he tomado una planta general de estado actual y una planta de bóvedas, cuyo estudio resulta muy interesante, pues permite apreciar las anomalías que presentan como consecuencia de defectuosos replanteos o de los movimientos acusados en el Templo.

La planta baja está tomada por el arranque del fuste de las pilastras, y sobre ella, en proyección, están indicados también los arcos.

Las primeras irregularidades notadas provienen de defectos de replanteo, y llama mi atención encontrar diferencias bastante apreciables en las medidas de naves simétricas.

El edificio no es perfectamente regular, como a primera vista parece.

En las naves, aun las simétricas, no se encuentra ninguna medida igual, resultando unas más anchas que otras, con diferencias de 25 a 30 cm. Lo mismo ocurre con las diagonales, resultando una planta completamente deformada y tan irregular, que, como hemos visto, es imposible sacar consecuencias exactas por diferencias de medida.

Las capillas padecen del mismo defecto, no habiendo encontrado una que pueda servir de patrón, por ser verdaderamente simétrica. Las entradas, sacristías y sus dependencias tienen figura trapezial en lugar de rectangular.

Las pilastras están desviadas de sus ejes y tienen los paramentos fuera de escuadra, destacándose entre todas las once y doce, pertenecientes al Coro mayor.

Estas derivaciones de las pilastras hacen que los arcos en una misma nave no tengan el mismo eje longitudinal, influyendo en esto también el giro de los fustes de las pilastras; donde más se notan estos giros es en los arcos de la pilastra del Evangelio (número 6).

Los contrafuertes están minados por los huecos de sacristías y escaleras. Estos huecos debilitan mucho su resistencia al reducir la superficie de asiento, encontrándose algunos de ellos totalmente cortados en sentido transversal. Se destacan los correspondientes a las pilastras dos, siete, nueve y once.

Muchos detalles de menor importancia podría ir citando, pero los mayores quedan anotados.

En la planta de cubiertas notamos también las mismas diferencias de la planta baja respecto a dimensiones, en sus distintos elementos.

Son muy dignos de citar la diferencia de espesor de las cúpulas de la Virgen y la del Coro mayor; su distinta silueta; la existencia de atirantados y arbotantes en aquélla y la no existencia en ésta.

Tenemos que observar también que la cubierta ha sido construída de modo muy diferente en sus dos mitades.

De la cúpula central hacia la derecha está dispuesta sobre armaduras de madera y hacia la izquierda sobre arcos, algunos de ellos muy rebajados. La planta entre las cúpulas central y la del Coro está también cubierta sobre armaduras de madera.

Armaduras y arcos son de un peso enorme; aquéllas se apoyan en pilares que cargan peligrosamente sobre las bóvedas y en puntos débiles de arcos. Los jabalcones y torrapuntas se apoyan sobre las bóvedas tabicadas. Los arcos, algunos de ellos muy rebajados y de luz considerable, no tienen contrarresto y ocasionan los más notados movimientos en las grietas, que en su capítulo correspondiente reseñamos.

Es preciso hacer constar aquí, que la mala disposición de las cubiertas es una de las causas de la ruína observada en el edificio, y actualmente las grietas que crecen más rápidamente parecen corresponder a defectos de su estructura.

III

CÁLCULO DE ESTABILIDAD DE ARCOS, PILARES Y CONTRARRESTOS DEL TEMPLO DEL PILAR

Este estudio está hecho para comprobar las cifras que encontraba en trabajos e informes, y para conseguir mejor conocimiento de la estabilidad del Templo, dándome cuenta de los puntos fuertes y de los débiles, para vigilar con más cuidado estos últimos.

El proyecto de las cimbras de los arcos laterales lo encontré redactado suponiendo 200 toneladas de sobrecarga, que al hacer esta comprobación hubo que aumentar considerablemente; este detalle me hizo completar el estudio, que en muchos puntos coincide casi exactamente con los resultados que conozco de otros cálculos hechos con anterioridad.

Estoy convencido de que en los arcos del Pilar que están atirantados no tenemos ningún empuje de importancia, porque primero fueron absorbidos por la mayor resistencia que han opuesto los arcos de contrarresto deformados y porque considero que están anulados por los atados realizados en los torales por los señores Font y Domenech. Así, pues, debemos considerar esta cúpula y sus arcos como una cobertera rígida que no tiene ningún empuje.

La determinación de las cargas es operación complicada, por ser masas grandes y muy móviles.

En los proyectos enviados al Ministerio detallaba cómo había determinado estas cargas. Con estos datos he calculado la estabilidad de cada arco en las condiciones más desfavorables. Claro está que así llegamos a coeficientes de trabajo inadmisibles por lo elevados, pero en los elementos donde se producen, es evidente que conviene vigilar con todo cuidado. A escala grande están determinadas las resultantes de

cada sistema, teniendo en cuenta las diferentes sobrecargas y sus distintos y gruesos y secciones resistentes.

Determinadas las resultantes, compongo éstas para llegar a trazar con alguna aproximación cómo debieron actuar, cuando la estructura del templo estaba influida por acciones y reacciones elásticas.

Insisto en repetir, que a este trabajo no le doy más valor que el de una orientación, pues hoy no conocemos ni las resultantes ni sus puntos de aplicación, siendo imposible saber su situación exacta o aproximada.

Sin embargo, interesa conocer de la hipótesis estudiada, las presiones máximas en las juntas de las dovelas en que se han dividido los arcos, la situación en ellas de las curvas de presiones, los coeficientes de trabajo en el arranque, base de pilastras y en las fundaciones de las pilastras centrales (cuya cimentación es la única que conocemos) y la situación de las resultantes del sistema.

Sería largo exponer estos datos interesantes que se encuentran detallados en los cuadros correspondientes, y me voy a limitar a desglosar las cifras más elocuentes.

No conocemos con exactitud la naturaleza de las fábricas de los elementos calculados. En las cimentaciones hemos visto fábricas de ladrillo y mamposterías de canto rodado con mortero de cal. En alzados, fábricas de ladrillo, en algún sitio con cal, en otros con yeso, y también hemos comprobado cajas de ladrillo y rellenos de mampostería de canto rodado, no sólo en pilastras, sino en los arcos.

Las bóvedas y los arcos de mayor carga están bien hechos, y la parte vista de los arcos torales encima de las bóvedas está construída con ladrillo y yeso de buena calidad.

Tenemos que fijar un coeficiente tolerable de resistencia, y supongo 8 kg. cm.² el normal para esta construcción.

Los arcos torales tienen suficiente sección y suficiente resistencia, y si llegamos en el cálculo a coeficientes algo más altos que el normal, es porque nos ponemos en condiciones muy desfavorables.

Algo semejante ocurre en los arcos laterales, más acen-
tuado que en los torales; pero como tenemos en otras partes

coeficientes mucho más elevados, no podemos darles todavía importancia.

Los arcos grandes que soportan las cúpulas de la Santa Capilla y del Coro son los que trabajan más apurados, llegando a coeficientes que consideramos inadmisibles.

La cúpula de la Santa Capilla está atirantada con 10 tirantes de hierro de 40 mm. de diámetro.

Además se han construido ocho arbotantes, que refieren directamente a las pilastras la carga de la cúpula. Estos ocho arbotantes tienen 1,00 de ancho por 0,60 de grueso y descargan los arcos del peso que los abruma.

En la cúpula del Coro no están hechos estos refuerzos, pero en uno y otro lugar los arcos están encerrados en una masa de ladrillo, recibiendo considerable auxilio.

Los arcos laterales también trabajan demasiado y también están ayudados por la masa de ladrillo que los refuerza.

En la Santa Capilla hay algunas grietas graves, pero en el Coro los arcos están partidos por las juntas de fractura, ofreciendo un aspecto alarmante.

La situación de la curva de presiones en estos arcos confirma la impresión anterior.

Coeficientes de trabajo en las pilastras centrales

Calculado el que corresponde en el arranque de los arcos y advirtiendo que la pilastra del Evangelio trabaja en mucho peores condiciones que las expuestas, llegamos a 14,62 kg. centímetro cuadrado, cifra tan elevada, que me explico perfectamente las torceduras, desplomes y agrietamientos registrados en esta pilastra.

El coeficiente se eleva en la base de las pilastras hasta 32,84 kg. cm.², inaceptable sobre todo considerando que en algunos puntos el trabajo efectivo es superior al calculado.

En la base de cimentación el coeficiente es 25,83 kg. cm.² mayor que el de seguridad del terreno y también que el de su resistencia real, como he podido comprobar.

En las pilastras pequeñas los coeficientes son 19,40 kg.

centímetro cuadrado y 22,73 kg. cm.² superiores a los normales, pero las resultantes están situadas en el eje del apoyo, que por esta razón trabaja en mejores condiciones.

Contrafuertes: allí encontramos 8,87 kg. cm.², así que están en buenas condiciones, aunque en algunos se han hecho sacristías, armarios o pasos que los debilitan mucho.

El Arquitecto Atienza asentó la cúpula sobre cuatro zunchos de 0,01 × 0,06 m., y después de iniciada la ruina, se hicieron los ocho arbotantes semejantes a los de la cúpula de la Santa Capilla, y que como allí tratan de referir el peso de aquélla directamente sobre las pilastras.

Las dimensiones de estos arbotantes son de 1,55 m. de ancho por 0,80 m. de grueso.

IV

RECONOCIMIENTO DE LOS CIMIENTOS

Como no había ningún dato preciso que evitase tener que hacer un reconocimiento de la cimentación de la pila del Evangelio, abrimos de nuevo tres catas que habían servido para otros reconocimientos.

En el anejo está detallado en diferentes planos el resultado.

El agua del río, que cambia de nivel con las crecidas, apareció a 8,80 m. debajo del nivel del pavimento.

La cimentación más profunda de la pilastra termina a 7,70 m. debajo del suelo del Templo.

En los puntos observados encontramos una primera cimentación de 2,00 m. de altura de hormigón hecho con mortero de cal; luego, de construcción inferior, con mampostería de canto rodado y mortero de cal, rellenando el resto de la cimentación,

La superficie del cimientto es casi la misma de la pilastra; tiene muy pocas zarpas y éstas son muy pequeñas.

La pilastra del crucero, que he reconocido, tiene la planta de las restantes del Templo, aumentada por las otras dos caras, que soportan arcos torales.

En alzado este aumento de planta se ve hecho posteriormente y lo mismo ocurre en cimientto.

Según el eje mayor del Templo, existe en algunas partes una cadena de ladrillo que une la base de todas las pilastras; en otros sirve de cadena el antiguo muro de contención de la ribera, cuya dirección no coincide exactamente con la del Templo.

En la del Evangelio, en la nave menor paralela al río, mandó hacer el Arquitecto Atienza un arco rebajado de ladrillo para contrarrestar los empujes que soportaba esta pilastra, y este arco, que se encuentra en perfecto estado, tuvimos

que descubrirlo al construir la cimentación de la cimbra. En los planos del proyecto está definido y calculado.

La cimentación no tiene buen aspecto, y en ella vemos grietas y oquedades que acreditan su mediano estado; además asienta en un terreno de grava suelta y arena arcillosa, al que ordinariamente no cargamos más de 3 kg. cm.²

La profundidad de 7,70 m. era excepcional para aquella época, pues todas las construcciones que conozco estaban fundadas en una delgada capa de grava a 3,50 m. de profundidad por término medio.

Estos datos conseguidos en las notas los confirma también el reconocimiento practicado al hacer la cimentación de la cimbra del arco toral.

En aquella ocasión, 23 de Febrero de 1928, pude hacer una prueba de la resistencia del terreno sobre el que está fundado el Templo del Pilar.

Yo creo que la prueba realizada autoriza a cargas permanentes máximas de 5 Kg. cm.²

V

DESCRIPCIÓN DE LAS GRIETAS ESTUDIADAS.
LECTURAS DE TESTIGOS

Habíamos siempre notado en el Templo numerosas grietas y desquiciamientos que acusaban movimientos graves, cuyas causas podían ser nuevas o viejas, contenidas o en marcha, y estos movimientos era preciso registrarlos y compararlos para darnos cuenta de cuáles se movían, la velocidad de este movimiento y cuáles eran los puntos que estos registros denunciaban como más peligrosos.

Hice un estado detallado de las principales grietas conocidas, y en todas ellas se colocaron "testigos" para averiguar su variación.

Los testigos que se han colocado son de dos clases:

Testigos fijos, que se rompen al crecer la grieta, y testigos móviles, que siguen el movimiento de las mismas, acusando una mayor o menor separación que se mide con un micrómetro de precisión.

Los primeros son ladrilletas encarceladas transversalmente en las grietas, y los segundos dos varillas de acero encarceladas a ambos lados de las mismas.

Para su mejor conocimiento he incluido un plano general como guía y luego los parciales que han sido necesarios para representar todas las grietas, señalando en ellos con un número las ladrilletas y testigos y en éstos la lectura inicial de cada uno.

Aparte se describen todas ellas y se comparan las dos primeras lecturas que acusan los movimientos más rápidos.

Las lecturas se repiten periódicamente, y llevo un estado aparte con estas indicaciones.

Conocidos estos datos, era muy interesante saber en qué lugares existen más grietas y cuáles son las de movimiento más rápido, y deducir por estas indicaciones una ley que nos

permita conocer los lugares más peligrosos de las fábricas del Templo.

Para ello he dibujado unas plantas a pequeña escala, señalando con un \bullet aquellos puntos donde hay una grieta sin movimiento. Las grietas que crecen, están señaladas con un \circ o con rayas más numerosas en aquéllas que acusan que acusan mayor velocidad: así apreciamos movimientos desde una a sesenta centésimas de milímetro en un mes.

Las que decrecen quedan marcadas en rojo, con estos mismos signos convencionales.

Estas indicaciones se han repetido en la planta baja, planta de bóvedas y planta de cubiertas, deduciendo de ellas, si no una ley determinada, por lo menos consecuencias muy interesantes.

VI

DATOS INTERESANTES DE NIVELACIÓN

La casualidad ha querido que pueda presentar unos datos de nivelación, tomados por la misma persona con todo cuidado, en los años 1907, 1909 y 1922.

No tienen una precisión matemática pero los creo suficiente aproximados para nuestro estudio. Están referidos todos los puntos de esta nivelación al clavo de bronce, puesto por el Instituto Geográfico y Estadístico, referido al nivel del mar, con altitud de 200.154.

Los datos de zócalos son discutibles, puesto que los forman piedras de mármol superpuestas a la pilastra y que se han movido independientemente de ella.

Los de cornisas son interesantes, aunque hay que tener en cuenta que las molduras están colocadas sobre piezas de madera e independientes de la construcción primera.

Columna NO.—Está la cornisa casi a nivel, con diferencias de 38 a 50 mm.

El promedio de descenso en quince años es de 16 mm.

Columna SO.—Está la cornisa casi a nivel, con diferencias de 31 a 37 mm. en distintas fechas.

El promedio de descenso en quince años es de 21 mm.

Columna SE.—La cornisa tiene diferencias de 127 a 141 mm.

El promedio de descenso es de 15 mm. en igual tiempo.

Columna NE.—En distintas fechas aparecen diferencias de nivel de 69 a 79 mm.

El promedio de descenso es de 20 mm. en quince años.

Las dos pilastras del coro están casi a nivel, y las dos del altar mayor 114 mm. más altas de la epístola que la del evangelio, y ésta 7 cm. más baja que las dos del coro.

Cuando se hicieron estas nivelaciones pude comprobar que la cúpula central está perfectamente a nivel, pues trazamos

una línea en el balconcillo interior, que sensiblemente coincidía con las molduras.

Sin embargo de esto, ya veremos que los aplomos demuestran que existe iniciado un movimiento muy peligroso sobre la pilastra NE.

VII

APLOMOS DE PILASTRAS Y MUROS.—ID. DE CÚPULAS Y CUPULINES.—FLECHAS DEL TRASDOS DE LOS ARCOS QUE SOPORTAN LAS CÚPULAS DE LA VIRGEN Y CORO MAYOR

Aplomos de pilastras

Se han determinado los aplomos de las pilastras, tirando las plomadas debajo de las cornisas en el friso y tomando las diferencias con los fustes a 2,50 m. sobre el suelo. Desde el punto alto del friso al fuste hay 12,30 m.

Todas las cotas puestas a continuación son de plomadas colgantes.

Pilastra número 1.—El movimiento se acusa hacia la plaza del Pilar, en 0,055 m. el paño anterior de la pilastra y en 0,045 la posterior. Se acusa también hacia la fachada lateral derecha 0,0525 el paño izquierda y 0,0425 el derecha.

Pilastra número 2.—Se desploma hacia la Ribera, 0,0275 el paño anterior y 0,030 el posterior. También hacia la fachada lateral derecha 0,030 en los dos paños.

Pilastra número 3.—Se inclina solamente hacia la plaza del Pilar 0,040 en los dos paños anterior y posterior.

Pilastra número 4.—Se desploma esta pilastra solamente hacia la Ribera, 0,040 el paño posterior y 0,030 el paño anterior.

Pilastra número 5.—Se observan movimientos grandes hacia la plaza del Pilar, 0,125 el paño anterior y 0,145 el paño posterior, y hacia la fachada lateral derecha, 0,130 el paño derecho y 0,160 el izquierdo.

Pilastra número 6.—Los movimientos observados en esta pilastra son: hacia la Ribera, 0,170 el paño anterior y 0,140

el posterior, y hacia la fachada lateral derecha, 0,1475 el paño derecha y 0,2225 el izquierda.

Pilastra número 7.—Se desploma hacia la plaza del Pilar, 0,060 el paño anterior y 0,070 el posterior, y hacia la fachada lateral izquierda, 0,115 el paño derecha y 0,035 el izquierda.

Pilastra número 8.—Esta pilastra se desploma solamente hacia la Ribera, 0,130 el paño anterior y 0,070 el posterior. El paño derecha tiene un talud de 0,150.

Las pilastras 5, 6, 7 y 8 tienen un desplome mayor en los paños interiores que los exteriores, siendo esto debido a que fueron ya construídas con un ligero talud.

Pilastra número 9.—Se desploman únicamente hacia la plaza del Pilar, 0,045 los dos paños.

Pilastra número 10.—Se desploma hacia la Ribera, 0,040 el paño posterior y 0,055 el anterior, y hacia la fachada lateral izquierda, 0,020 los dos paños.

Pilastra número 11.—Se inclina hacia la plaza del Pilar, 0,060 los paños anterior y posterior, y hacia la fachada lateral izquierda, 0,120 el paño derecha y 0,080 el izquierda.

Pilastra número 12.—Se acusa el desplome hacia la Ribera, 0,050 el paño anterior y 0,060 el posterior, y hacia la fachada lateral izquierda, 0,070 el paño derecha y 0,050 el izquierda.

Aplomos de los muros interiores

Se han determinado los aplomos de estos muros después de haber picado unas cajas en la decoración, dejando a la vista los paramentos de ladrillo.

Las diferencias encontradas son de 1 o 2 cm., así que, por su insignificancia, se pueden considerar como defectos de su construcción.

Aplomos de las cúpulas

Se han determinado los aplomos de las cúpulas, tirando las plomadas desde el centro de los cupulines y tomando las

diferencias con el centro sacado en el suelo por los zócalos.

Cúpula central.—Se desploma el centro de la cúpula, 0,133 hacia la ribera y 0,143 hacia la fachada lateral derecha, o sea en dirección hacia la pilastra número 6, llamada del Evangelio.

Exteriormente la cúpula central aparece también desplomada. Hicimos la comprobación a la altura de las columnas del tambor, y en 4,40 m. de altura nos dió las diferencias anotadas, que nos da un desplome de 55 a 70 mm. en las columnas sobre el pilar del Evangelio y de 0 a 15 mm. en el extremo opuesto.

De uno a otro los desplomes avanzan sensiblemente, aunque una lectura acusa pequeño retroceso. Con esta comprobación y los resultados del aplomo del cupulín, queda demostrado que la cúpula central gira sobre la diagonal del crucero que va de O. a S.

Cúpula de la Virgen.—Se desploma 0,089 hacia la cúpula central y 0,022 hacia la Ribera.

Cúpula del Coro.—Se desploma hacia la fachada lateral izquierda 0,198 y hacia la plaza del Pilar 0,018.

Aplomos de los cupulines

Se han determinado los aplomos de los cupulines, tirando la plomada desde los centros de éstos y tomando las diferencias a los centros sacados por los zócalos.

Cupulín A.—Se desploma hacia la pilastra número 1 0,013 y hacia la Ribera 0,050.

Cupulín B.—Está completamente a peso.

Cupulín C.—Se desploma hacia la pilastra número 3 0,067 y hacia la Ribera 0,143.

Cupulín D.—Se desploma del centro sacado en los zócalos por diagonales hacia la pilastra número 4 0,195 y hacia el machón 4 bis 0,111.

Cupulín E.—Se desploma hacia la fachada lateral izquierda 0,078 y hacia la Ribera 0,013.

Cúpulin F.—Se desploma hacia la fachada lateral izquierda 0,080 y hacia la Ribera 0,127.

Cúpulin G.—Solamente hacia la fachada lateral izquierda 0,053.

Cúpulin H.—Se desploma hacia la fachada lateral izquierda 0,057 y hacia la Ribera 0,070.

Flechas del trasdos de los arcos que soportan las cúpulas de la Virgen y coro

Se han determinado colocando cordeles, uniendo las pilastras y tomando las diferencias.

Cúpula de la Virgen.—Flecha del trasdos del arco que va de la pilastra I a la 2, 0,045 m.

Idem ídem que va de la pilastra 1 a la 3, 0,020 m.

Idem ídem ídem ídem 3 a la 4, 0,000 m.

Idem ídem ídem ídem 4 a la 2, 0,000 m.

Cúpula del Coro.—Flecha del trasdos del arco que va de la pilastra 9 a la 10, 0,088 m.

Idem ídem que va de la pilastra 9 a la 11, 0,105 m.

Idem ídem ídem ídem 11 a la 12, 0,248 m.

Idem ídem ídem ídem 12 a la 10, 0,028 m.

VIII

CONSECUENCIAS

No quedaría completo este trabajo si de él no dedujera consecuencias y conclusiones, derivadas del resultado de las observaciones, estudios y reconocimientos que están anotados en las páginas anteriores, y que sería muy fatigoso tener que leer y repasar para poder obtenerlos.

Al final de este capítulo expongo las, a mi juicio, principales causas que han determinado la ruína del edificio, y de estas consecuencias y causas fundamento mi informe, que es el *resumen* de este trabajo.

Las principales consecuencias son las siguientes:

Desde la colocación de la primera piedra a la consagración del Templo pasaron 200 años. Podemos calificar de muy lenta la marcha de las obras.

La construcción se hizo con mucha fe, pero con proyectos deficientes, en los que se introdujeron variaciones fundamentales y con gran escasez de medios materiales. Las fábricas son muy pobres.

Las pilastras del crucero adyacentes al altar mayor tienen un cimiento hecho en dos veces por lo menos, porque en el primitivo proyecto eran sencillas y para reforzarlas añadieron un nuevo cimiento para conseguir mayor planta.

El Templo se replanteó y se fundó en parte sobre los terraplenes de las márgenes del río Ebro. La historia de las obras nos dice que hubo que agotar y fundar sobre pilotes parte del muro de la ribera

El Pilar se proyectó para cubrirlo con naves de medio cañón y de arista y en el crucero una cúpula de proporciones más modestas que la actual. Al no hacerlo así el proyecto fué variado fundamentalmente; se derribó parte de lo construído y se levantaron cúpulas no previstas sobre arcos débiles, modificándose las condiciones de estabilidad del conjunto.

Durante la construcción del Templo y después de variar las disposiciones de las bóvedas, hubo movimientos o ruínas importantes que afectaron a la Sacristía mayor, Coro mayor, tres naves del pie del Templo y puerta alta del río, y todas ellas necesitaron reparaciones o reconstrucciones de sus elementos esenciales.

Las plantas del Templo reflejan las vacilaciones y dudas de sus constructores y los movimientos acusados en él.

Las pilastras más desviadas son las 11 y 12, que sostienen el arco del Coro mayor.

Los tejados del Templo están sostenidos parte sobre tijeras y parte sobre arcos de ladrillo. Los dos sistemas tienen un peso enorme y los elementos sustentantes transmiten las cargas en puntos en que forzosamente ejercen una acción perturbadora que ayuda a comprometer la estabilidad del edificio.

Los arcos de las naves laterales tienen una deformación de plantilla extraña con su eje de simetría aproximado a fachada y que se aprecia a simple vista. No hay duda que fueron construídos así, para contrarrestar el empuje de los arcos de la nave central en su arranque.

Las naves del Templo tienen poca diferencia de altura. Por esta razón el empuje de la nave principal no puede ser contrarrestado por las naves laterales. Este defecto de proyecto ha causado graves perjuicios en la estabilidad del Templo.

Los arcos sobre los que cargan las cúpulas del Coro y Santa Capilla están abiertos en sus arranques y las pilastras se han separado según las diagonales del rectángulo de su planta.

En el arco 11-12 la vertical desde la clave está 14 centímetros más adentro que su diámetro.

En los planos del Templo se marcan cadenas que unen las pilastras entre sí y con los muros del perímetro. Al hacer reconocimientos he comprobado que no existen en todas las partes señaladas en el plano.

Los coeficientes de resistencia de los arcos que soportan la

cúpula central son más elevados que los admisibles para las fábricas de que están contruidos.

Las curvas de presiones trazadas según nuestras hipótesis están situadas en su tercio medio.

En los arcos laterales los coeficientes son más elevados que en los torales y la curva de presiones sale del tercio medio.

Los arcos carpaneles que sostienen las cúpulas elípticas de la Santa Capilla y Coro son los que trabajan en peores condiciones.

La base del tambor de la cúpula de la Santa Capilla está atirantada y referido el peso de aquélla a las pilastras por medio de arbotantes. Nada se ha hecho en la cúpula del Coro mayor.

Según nuestras hipótesis, las resultantes del sistema, con ligeras diferencias, pasan por el tercio medio en pilastras y contrafuertes.

El atirantado practicado por los señores Font y Domech, ha sido eficaz.

Los arcos torales están reforzados por el intrados con fuertes barras de hierro recubiertas por la decoración.

Seguramente estos arcos estaban agrietados y fueron reparados al hacerse el refuerzo de la cúpula, ocultando entonces sus grietas.

El suelo sobre el que está fundado el Templo del Pilar no puede soportar sin comprimirse la enorme carga que le transmite la cimentación del edificio, y por lo tanto en los puntos de carga el terreno cede y en aquellos en que no hay carga el terreno se levanta. Esta observación puede apreciarse recorriendo las naves del Templo.

La permeabilidad del terreno permite pasar fácilmente el agua del río Ebro a través de los cimientos, notándose la mayor altura de agua en las crecidas.

Las pilastras que he reconocido, son de ladrillo sentado con yeso, constituyendo una buena fábrica de gran resistencia. Sus cimentaciones aparecen con zarpa situada unos centímetros bajo el pavimento del Templo. Esta cimentación es de mortero de cal, que fácilmente se deshace con el pico.

Al llegar al terreno esta cimentación no tiene zarpa suficiente para transmitirle su carga en buenas condiciones.

En algunas pilastras las cimentaciones están formadas por fábricas mixtas y otras montadas sobre antiguos muros de contención.

Las fachadas tienen todas ellas grietas verticales, que no son peligrosas, pero que demuestran desigualdad de asientos entre la parte que corresponde a contrarrestos de mejor cimentación, y la del muro sin ellas de cimiento más apurado.

El edificio está todo él agrietado en forma alarmante. Desde cimientos, pilastras del crucero, todos los arcos del Templo, casi todas las bóvedas y muchos cupulines, las cúpulas de la capilla y coro, arcos de contrarresto y cubierta y hasta la torre nueva en su unión con el edificio presentan grietas de una importancia grande, en las que los testigos aprecian movimientos muy rápidos.

Son dignas de tenerse muy en cuenta las anotadas en *planta baja*, en las pilastras 5, 6, 7 y 8; en *planta de bóvedas*, alrededor de las cúpulas del Coro y Capilla. La grieta que atraviesa el Templo de O. a E., sobre todo en el trayecto a través de la Santa Capilla hasta el retiro alto y la grieta entre la torre nueva y el Templo.

En planta de cubiertas se notan los mayores movimientos en las cupulinas de la plaza adyacentes a la Santa Capilla.

Las grietas de más rápido movimiento son:

- 1.º Las que corresponden al arco que soporta la cubierta de la bóveda R.
- 2.º Las que corresponden a la bóveda M.
- 3.º Las de las claves de los arcos 11 y 12, 9 y 10.
- 4.º Las del cupulín A. arriba y cupulín B. arriba y en el arco que lo une a la cúpula de la Virgen (pañó I).
- 5.º Las del cupulín C. arriba.
- 6.º La de la torre nueva.
- 7.º La de la bóveda de plato J.

En planta baja sólo tenemos grietas en las pilastras del crucero, que nos advierten resistencia insuficiente en ellas y en sus cimientos.

En planta de cubiertas las grietas están rodeando las cú-

pulas del Coro y Santa Capilla, indicando que los puntos débiles corresponden en esta planta a los elementos que se relacionan con estas cúpulas, y sobre la planta de cubiertas los movimientos más señalados corresponden a los cupulines que flanquean la de la Santa Capilla.

Según los datos de nivelación, las pilastras del Templo descienden la cantidad imperceptible de 15 a 20 mm. en el plazo de quince años, y aunque no se puede determinar con exactitud, puede asegurarse que han bajado 26 cm. la del Evangelio, 13 cm. la de la Virgen y 15 cm. la de Convertidos.

Medido el arco del crucero sobre el altar mayor, apreciamos un descenso de 15 cm. en la clave.

Las dos boquillas del arco lateral tienen descensos de 22 cm. y 32 cm., y la sección nos acusa una diferencia de 0,14 m.

El trasdos de los arcos que sostienen la cúpula del Coro mayor aparecen reformados en profundos badenes, cuya flecha mide desde 28 a 248 mm. El trasdos de los arcos sobre la Santa Capilla, desde 20 a 45 mm., habiendo dos arcos de trasdos horizontal.

Todas las pilastras y muros del Templo se han clavado en el terreno; esta observación es fácil hacerla a simple vista, pues en las naves se nota que el pavimento aparece más elevado en el centro que en los lados al pie de pilastras y muros.

Las irregularidades notadas en la planta nos impiden tomar como exactos los datos de aplomos del Templo.

Sin embargo, es lógico el desplazamiento de la cúpula central girando alrededor de una diagonal de la pilastra 5 a la 8, desplazamiento confirmado por los aplomos tomados en el exterior de la cúpula.

También es lógico el desplome anotado en la cúpula del Coro mayor, hacia el arco 11-12 y hacia la plaza, como consecuencia de las depresiones mayores notadas en los arcos correspondientes a esta dirección.

El desplome de la cúpula de la Virgen también tiene, a mi juicio, explicación lógica, al ser en dirección al pilar del Evangelio.

En los aplomos de los cupulines no se encuentra una ley que justifique sus movimientos.

Por tanto, las causas de ruina de este edificio son, a mi juicio, las siguientes:

Proyecto defectuoso.

Construcción pobre.

Suelo deficiente.

Proximidad al río.

Cimentación insuficiente.

Cargas excesivas en las pilastras del crucero.

Arcos débiles en las cúpulas del Coro y Santa Capilla.

Empujes mal contrarrestados.

Cubierta mal entendida.

Torres mal cimentadas.

No habiendo encontrado ningún elemento que haya resistido las causas de ruina sin alterar su posición; la torre baja que hemos visto hacer nueva, se separa rápidamente del edificio, y la torre alta está también muy desplomada hacia fuera, sin que se note grieta en su unión con el Templo.

IX

RESUMEN

Por lo expuesto queda demostrado que nos encontramos ante un gravísimo problema.

El Templo del Pilar está mal proyectado y mal construído. Sus fábricas pobres no tienen cimentación adecuada, y sus arcos y bóvedas carecen de suficiente resistencia y proporcionados contrarrestos.

El origen de sus males puede estar en las bóvedas mal contrarrestadas, con reflejo en los cimientos o al contrario; lo cierto es, que en esta construcción hay un problema de cimentación y un problema en su estructura, estando gravemente comprometida la estabilidad del edificio, en cimientos, en apoyos, en arcos, en bóvedas, en cúpulas y en cubiertas, y la verdadera dificultad estriba en que no tenemos un punto fijo e inmovible en que apoyarnos, pues toda construcción dentro del perímetro del Templo, necesita ser reparada con el mayor cuidado y todos sus elementos consolidados, rehechos, atirantados y regenerados desde los cimientos a la cubierta, procediendo como si se tratase de un edificio de nueva planta, venciendo las innumerables dificultades que han de presentarse con estudio, con tiempo y con dinero.

Antes veíamos sus numerosas y enormes grietas, sus pilares desplomados y sus cúpulas desplazadas, con la esperanza de que sus movimientos lentos podrían ser contenidos; pero ahora que el micrómetro nos señala avances apreciables en un corto plazo, que se rompen los testigos a los pocos días de encarcelados y que las plomadas acusan los lógicos desplazamientos de las cúpulas, nos vemos obligados a dar la voz de alarma y a considerar el edificio en ruína inminente y progresiva que es preciso contener en seguida.

Expongo, además de la gravedad del problema, las circunstancias especiales que rodean el caso del Pilar, Templo

visitadísimo a todas horas por multitud de devotos que van conociendo poco a poco el estado de ruína del Templo, y todos sienten una honda preocupación, pues para los aragoneses, para todos los españoles y hasta para los hispanoamericanos, la Santísima Virgen del Pilar lo es todo, y sólo Dios sabe con qué dolor nos resignaríamos a trasladar su bendita imagen a lugar distinto del que ocupa, que fué el que pisó cuando vino en carne mortal a Zaragoza.

Por esta consideración fundamental, es preciso consolidar definitivamente el Templo, y es necesario también realizar las obras sin interrumpir el culto de la Santísima Virgen.

La consolidación está iniciada atirantando provisionalmente los arcos de la Santa Capilla y del Coro, apeando los más peligrosos y los que cargan sobre la pilastra del Evangelio; en esta operación nos encontramos actualmente, para una vez terminada, empezar la obra magna de la consolidación del edificio.

En el plan general propongo las obras necesarias para anular todas las causas de ruina citadas anteriormente. Proyecto inyecciones de cemento y de mortero de cemento para la consolidación del suelo; proyecto también estas mismas inyecciones y quizá de arcilla, para formar un recinto impermeable que aisle el edificio de la acción perjudicial de las aguas subalveas y de las del río Ebro.

Los refuerzos que han de quedar enterrados, los dispongo de hormigón armado, y de hierro, todos aquellos que deben quedar sobre la rasante del pavimento.

Las obras deben empezar por la construcción de cadenas que unan entre sí los arranques de pilastras y contrafuertes; después, por secciones parciales, habrá que aumentar la base de sustentación de las pilastras, reforzando las cimentaciones y disponiendo esta obra en tal forma, que podamos inyectar el suelo formado por las gravas sueltas del río.

Las pilastras se revestirán todas ellas con armaduras de hierro. En el Coro y Santa Capilla estas armaduras forman sistema rígido, con fuertes vigas colocadas entre bóvedas y el tejado. Estas vigas ayudaran a sostener las cúpulas y de ellas, anulando los empujes, pretenderemos colgar los arcos,

que principalmente los carponeles están completamente destruidos.

En el crucero propongo construir, por medios modernos, que no deben quitar gran visibilidad a las naves laterales, la solución del ingeniero Gorosabel, que consistía en macizar los ocho arcos pequeños que cargan en las cuatro pilastras centrales.

Con esta solución conseguiríamos una gran rigidez en el arranque de arcos torales, que considero indispensable, y en atención a ello, habrá que dispensar el efecto de los arcos y entablamentos que cortarían las naves laterales sin estrechar apenas el paso.

La consolidación termina con la reconstrucción de la cubierta y atado de la torre al núcleo del edificio.

Ciertamente que para consolidar el Templo hará falta una cantidad respetable, pero en la época en que vivimos, en que se han gastado sumas enormes para atender intereses materiales, no ha de faltar dinero para consolidar el Templo que cobija un valor espiritual tan grande como el Pilar, y antes que constriestarnos por los resultados de nuestros reconocimientos en las fábricas del edificio, debemos pensar que quizá sea un favor especial de la Providencia que proporciona a la actual generación la dicha de reconstruir la casa de la Santísima Virgen del Pilar, librando a nuestros descendientes de la preocupación que han conocido tantas generaciones.



Por vuestra bondad, ya que no por merecimientos, voy a alcanzar el honor de pertenecer a la Academia de Ciencias Exactas- Físico-Químicas y Naturales de Zaragoza, en un momento de verdadero relieve, pues su nombre va unido a los actos de preparación de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro, entidad que ha de ser la base de la riqueza y prosperidad de la cuenca.

Nunca agradeceremos bastante a sus beneméritos gestores el bien que han de reportarnos a todos, directa o indirectamente; yo quiero recordar aquí las palabras del discurso de mi respetado amigo D. Mariano Baselga el 28 de Abril del año pasado, en que decía que “había que laborar por el desarrollo de las geniales ideas de D. Manuel Lorenzo Pardo para la prosperidad material de la zona del Ebro, pero que había que velar por la prosperidad moral del país...”

En el centro de la zona se levanta el Templo del Pilar.

Yo no voy a deciros lo que la Santísima Virgen significa para los aragoneses, porque esto no es para dicho, sino para sentido.

El Ebro y el Pilar siempre van juntos; no se puede hablar de ellos sin unir su recuerdo; la musa popular así los cita siempre.

El Ebro y el Pilar son siempre los mejores testigos de las jornadas tristes y de las fechas gloriosas de Zaragoza.

El Pilar tomó terreno del Ebro y el río es quizá una de las causas de su ruína; que en el mundo, el exceso de afecto puede causar y causa graves perjuicios.

¡Señor Presidente de la Academia de Ciencias!

La Virgen del Pilar ha querido que, para bien de Aragón, al dirigirme a V. E. lo haga también al señor Delegado Regio de la Confederación Sindical Hidrográfica del Ebro.

Por mi modesto trabajo os podéis dar cuenta de la importancia y gravedad que tienen los movimientos iniciados en las fábricas del Templo del Pilar.

Yo, que todavía no soy académico, empiezo pidiendo vuestra ayuda, para que la Academia y la Confederación nos apoyen con su ciencia, con su autoridad, con su influencia y con su entusiasmo.

Yo creo que así, Academia y Confederación, velarán por la prosperidad moral y espiritual del país, como recomendaba el señor Baselga.

Que todos juntos consigamos que deje de ser un problema agobiante para Aragón el de las obras del Pilar. Yo estoy seguro que será un alto honor para la Academia y para la Confederación unir su nombre a esta labor redentora. Sé

también que no me negaréis el apoyo que os pido y que iréis a la cabeza de todos, con la actividad y energía que tenéis acreditadas.

Todo sea para mayor honor y gloria de la Santísima Virgen, a quien debo cuanto he logrado en mi vida. Ella os lo pagará largamente.

HE DICHO.

Contestación del Académico Ilmo. Sr. D. Miguel Mantecón, al discurso del Sr. Ríos

De gala se viste siempre la Academia al recibir en su seno un nuevo miembro, y hoy debe hacerlo con mayor motivo por convivir en el Académico electo, no sólo el hombre de ciencia, sino el artista: que ciencia y arte se enlazan estrechamente en el Arquitecto. Lástima grande que quien os lo presenta, enfrentado de ordinario con vulgares problemas del vivir cotidiano, ni pueda alardear de científico, ni mucho menos posea ese destello con que Dios se dignó aureolar al Artista; pero soldado disciplinado, obedezco al mandato de la Presidencia, que dispuso—con error que disculpa su cariño y bondad—fuese yo quien en ocasión tan solemne ocupase esta tribuna. A vuestra cortesía y afecto me entrego, seguro de que sabréis disculpar las deficiencias que encontréis y mi falta de aptitud, que ha de resaltar tanto más cuanto mayor es la que al nuevo académico reconocemos y ha demostrado en su brillante y fundamentado discurso.

A éste, a D. Teodoro Ríos, lo conocemos todos por su labor, por su trabajo, por sus aciertos. Es costumbre, en ocasiones como ésta, relatar los méritos del beneficiario; y aunque en el presente caso sería innecesario, por ser uno de los nuestros que ha actuado intensamente en nuestra ciudad y en la región, me ajustaré a los cánones en vigor y os diré: que estudió brillantemente el bachillerato en el antiguo Colegio Politécnico de esta ciudad, pasando luego a la Facultad de Ciencias para hacer la preparación físico-matemática que se requería para la Escuela Superior de Arquitectura, en la que cursó los años subsiguientes hasta obtener el pre-

ciado título con óptimas calificaciones. Sus entusiasmos llevaronle a opositar una cátedra de la Escuela Industrial, que una vez lograda renunció, siendo nombrado poco después Arquitecto provincial por la Excma. Diputación de Zaragoza, en cuyo cargo realizó estimables y útiles construcciones, como la ampliación del Hospital, la reforma del Palacio provincial, las Escuelas de Sádaba, el Matadero de la villa de Uncastillo, las conducciones de agua a Zuera, Cetina, Sos, etc, y otros trabajos, como el levantamiento del plano de diversas poblaciones.

La Real Academia de Bellas Artes de San Luis le nombra luego Académico de número, y reconociendo la Administración pública sus indiscutibles merecimientos, le confiere el cargo de Arquitecto al servicio del Ministerio de Instrucción pública y Bellas Artes. Como tal, realiza obras de conservación y restauración tan interesantes como las de la Catedral de Tudela y de la Iglesia de Santa María la Real de Sangüesa, monumentos bellísimos cuya restauración implicaba dificultades proporcionadas a su belleza e interés, que sólo se vencen poseyendo un tacto, un conocimiento y un sentido artístico muy fino y depurado.

Con igual carácter le fué encomendado el arduo y difícil problema de la consolidación del crucero de nuestra Santa Basílica, y sin dejar de prestar atención intensa a tan varios asuntos, aún pudo dedicar sus actividades sobradas a proyectar y dirigir obras de índole particular, tanto en la ciudad—casas de Castellano, Auría, Monserrat, López (D. Luis), Residencia de Estudiantes y Colegios del Sagrado Corazón, Escolapios, Teresianas, etc.—como en otras poblaciones—Instituto de Salamanca, en colaboración con el Sr. Borobio; Residencia de Estudiantes en Jaca, Colegio de San Vicente en Sangüesa y muchos más que omito por no cansar vuestra atención.

Pero ¿a qué historiar merecimientos pasados? Para enjuiciar basta el interesantísimo y minucioso trabajo del que os dió lectura, digno del mayor encomio y de la obra a que se refiere, de nuestro Pilar. En él pide la cooperación de la Academia a tan grande obra. Cooperemos, pues, desde este

instante analizando y estudiando los diversos trabajos que para la reparación de nuestro Santo Templo se hicieron, comenzando por el que acaba de presentárenos.

Titúlase, como habéis visto, "Estudio de la estabilidad del Santo Templo Metropolitano de Ntra. Sra. del Pilar.— Datos para conocer el problema de su consolidación", y ciertamente los contiene en cantidad y valía extraordinaria, pues de todos ellos, históricos, de nivelación y desplomes, de deformaciones en planta y alzado, de cálculos de estabilidad y determinación de coeficientes de trabajo, de reconocimiento, de cimientos y de comparación con obras similares, cual es la de la Catedral de San Pablo de Londres, pueden inferirse deducciones provechosas.

De los históricos derivanse algunas interesantísimas para dilucidar la estabilidad de las construcciones del Templo. Comenzadas las obras en el siglo XVII, en el año 1675, llegan hasta nuestros días sin terminar, siendo de la mayor importancia anotar las diversas concepciones que en su ejecución y proyecto presidieron. Fué la primera la de Juan de Marca, modificada cuatro años después por la traza de Felipe Sánchez, variadas substancialmente a los tres años por el proyecto de Francisco Herrera y últimamente rectificadas a mediados del siglo XVIII por Ventura Rodríguez. La primitiva concepción de la Iglesia, constituida por bóvedas en cañón y una cúpula de escasa importancia, se convierte al correr de los años en el Templo actual, con sus ocho cupulines, sus dos bóvedas elípticas y su gran cúpula central. No pudieron, por tanto, fijarse para los primeros elementos de la construcción ejecutados al comienzo, las dimensiones y proporciones que habrían de requerir las nuevas y grandiosas disposiciones posteriores. Pruébanlo cumplidamente las pilastras del crucero central ejecutadas—según hace constar el Sr. Ríos— con las reducidas dimensiones de las restantes pilastras del edificio, que con posterioridad tienen que reforzarse aumentando su sección en los cimientos y en el alzado.

Verosíblemente lo propio ocurriría en otras partes del Templo, y de ahí que no nos causen sorpresa los importantes hundimientos acaecidos el año 1743 en la Sacristía Mayor.

ni los síntomas de ruína de la bóveda y arco del Coro Mayor, ni los quebrantos de muchos arcos y bóvedas del resto, acerca de los cuales informara en 1796 el Arquitecto Agustín Sanz, ni que en 1803 se tratase de la reedificación de las tres bóvedas del pie del Templo, reparadas el año 17 del pasado siglo. Tal vez entonces se rectificaron dimensiones y disposiciones antiguas, inadecuadas a la estructura del edificio, y quizá por ello las reparaciones en aquel tiempo efectuadas consolidasen de modo permanente esas partes de la Basílica que no muestran en lo sucesivo señales de deterioro.

Hasta el año 1872, en que se terminan las obras de la cúpula central, no se dice que se perciban señales de ruína en el crucero; es al tiempo del descimbramiento de aquélla cuando *se oye tremendo chasquido*, y es al siguiente día cuando se advierten grandes grietas horizontales en la cúpula pintada por Goya. Surgen después nuevas grietas y dislocaciones en las fábricas, y deformaciones en arcos y pilastras, y giro de la cúpula—sin que se deforme ni rompa—hacia la pilastra del Evangelio. Y es entonces cuando se sienten las mayores angustias y zozobras y cuando realmente comienza la honda preocupación acerca de la estabilidad de nuestro Templo. Era durante el pontificado de aquel Cardenal eximio, bondadoso y santo que los viejos conocimos, respetamos y quisimos, que se llamó Fray Manuel García Gil, quien en 1883 se apresuró a convocar a la Comisión facultativa de las obras del Pilar, integrada por personalidades tan relevantes y prestigiosas como el General Alameda, como los Ingenieros D. Mariano Royo, León y Mesonero, Gorosabel y Alicante, y como los Arquitectos Lidón y Yarza (D. Fernando), quienes opinaron: “Que los movimientos iniciados en el crucero principal del Templo no eran debidos a asentos de fundación de los apoyos, ni al aplastamiento de su masa de fábrica, sino que reconocían por causa esencial los empujes de los arcos torales no contrarrestados suficientemente por las naves laterales, sobre todo en sentido transversal a la longitud del Templo, ni por los contrafuertes exteriores”. Entendieron que el remedio estaba en contrarrestar tales empujes, bien reforzando la estabilidad de los contrafuertes exteriores, o

bien atirantando en su arranque los arcos torales, complementando esto con el encinchado de la cabeza del pilar más resentido. Fué esta última la solución adoptada por la mayoría, con el voto en contra del Sr. Gorosabel, partidario de la primera, quien proponía contrarrestar los empujes en el sentido transversal con arcos en las naves laterales más bajos que los existentes y rellenando de fábrica el espacio comprendido entre los antiguos y los nuevos, cuya luz pudiera reducirse para así aumentar la deficiente sección de los pilares. El contrarresto en sentido longitudinal se haría cerrando lateralmente la nave del Santo Cristo, y con arcos entre los pilares y el Coro Mayor.

Ejecutado en 1884 el atirantado de los arcos torales propuesto por el Arquitecto Sr. Font, aparecieron posteriormente nuevas grietas en los machones. Se pide en 1901 nuevo informe a los señores Doménech y Font, y éstos lo emiten haciendo notar que las quiebras tapadas el año 85 han vuelto a abrirse; que las grietas aparecen verticales en los pilares, como si éstos tendiesen a abrirse en cuatro partes, y que se han acentuado los desplomes, advirtiéndolo que son las aristas más separadas de la cúpula las que sufren una mayor deformación; y aunque consideran excesiva la carga de 14,16 kilogramos por centímetro cuadrado que soportan las fábricas de los pilares, no achacan la ruína a defectos de cimentación.

Dan su opinión en periódicos y en informaciones varias Ingenieros como Mendizábal (D. Carlos) y Arquitectos como Guereta y Navarro (D. Félix), y se llega al año 1905, en el que interviene la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, marcando las normas a seguir. Proponía esta Real Asociación que se practicasen nivelaciones de precisión en los zócalos de las pilastras para determinar descensos y asientos en las fundaciones, y pozos de reconocimiento para apreciar la clase, estado y dimensiones de las fábricas y las condiciones del subsuelo para conocer las de resistencia de éste. Encomendóse este trabajo a D. Ricardo Magdalena, quien, realizado, opinó que los pilares y sus cimientos tenían insuficiente sección para soportar las cargas a que estaban sometidos, las cuales resultaban excesivas para el terreno en que

se sustentaban y hacía constar que los síntomas de ruína seguían acentuándose lenta, pero ostensiblemente.

Tal informe determinó a la Real Academia a considerar absurdo constructivo y económico la reconstrucción de los pilares, y la decidió a proponer la demolición y reconstrucción de la cúpula, reduciendo su peso, previa la consolidación de los pilares y de sus cimientos, encomendándose a D. Ramón Salas la redacción del proyecto, y encargando al Académico Sr. Repullés efectuase una inspección para aconsejar el momento en que debieran emprenderse las obras. El examen detenido del edificio al tiempo de efectuar la inspección, hizo al Sr. Repullés—que había suscripto el informe de la Real Academia—cambiar de parecer, y le decidió a dictaminar en el sentido de que debía intentarse un último esfuerzo para evitar la demolición de la cúpula, obra ésta que conceptuaba arriesgada, llena de dificultades y que pudiera ser causa de graves daños, y que debía antes, decía, *intentarse todo*.

Y en este orden de ideas vuelven los señores Salas y Repullés a informar nuevamente en 1912, manifestando que continúa lentamente el movimiento de descomposición de la parte central, señalando como causas de la ruína la insuficiencia de cimentación y la deficiencia de contrarrestos laterales, sentando la afirmación de que combatidas tales causas, quedaría consolidado el Pilar, y proponiendo aumentar la base de sustentación de los pilares, consolidarlos previo un fuerte apuntalamiento y contrarrestar los empujes ejecutando en cada una de las fachadas anterior y posterior un pórtico, los que al propio tiempo contribuirían al ornato del Templo.

He querido añadir a los datos históricos estas incidencias, estos pareceres, a veces tan dispares, para que se aprecie toda la dificultad del problema, pues no son los de solución simple y trivial los que motivan controversias ni dan lugar a que técnicos que unen a un gran bagaje científico una larga experiencia cambién de criterio. Todos ellos podrán ser elementos para enjuiciar, en unión de los restantes, que examinaré brevemente para no causaros fatiga excesiva.

Empezaré por las precisas nivelaciones y los desplomes anotados con exquisita escrupulosidad, que acusan asientos y

deformaciones muy interesantes, pero en las que se aprecian algunas anomalías no fáciles de explicar.

Por lo que a las nivelaciones se refiere, ya el Sr. Ríos juzga acertadamente discutibles las de los zócalos, y se fija más y da más valor a las de las cornisas, deduciéndose de estas últimas que en el transcurso de quince años han sufrido las pilastras del crucero asientos variables entre 15 y 20 milímetros; pero es de notar que los mayores asientos corresponden a las pilastras del lado del Ebro—la NO. y la NE. o del Evangelio—, con 16 y 21 mm., respectivamente, mientras el descenso de las otras dos es de 15 mm. Esto parece indicar un giro de la cúpula alrededor de la diagonal que une la pilastra del lado de la Epístola con su opuesta del lado del Coro Mayor. Sin embargo, ¿cómo se compaginan estos asientos casi iguales de las tres pilastras con las cotas deducidas para sus coronaciones, cotas que resultan casi iguales para las contiguas al Coro Mayor—de 216,992 y 216,997—, mientras que la del lado de la Epístola *sube* a 217,036 y la del Evangelio baja a 216,924, es decir, 114 mm. por bajo de la anterior? ¿Cómo se ha efectuado el giro alrededor de la diagonal antes indicada, conservándose un lado del cuadrado a nivel, mientras que en el opuesto un extremo se eleva 40 mm. sobre este mismo nivel, mientras el otro desciende 34 mm. del propio plano de comparación? Y si el movimiento fué, como debió ser, no tan simple como un giro, sino más complejo, ¿cómo no se rompió ni se produjeron grietas en la cúpula central? Tal vez tenga esto explicación en la anotación que hace el propio Sr. Ríos de que en las pilastras “las molduras están colocadas sobre piezas de madera e independientes de la construcción primera”, con lo que parece querer quitar un valor absoluto a las nivelaciones practicadas en tales cornisas. Por ello es sensible que para una mayor garantía no se hayan podido efectuar nivelaciones de los cimientos de dichas pilastras para seguir con certeza los asientos que sus bases sufrieran, pues los anotados en las cornisas—aparte su valor relativo—pueden ser la suma de los asientos de las bases y del aplastamiento de las fábricas.

En cuanto a los desplomes de las pilastras, se observa que

en todas las del Templo—con la sola excepción de las dos del Coro Mayor contiguas al crucero—el desplome es exterior a la cúpula, es decir, que, al parecer, las cabezas de los pilares, sufriendo los empujes que pudieran llamarse centrífugos de la cúpula central, se han desplazado hacia los muros testeros y los de fachada. De todos los desplomes corresponden las desviaciones máximas de 19 cm. a las dos pilastras del crucero del lado del Ebro, la del Evangelio y su homóloga y precisamente en las caras que miran al río, circunstancias dignas de anotarse; sigue en orden de importancia el desplome de la columna de la Epístola y la tiene mínima la del mismo lado próxima al Coro.

Y estos desplomes hacia los muros del Templo son concordantes con las deformaciones de los arcos torales de las naves laterales, que marcadamente se acusan aún a simple vista.

¿Y cómo extrañar estas deformaciones y desplomes y aplastamientos y los fenómenos de ruína observados en este Templo, en el que se dan tantas anomalías en su planta, con sus naves y capillas desiguales, con desigualdad no consciente y predeterminada, sino acusadora de errores de replanteo, con sus pilastras desviadas de los ejes y sus paramentos fuera de escuadra y con sus contrafuertes debilitados? ¿Y cómo no llegar al estado inquietante a que llegó esta construcción de asombrosa heterogeneidad en sus fábricas, de ese anárquico mosaico que se nos ha descrito al hablar de la cimentación de los pilares, cuya base de hormigón con mortero de cal sostiene una fábrica de mampostería de canto rodado con mortero también de cal, sobre la que insiste otra de ladrillo? ¡Si al menos estos pilares hubieran tenido en su origen la sección necesaria! Pero no, no la tenían, y al aperebirse de ello, después de ejecutados, se adiciona, se adosa, digámoslo así, a la fábrica antigua otra de mampostería de canto rodado. No es, pues, de extrañar el mal aspecto de las cimentaciones, ni sus grietas y oquedades; lo asombroso sería lo contrario.

Si a todo lo apuntado agregáis que esta construcción se asienta sobre un terreno de grava suelta y arena arcillosa a 7,70 metros por bajo del pavimento, que en las catas abiertas

en el pilar del Evangelio se encontró el agua del río a 8,80 metros, es decir, a 1,10 por bajo de la base de cimientos, y pensáis que en ocasiones estas aguas, al crecer el nivel en el cauce, habrán bañado tan defectuosas fábricas, encontraréis tristemente lógico lo que a nuestro Templo bendito ocurre.

Pero aún hay más; que quien pronto honrará a la Academia con su brillante cooperación, ha sido pródigo en aportar datos acerca de esta obra, y los que se infieren del estudio que hace de la estabilidad de bóvedas y pilares y de contrarrestos son tan interesantes como abrumadores. En tal estudio dedúcese presiones hasta de 129 kilogramos por centímetro cuadrado en los arcos pequeños de la Santa Capilla y de 214 kilogramos en los arcos grandes de la misma: y en la base de las pilastras centrales resultan presiones de 32,84 kilogramos: y en los cimientos de 25,83. Notad que ésta será la presión transmitida al terreno, para la que—se dice—sólo debiera admitirse la de tres kilogramos por centímetros cuadrado.

De este cúmulo de datos dedúcese desde luego que ni las condiciones del terreno en que se asienta la Basílica son ventajosas, ni es circunstancia favorable la proximidad del río, ni la variabilidad del nivel de sus aguas, que filtrándose a través de las gravas llegarán al cimiento.

Que la presión transmitida al terreno por las pilastras es excesiva, como lo son las cargas a que están sometidas las heterogéneas fábricas de tales apoyos.

Y que son hechos indudables el asiento, y asiento desigual de estos pilares, y su deficiente primitiva sección, y sus desplomes hacia el exterior de la cúpula y sus deformaciones seguidas o acompañadas de las de los arcos laterales de las naves laterales y contiguas que arrancan de tales pilastras, y el giro de la cúpula—sin romperse—hacia la pilastra del lado del Evangelio.

Todos unánimes aseveran, además, que los síntomas e indicios de ruína aumentan y progresan lenta, pero continuamente, como lo atestiguan en el transcurso de los años las grietas, desplomes, asientos, etc.

Pero ¿cuál o cuáles son las causas determinantes de ello? Al llegar a este punto, al formularme esta pregunta he pedido

anhelante, fervoroso, a nuestra excelsa Patrona, a nuestra Madre querida, un rayo de luz que iluminase mi mente para poder aportar algo, por insignificante que fuese, a la resolución de este problema de lograr la consolidación de la Santa Basílica, amor de nuestros amores aragoneses; pero le pedía sin duda un imposible, pues mi viejo y caduco intelecto, agotado y sobrecargado con múltiples problemas de otra índole, carece de la agilidad y finura de percepción necesarias para un atisbo de esta especie, y surgieron las dudas que dejaban indefinida la incógnita.

¿Dimana la ruína de la deficiencia en la cimentación exclusivamente? Los movimientos iniciados en el crucero, ¿fueron debidos esencialmente, como afirmaban en el año 1883 los eminentes miembros de la Comisión facultativa de las obras, a los empujes de los arcos torales, deficientemente contrarrestados por las naves laterales y los contrafuertes exteriores? ¿Acaso era motivada, como opinaba el Sr. Magdalena, por la insuficiente sección de los pilares que transmitían cargas excesivas al terreno? ¿Sería, tal vez, la causa determinante el excesivo peso de la cúpula, como parece inferirse del primitivo informe de la Real Academia de Bellas Artes de San Fernando, al proponer su demolición y la reconstrucción de otra más ligera, previa la consolidación de los pilares y de sus cimientos? ¿No estarían en lo cierto los Arquitectos señores Salas y Repullés al achacar la ruína, no sólo a deficiencias en la cimentación, sino a falta de contrarrestos laterales, opinión tan arraigada en ellos que les llevaba a la afirmación rotunda de que combatiendo tales causas quedaría consolidado nuestro Pilar?

El giro de la cúpula hacia el pilar del Evangelio, hacia los apoyos del lado del Ebro, cimentados sin duda en condiciones más desfavorables por su proximidad al río y los desplomes máximos de estos mismos pilares en sus caras confrontantes o más cercanas al cauce, inducen a achacar la ruína al asiento y a las deficiencias de cimentación de estos apoyos.

Pero de otra parte, si nos fijamos en que los pilares todos sufren desplomes exteriores a la cúpula; si recordamos que

hasta el momento del descimbramiento de la cúpula central y oírse, como se dice, tremendo chasquido, no se originaron las grietas en las naves laterales ni sintiéronse graves temores de ruína, y si tenemos presente que a partir de esta fecha se acentúan los desplomes, deformaciones y asientos, tendremos que meditar sobre la opinión de los Arquitectos señores Salas y Repullés, y probablemente la juzgaremos muy fundada y digna de ser tomada en consideración. Al descimbrarse la cúpula actuaron los esfuerzos y reacciones consiguientes, que, de estar contrarrestados, no hubieran dado lugar a grietas ni dislocaciones; pero al romperse el equilibrio actuó la fuerza predominante y se produjeron o se incrementaron las deformaciones de los arcos torales de las naves laterales. Cierto que en parte se aminoró el daño con el atirantamiento de aquellos arcos practicado por Font; pero ello no bastaba, porque ni los apoyos—las pilastras—tenían la sección ni la homogeneidad de sus fábricas que precisaban para soportar las presiones a que se veían sometidas—y de ahí los asientos y desplomes—ni el terreno podía sufrir las cargas que los pilares le transmitían.

Verosímilmente la causa de la ruína no es sino una función compleja, dependiente tanto de la deficiencia de la cimentación como de la falta de contrarrestos. De ahí que juzgue razonable y lógica la propuesta de dichos Arquitectos Salas y Repullés, de aumentar la base de sustentación de los pilares, para una conveniente repartición de cargas sobre el terreno; de consolidarlos después, previos los necesarios apuntalamientos, y de contrarrestar los empujes adecuada y eficientemente, ya con los pórticos exteriores que a uno y otro lado del Templo proyectaban, utilizándolos al propio tiempo para ornato de las fachadas anterior y posterior, ya con otra solución que pudiera creerse más conveniente y adecuada.

Y razonables y lógicas han de parecerme por tanto y oportunas las obras realizadas y las proyectadas por el señor Ríos, que vienen a ser la iniciación de este programa, puesto que los apeos de los arcos torales y de la bóveda del Santo Cristo, en ejecución, permitirán la consolidación y refuerzo de los pilares del crucero—previo su recalce y cimentación—,

hecho lo cual será dable, como dice muy bien en la memoria que poco ha aplaudimos, realizar las demás obras que garanticen la absoluta estabilidad del edificio.

He abusado de vuestra paciencia, y es lo más doloroso el no haber podido aportar ideas nuevas para la resolución del problema tan magistralmente planteado y desarrollado por el Sr. Ríos; culpa es de mi insignificancia, no de mi voluntad. Pero el problema, el asunto ha sido traído a la Academia, donde otros con mayor intuición e inteligencia y con bagaje científico y cultura considerables sabrán cooperar con especial acierto, y sus iniciativas serán recogidas y secundadas fervientemente y con el mayor entusiasmo por esta docta Corporación y por la Confederación del Ebro—si su concurso se requiriese—, con el entusiasmo y fervor que todos sentimos por nuestra sin par Virgen del Pilar, realizando cuantos esfuerzos, cuantos sacrificios de todo orden sean precisos para lograr la consolidación de este Templo bendito, en el que nuestros padres nos ofrendaron de niños a tan excelsa y querida Madre, al que acudieron y acudimos en nuestras tribulaciones y pesares para impetrar su auxilio y consuelo, y al que nuestros hijos acudirán también siempre, cuando ya no podamos disfrutar de sus caricias, para dedicarnos su filial y póstumo recuerdo con efusiva oración.