

Tesis de Posgrado

Algunas consideraciones sobre los coloides : contribución al estudio de una propiedad bioquímica de la plata coloidal Bredig

Gándara, Federico W.

1908

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Química de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Gándara, Federico W.. (1908). Algunas consideraciones sobre los coloides : contribución al estudio de una propiedad bioquímica de la plata coloidal Bredig. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0054_Gandara.pdf

Cita tipo Chicago:

Gándara, Federico W.. "Algunas consideraciones sobre los coloides : contribución al estudio de una propiedad bioquímica de la plata coloidal Bredig". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1908.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0054_Gandara.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

ALGUNAS CONSIDERACIONES
SOBRE LOS COLOIDES

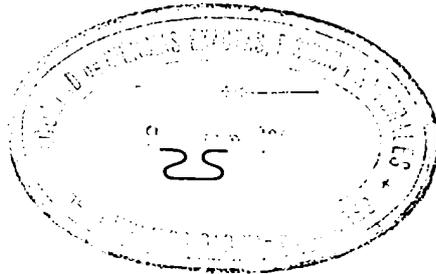
CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE UNA PROPIEDAD BIO-QUÍMICA
DE LA PLATA COLOIDAL BREDIG

TESIS

Presentada á la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
para optar al grado de Doctor en Química

POR EL EX-ALUMNO

FEDERICO W. GÁNDARA



BUENOS AIRES
IMPRESA DE JUAN A. ALSINA
1422 — CALLE DE MÉXICO — 1422
1908

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

DECANO.

Ingeniero Otto Krause.

VICE-DECANO.

Ingeniero Juan F. Sarhy.

CONSEJEROS.

Ingeniero Luis A. Huergo.

- › Eduardo Aguirre.
- › Otto Krause.
- › Juan F. Sarhy.
- › Emilio Palacio.
- › Julián Romero.
- › Luis J. Dellepiane.
- › Eduardo Latzina.
- › Agustín Mercau.

Doctor Carlos M. Morales.

- › Atanasio Quiroga.
- › Ildefonso P. Ramos Mejía.
- › Angel Gallardo.

Ingeniero Julio Labarthe.

- › Lorenzo Amespil.

DELEGADOS AL CONSEJO SUPERIOR UNIVERSITARIO.

Ingeniero Luis J. Dellepiane.

- › Agustín Mercau.

Doctor Carlos M. Morales.

Ing. Eduardo Aguirre.

SECRETARIO.

Ingeniero Pedro J. Coni.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE BUENOS AIRES

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS, FÍSICAS Y NATURALES

ACADÉMICOS HONORARIOS.

Ingeniero Guillermo White.

Ingeniero Francisco Lavalle.

ACADÉMICOS.

Ingeniero Santiago Brián.

Doctor Juan J. J. Kyle.

› Rafael Ruiz de los Llanos.

› Manuel B. Bahía.

Ingeniero Otto Krause.

› Juan F. Sarhy.

› Luis A. Huergo.

› Eduardo Aguirre.

› Emilio Palacio.

› Julián Romero.

Doctor Eduardo L. Holmberg.

› Carlos M. Morales.

› Atanasio Quiroga.

› Angel Gallardo.

› Ildefonso P. Ramos Mejía.

Profesores Titulares.

Ing. Juan de la C. Puig.....	<i>Complementos de Aritmética y Álgebra.</i>
» José S. Sarhy.....	<i>Compl. de Geometría y Trigonometría</i>
» Carlos Paquet.....	<i>Dibujo lineal y á mano levantada.</i>
» Carlos D. Duncan.....	<i>Álgebra superior y Geometría analítica.</i>
» Juan F. Sarhy.....	<i>Geometría proyectiva y descriptiva.</i>
» Juan Rospide.....	<i>Construcción de edificios.</i>
» Armando Romero.....	<i>Dibujo lav. de planos y Física general.</i>
» Juan Darquier.....	<i>Estática gráfica.</i>
» Lorenzo Amespil.....	<i>Geometría descriptiva aplicada.</i>
» Emilio Palacio.....	<i>Topografía, Cam. ord. y mat. de construc.</i>
» Emilio Candiani.....	<i>Cálculo de las const. y Puert. y Canales.</i>
» Julio Labarhe.....	<i>Resistencia de materiales.</i>
» Eduardo Aguirre.....	<i>Miner. y Geolog. y Tecnología del calor.</i>
» Horacio Pereyra.....	<i>Dibujo de Arquít. y Arquitect. (I. C.).</i>
» Vicente Castro.....	<i>Construcciones de mampostería.</i>
» Julian Romero.....	<i>Hidráulica.</i>
» Luis J. Dellepiane.....	<i>Geodesia.</i>
» Otto Krause.....	<i>Const. de máq.—Tecnol. mec. y Teoría de los mecanismos.</i>
» Agustín Mercáu.....	<i>Hidráulica agrícola é Hidrología.</i>
» Domingo Selva.....	<i>Construcciones de Arquitectura.</i>
» Mariano J. Cardoso.....	<i>Geom. descrip. y Perspectiva y Sombras.</i>
» Fernando Segovia.....	<i>Construcción de puentes y techos.</i>
» Alberto Schneidewind.....	<i>Ferrocarriles.</i>
» Eduardo Latzina.....	<i>Reguladores, turbinas y máq. agrícolas.</i>
» Eduardo M. Lanús.....	<i>Arquitectura 1^{er} curso.</i>
» Pablo Hary.....	<i>Arquít. 2.º curso y Teoría de la Arquítec.</i>
» Mauricio Durrieu.....	<i>Proyectos. Dirección de Obras. Legisl.</i>
» Jorge Duclout.....	<i>Teoría de la Elasticidad.</i>
Dr. Manuel B. Bahía.....	<i>Compl. de Física y Electrotecnia.</i>
» Ignacio Aztiria.....	<i>Complementos de Matemáticas.</i>
» Ildefonso P. Ramos Mejía...	<i>Cálculo infinitesimal 1.º y 2.º cursos.</i>
» Atanasio Quiroga.....	<i>Quim. anal. rel. á mat. de const. y Quím. anal. aplicada.</i>
» Carlos M. Morales.....	<i>Mecánica racional.</i>
» Eduardo L. Holmberg.....	<i>Botánica.</i>
» Angel Gallardo.....	<i>Zoología.</i>
» Enrique Herrero Ducloux....	<i>Química analítica especial.</i>
» Julio J. Gatti.....	<i>Química orgánica.</i>

Dr. Enrique Poussart.....	<i>Complemento de Química.</i>
Arq. Ricardo Martí.....	<i>Dibujo lineal y á mano levantada.</i>
» Alejandro Christophersen.....	<i>Arquitectura 4.º curso.</i>
» Eduardo Le Monnier.....	<i>Arquitectura 3.º curso.</i>
» Jacques Dunant.....	<i>Historia de la Arquitectura.</i>
Don José Carnignani.....	<i>Dibujo de ornato.</i>
» Ernesto de la Carcova.....	<i>Dibujo de figura.</i>
» Torcuato Tasso.....	<i>Modelado.</i>

Profesores Sustitutos.

Ing. Ricardo Silveyra.....	<i>Complementos de Aritmética y Algebra.</i>
» Antonio Babuglia.....	<i>Complementos de Aritmética y Algebra.</i>
» Armando Romero.....	<i>Complementos de Física.</i>
Ing. Juan V. Passalacqua.....	<i>Complementos de Geomet. y trigonomet.</i>
» Emilio Rebuelto.....	<i>Compl. de Geometría y Trigonometría.</i>
» Alfredo Oliveri.....	<i>Dibujo lineal y á mano levantada.</i>
» Juan Rospide.....	<i>Geometría proyectiva y descriptiva.</i>
» Octavio S. Pico.....	<i>Cálculo infinitesimal 1.º y 2.º cursos.</i>
» José A. Medina.....	<i>Cálculo inf. 1.º y 2.º c. y Física general.</i>
» Arturo Prins.....	<i>Historia de la Arquitectura.</i>
Ing. Alfredo J. Orfila.....	<i>Dib. lav. de planos y Cálc. de las const.</i>
» Carlos Wauters.....	<i>Construcciones de mampostería.</i>
» Salvador Velasco.....	<i>Constr. de mamp., Topog. y Geodesia.</i>
» Eugenio Sarrabayrouse.....	<i>Cam. ordinarios y mat. de construcción.</i>
» Luis Curutchet.....	<i>Cam. ordinarios y mat. de construcción.</i>
» Manuel A. Vila.....	<i>Mecánica racional.</i>
» Atanasio Iturbe.....	<i>Resistencia de materiales.</i>
» Pablo Nogués.....	<i>Tecnología del calor.</i>
» Tomás González Roura.....	<i>Hidráulica.</i>
» Evaristo V. Moreno.....	<i>Construc. de máq. y Teoría de los mecán.</i>
» Eduardo Volpatti.....	<i>Tecnología mecánica.</i>
» Mauricio Durrieu.....	<i>Const. de edificios.</i>
» Iberio San Román.....	<i>Estatica gráfica.</i>
» Enrique Hermitte.....	<i>Mineralogía y Geología.</i>
» Alberto Taiana.....	<i>Reguladores, turbinas, máq.</i>
» Pedro Torre Bertucci.....	<i>Tecnología mecánica.</i>
» Eduardo Latzina.....	<i>Const. de máq. y Teoría de la Elastic.</i>
» Guillermo E. Cock.....	<i>Electrotécnica.</i>
» Sebastián Ghigliazza.....	<i>Const. de máq. y Puertos y canales.</i>
» Agustín Mercáu.....	<i>Construcción de Puentes y techos.</i>
» Fernando Segovia.....	<i>Construcción de Puertos y canales.</i>
» Arturo M. Lugones.....	<i>Ferrocarriles.</i>
» Benito Mamberto.....	<i>Geom. descriptiva—Perspect. y sombras.</i>
» Alejandro Foster.....	<i>Hidráulica agrícola. Hidrología.</i>

- Dr. Alfredo Galtero..... *Construcciones de Arquitectura.*
- › Iclio Chiocci..... *Proyectos, Direc. de Obras, Legislación.*
 - › Ignacio Aztiria..... *Compl. de arit. y álgebra—Trigonometría y compl. de geometría y Alg. sup. y Geom. analítica.*
- › Francisco P. Lavalle..... *Compl. de Química.*
 - › Enrique Fynn..... *Química orgánica.*
 - › Julio J. Gatti..... *Química analítica aplicada.*
 - › Claro C. Dasseu..... *Geometría descriptiva aplicada—Teoría de los mecanismos y Matem. superiores.*
- › Cristóbal M. Hicken..... *Mineralog. y Geología.*
 - › Horacio Damianovich..... *Físico-química.*
- Arq. Eduardo Le Monnier..... *Arquitectura 4.º.*
- Ing. Antonio Rebuelto..... *Geom. proyec. y descript.*
- Arq. Carlos Carbó..... *Arquitectura.*
- › Luis P. Esteves... .. *Arquitectura.*
 - › Alberto M. Coni..... *Perspectivas y Sombras.*
- Agr. Alejandro Olazábal..... *Topografía.*
- D. Juan N. Hubert..... *Compl. de Física—y Electrotécnica.*
- › Emilio M. Flores..... *Química analítica aplicada.*
 - › Eugenio Aufrán..... *Botánica.*
 - › Carlos P. Ripamonti..... *Dibujo de figura.*
 - › Reinaldo Giudice..... *Dibujo de figura.*
 - › Roberto Fincati..... *Dibujo de ornato.*
 - › José V. Ferrer..... *Modelado.*
 - › Horacio Arditi..... *Zoología.*
- Ing. Rodolfo Santangelo..... *Complemento de matemática.*
- › Emilio Rebuelto..... *Álgebra superior y Geometría analítica.*

PADRINO DE TESIS

Doctor Atanasio Quiroga

A mis maestros

Doctores

Kyle — Holmberg — Gallardo

A la memoria de mi padre

A mi madre

SEÑORES CONSEJEROS:

SEÑORES PROFESORES:

Al someter á vuestra elevada consideración este modesto trabajo, dando cumplimiento así á una de las últimas prescripciones reglamentarias, exteriorizo al mismo tiempo un sentimiento de eterna gratitud hacia todos aquellos que directa ó indirectamente fueron mis maestros. Lo poco que soy, á ellos se los debo: me ilustraron con sus enseñanzas; me estimularon con sus ejemplos.

Impulsado por una cierta inclinación hacia las investigaciones científicas, cuando abandoné las aulas para comenzar la tesis, decidí estudiar algo que siempre me había llamado la atención: la catálisis.

Más tarde, analizando detenidamente el fenómeno mencionado, bien pronto me dí cuenta de las dificultades del caso: era poca mi preparación y muy vasto su estudio. Fué entonces, que resolví dejar para más adelante «la interpretación de la catálisis», y desarrollar en su lugar, un tema concerniente á los «coloides», por considerar á éstos en su mayoría como catalizadores.

En Diciembre de 1906 conocí, por intermedio de la *Revue Générale de Chemie*, los interesantes trabajos de Micheels y De Heen, sobre la germinación. Fueron estos últimos estudios, los que orientaron definitivamente mis investigaciones.

La presente tesis, se encuentra dividida en dos partes: comprende la primera, algunas consideraciones de carácter

general sobre los coloides; se exponen en la segunda, los resultados de una serie de observaciones llevadas á cabo, haciendo actuar sobre determinadas especies vegetales, la plata coloidal.

Las conclusiones á que he llegado, no tienen más valor que el de indicar algunos fenómenos de orden bio-químico que es conveniente estudiar. Pues parecen indirectamente señalar ciertas analogías funcionales del protoplasma, íntimamente relacionadas con la morfología externa de las especies á que pertenece.

Cometería una verdadera injusticia si en estos momentos no recordara á la Oficina Química Nacional, que considero después de ésta, mi segunda casa de estudio. Nunca olvidaré los muchos servicios recibidos tanto del Dr. Ruíz Huidobro, fallecido hace poco, como del actual jefe de la mencionada oficina, el señor Agustín Barbagelata.

A mi maestro el Dr. Atanasio Quiroga le agradezco intensamente el honor que me dispensa al acompañarme en este acto.

Y á los doctores Angel Gallardo y Horacio Damianovich mi sincero reconocimiento por el interés que se tomaron por mis investigaciones, facilitándome libros y revistas, acompañados siempre de consejos y estímulos.

Muy agradecidos á los doctores Holmberg, Hicken, Raffo, Schaefer, Poisa, Baschman, Marcó del Pont, y señor Luis Guglielmelli por las atenciones que de ellos he recibido.

PRIMERA PARTE.

CAPÍTULO I.

Coloides en general.

Introducción al estudio de los coloides. — Desde que Graham descubrió la diálisis, se ha venido observando, tanto en el reino orgánico como en el inorgánico, un nuevo estado de la materia, el denominado coloidal.

Dializando una mezcla compuesta de una solución salina y otra de goma ó gelatina, se nota que, mientras las sales se difunden á través de la membrana, las otras substancias son detenidas por ella. Basándose el autor citado, en dicha propiedad, reunió los cuerpos en dos grandes grupos: los de gran poder osmótico, les denominó *cristaloides*; los de escaso ó nulo poder, *coloides*.

Al disolver un cristal en el agua ó en otro medio, en el cual su constitución química no se altere, se observa que insensiblemente pasa éste del estado sólido al líquido; la primitiva masa que afectaba una forma cristalina bien determinada ha desaparecido en el seno del disolvente; si se le investiga al microscopio, no se puede atestiguar su presencia; solo por medio de una evaporación lenta se vuelve á percibir su primitiva forma geométrica. Ciertas substancias no cristalizables, pueden también *disolverse* en el agua, y según los pro-

cedimientos físicos empleados, se observará, ya sea á simple vista ó al microscopio, pequeños corpúsculos que se mantienen en suspensión en la masa del disolvente durante un tiempo más ó menos largo según los casos. A estos estados de suspensión de la materia amorfa se les denomina emulsiones; siguiendo más allá la división, se llega á un límite, pasando el cual, las pequeñas partículas no son visibles al microscopio, gozando además, de la propiedad de permanecer en suspensión en el líquido durante un tiempo indeterminado, siempre que no se haga intervenir un agente exterior en el sistema así constituido. Este último estado de división de la materia, se puede obtener ya sea por procedimientos químicos, ó bien por la intervención de ciertos agentes físicos.

A grandes rasgos, se ha podido observar en los procesos seguidos para dividir la materia, que ésta va pasando por varios estados de equilibrio, hasta llegar á un límite, pasando el cual se nos *manifiesta bajo un nuevo estado: el denominado coloidal.*

Las atracciones que se efectúan entre las partículas materiales, están regidas por la ley de Newton: toda vez que se sumerja un sólido en un líquido de menor densidad, descenderá éste al fondo del recipiente bajo la acción de la gravedad. Si por ejemplo, se toma una pequeña cantidad de negro de platino finamente pulverizado y se agita dentro de un frasco que contenga agua destilada, á medida que el movimiento disminuye, el polvo se precipita, es decir, la acción de la gravitación, se hace cada vez más sensible á medida que la agitación disminuye. Si en lugar del negro de platino, se disgregara el mismo metal por medio de una corriente eléctrica, ya las partículas no solamente no se precipitan cuando el líquido está en reposo, sino que afecta, aparentemente, el aspecto de una *verdadera solución*. Al evaporar la «solución así obtenida», no se percibe partícula alguna:

una masa amorfa, recubre la superficie del cristalizador; al hacer su examen microscópico, no se observa ninguno corpúsculo: se presenta como una solución salina cualquiera.

Sabemos que cuando se hace penetrar un rayo luminoso en una cámara oscura, se percibe en la masa de aire por él iluminada, un cúmulo de minúsculos fragmentos (substancias orgánicas é inorgánicas), animadas de un constante movimiento. Valiéndose de un aparato, basado en el mismo principio (el ultramicroscopio), se han podido descubrir los impalpables corpúsculos que constituyen las soluciones coloidales.

Si las soluciones mencionadas se nos presentan con tan pocas analogías, con respecto al estado sólido, como asimismo con el líquido, ¿qué se podrá decir de ese nuevo equilibrio molecular? Supongamos por un momento, que tenemos dos tubos, uno, que contiene agua destilada y una pequeña cantidad de musgo de platino finamente pulverizado; el otro, una solución coloidal del mismo metal. Si se observan ambos estando en reposo, se notará que, mientras el primero permanece incoloro en su parte superior, el segundo se encuentra coloreado de pardo en toda su masa. A las partículas de musgo de platino si se les comunica por medio de una agitación mecánica un movimiento uniformemente acelerado, llegará un momento, pasado el cual, no se pueda ya percibir aisladamente ninguna de ellas; pues la velocidad que los anima, ha llegado á ser superior al tiempo que las imágenes permanecen en la retina. De la superposición simultánea de las imágenes, resultará una nueva sensación psico-física: la producida por una solución homogéneamente coloreada.

Nos hemos valido del ejemplo anterior, para hacer resaltar la posibilidad, de que el aspecto bajo el cual se nos manifiestan las soluciones coloidales, es debido puramente á un efecto óptico, producido por el rápido y constante movimiento de innumerables partículas extremadamente peque-

ñas, dentro de un medio líquido; dependiendo á su vez ese aparente debilitamiento de las masas corpusculares, del movimiento de que están animadas.

Estado natural de los coloides.— Ya que hemos dicho que consideramos á los coloides, como representantes de un estado particular de la materia, tratemos de señalar ahora, cuáles son en la Naturaleza las agrupaciones inorgánicas y orgánicas en que es característico dicho estado.

Al comenzar una investigación en un proceso científico, es conveniente á veces apartarse momentáneamente del sujeto de estudio para buscar, en límites lejanos, lazos de unión, ó la ley de sus encadenamientos evolutivos.

Basándonos en lo que se acaba de decir, trataremos de relacionar en lo que sea posible, este estado particular de la materia con los complejos inorgánicos y orgánicos.

Según las investigaciones científicas que se han llevado á cabo, podemos inducir que nuestro planeta pasó por una serie de estados físicos, antes de afectar la forma actual: del nebuloso al ígneo, siguiéndoles á éstos, el líquido y el pastoso. La superficie de la primitiva masa semilíquida, fué paulatinamente enfriándose, constituyendo así, en función de la temperatura, una serie sucesiva de *medios*, íntimamente relacionados con el *progreso de la vida*.

A medida que se aleja del centro de la Tierra, la materia va siendo cada vez menos homogénea, hasta que se llega á percibir conglomerados cristalinos bien determinados. Las épocas correspondientes á estas últimas capas, señalan, se puede decir, en la historia de la Tierra, la aparición de un primitivo estado de la vida: el caracterizado por la «agrupación cristalina».

A ese estado de equilibrio que hemos denominado cristallino, le sucedió el orgánico. Las formas primitivas de la vida

correspondientes á la agrupación órgano-vital, bajo el concepto biológico, son ya muy adelantadas: «Natura non facit saltum».

Dadas las condiciones delicadas de los primitivos estados de la vida orgánica, es lógico admitir que ellos hayan sido borrados bajo la acción de nuevas capas, y por las enormes presiones soportadas—los fósiles que observamos en la actualidad son simplemente moldes que nos dan su forma, y en estos casos nos presentan transformados algunos elementos constituyentes de *aquellas vidas* . . .

Al tratar de la vida mineral, lo que hemos hecho es considerar un estado de equilibrio caracterizado por la agrupación cristalina; al analizar la vida orgánica, tenemos que determinar una condición esencial que, al mismo tiempo que se diferencie de la anterior, sea una cualidad común á toda una clase de vida, desde las formas más simples hasta las más complejas.

Basándose en lo anterior, la biología, al considerar tanto los animales como los vegetales en sus variados aspectos, ha llegado á determinar ese estado común, que representa en su mínima expresión el equilibrio *orgánico-biológico*, es decir, la célula.

Como una consecuencia sistemática de las precedentes investigaciones, se pudo considerar desde entonces á cada ser independiente (el individuo) como la resultante de múltiples fuerzas y de trabajos realizados, por un cúmulo de células asociadas bajo leyes diversas.

La ciencia, teniendo plena fé en el análisis de los fenómenos naturales, no se contentó con el último resultado obtenido: pensó que aún podía buscar en la célula mayor simplicidad en las condiciones imprescindibles para que pueda manifestarse la vida: así como de los tejidos se llegó á la célula, así también se pasó de ésta al protoplasma. La parte morfo-

lógica se desvaneció ante este último análisis: un estado particular de la materia vino á sustituirla: el coloidal.

Desde entonces, se viene confirmando cada vez más, que existe una correlación bien determinada, entre el estado coloidal de la materia y sus propiedades vitales.

Preparación de las soluciones coloidales. — En un gran número de reacciones químicas se observa, que la energía interatómica, manifestada en una de sus fases, bajo la forma de afinidad, es capaz por sí sola de transformar en dinámicos, estados estáticos de la materia.

Muchas son las combinaciones, tanto orgánicas como inorgánicas, en las cuales uno ó más cuerpos de los que de ellas resultan, se presentan bajo un estado físico distinto del de aquellos que intervinieron en la reacción. Por ejemplo, si sobre una solución diluida de nitrato de plata, se vierte otra de citrato ferroso recientemente preparado, se observa enseguida un cambio de coloración en el líquido: vira este al rojo pardo, no percibiéndose en la totalidad de su masa precipitado alguno; en la reacción que tiene lugar, se produce una reducción metálica, pasando la plata á manifestarse al estado coloidal (1).

(1) Para obtener plata coloidal (Carey Lea) se puede usar la fórmula siguiente: «Se vierten en 200 centímetros cúbicos de nitrato de plata al 10 %, 500 centímetros cúbicos de una solución acuosa que contenga 60 gramos de sulfato de hierro, 100 gramos de citrato de sodio y 5 gramos de carbonato de sodio. Se forma un precipitado de brillo metálico. Se decanta, se lava con agua destilada, se deja depositar, se decanta de nuevo. Se purifica enseguida haciendo pasar la solución á través de una bujía Chamberland. El precipitado se adhiere á la pared exterior. Se le disuelve de nuevo en agua destilada y se recomienza la precipitación muchas veces. Se obtiene así un líquido rojo intenso, que contiene plata que no se dializa más, y en el cual la conductibilidad eléctrica es muy débil». (V. Henri et Mayer). *L'état actuel de nos connaissances sur les colloïdes.* — *Revue générale des Sciences*, 1904, pág. 1018.

En el fenómeno que se acaba de indicar, no parecen intervenir otros agentes energéticos que aquellos almacenados en las moléculas mismas de los cuerpos que reaccionan; dependiendo por consiguiente puramente de ellos el cambio experimentado en el estado físico del elemento ya mencionado. «Por procedimientos de este género, se han podido preparar las soluciones coloidales de los metaloides: S, Se, Te; de los metales: Bi, Al, Zn, Cd, Hg, Cu, Ag, Au, Fe, Ni, Co, Pt, Rh, Ir, Pd, Wo, Zr; de los óxidos é hidróxilos de: Ag, Hg, Bi, Sn, Si, Al, Bl, Cu, Fe, Mn, Cr, Mo, Wo, Ti, Zr, Th, La, Ce, Er, Di, Y; de los compuestos alogenados de: Ag, Pb; de los sulfuros de: Sn, Te, As, Sb, Bi, Sn, Pb, Zn, Cd, In, Hg, Cu, Ag, Au, Fe, Ni, Co, Pd, Mo, Wo» (1).

Teniendo en cuenta la propiedad general de los coloides de no atravesar las membranas de los dializadores, se pueden separar éstos de los cuerpos cristaloides, que intervienen en su preparación, siempre que uno de éstos, actuando en exceso, sea capaz de disolver el coloide formado. Así, por ejemplo: si se hace actuar el cloruro de aluminio sobre la potasa, y el precipitado de hidrato de aluminio después de ser cuidadosamente lavado con agua destilada, se redisuelve en un exceso de la sal mencionada, al dializar la mezcla así obtenida, se separa poco á poco la alumina (coloide), del cloruro de aluminio (cristaloide) (2).

También pueden obtenerse otros coloides por medio de precipitaciones y lavajes consecutivos, sin la intervención de dializador alguno. Haciendo uso de este método se pueden preparar los sulfuros de cobre y de arsénico al estado coloidal: «se precipita, por ejemplo, el sulfuro de cobre del

(1) Henri et Mayer — *L'état actuel de nos connaissances sur les colloïdes.*— *Revue générale des Sciences*, pág. 1019, año 1904.

(2) *Recherches sur les substances colloïdales*, Ducloux, (Tésis) — pág. 76, año 1904.

acetato por medio de una corriente de SH^2 , se le lava en agua saturada de SH^2 y se redisuelve poniéndolo en suspensión en el agua haciendo pasar una corriente prolongada de hidrógeno sulfurado, del cual se saca en seguida el exceso por una corriente de hidrógeno » (1).

En el caso del sulfuro de arsénico coloidal, se tiene la ventaja de obtener este cuerpo al estado puro sin previos lavajes, pues los productos de la reacción que tiene lugar actuando el SH^2 sobre el As^2O^3 , son el sulfuro de arsénico y el agua.

Duclaux en su interesante tesis: *Recherches sur les substances colloïdales*, indica una serie de procedimientos basados en los dos principios mencionados.

Si la disgregación de la materia, acompañada de una evolución en las condiciones de su equilibrio, tiene lugar por la sola acción de la energía interatómica durante el proceso, en el cual los cuerpos cambian sus afinidades: — sin que se produzca reacción química alguna— ¿no se podrá obtener el mismo resultado haciendo intervenir puramente una energía externa?

Fué Bredig el primero que respondió afirmativamente — basándose en la experiencia — á la pregunta que se acaba de formular. Dicho sabio, pudo obtener platino, oro, plata, etc., al estado coloidal, empleando puramente agua redestilada, dos alambres metálicos y una corriente eléctrica.

Para preparar metales al estado coloidal por medio del procedimiento de Bredig, se sumergen en el agua redestilada dos electrodos, constituidos cada uno de ellos por un alambre del metal que se desea obtener al estado físico mencionado. Se hace circular en el circuito así establecido, una corriente eléctrica de 110 volts, manteniendo por medio de una resis-

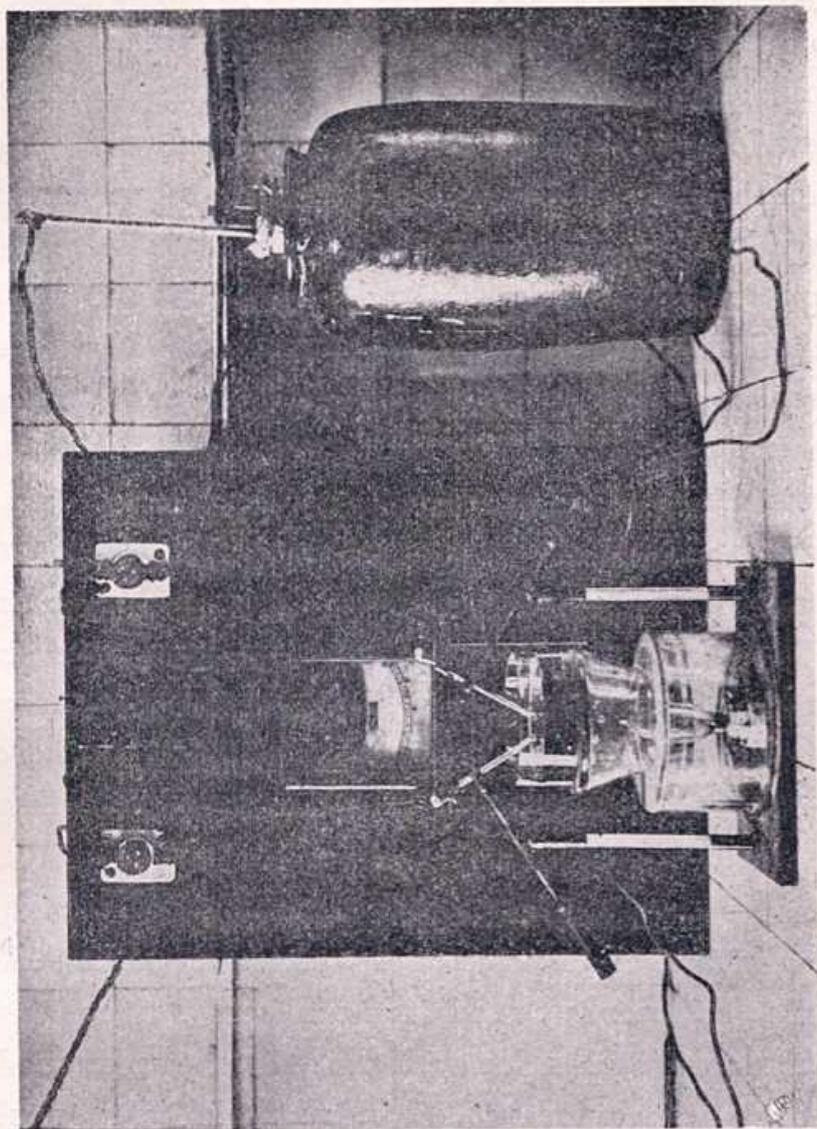
(1) *Recherches sur les substances colloïdales*, J. Duclaux, (Tesis)—pág. 76, año 1904.

tencia líquida una intensidad que puede variar entre 4 y 12 amperes según los casos. Al aproximar los alambres, llega un momento en que se produce un pequeño arco voltáico de un milímetro más ó menos de diámetro, iluminándose al mismo tiempo la masa líquida. Se observa también que el catodo se disgrega lentamente, y que la emanación al difundirse en el agua, produce una coloración determinada según el metal empleado, la cual, va aumentando de intensidad poco á poco, hasta llegar un momento en que los electrodos permanecen ocultos en su seno.

Como se ha dicho ya, según la naturaleza de los metales que se empleen, se percibirán coloraciones distintas, tanto en la luz que se produce como en la solución que se obtiene: la plata dá una luz verde, siendo su solución verde aceituna; en el oro ambas son violetas; la luz del platino es verde claro, y su solución parda; etc.

Preparación eléctrica de una solución de plata coloidal.—Un aparato de construcción muy sencilla basado en el procedimiento inventado por Bredig, ha sido el usado para preparar las soluciones de plata coloidal empleadas en las experiencias que constituyen el tema de la presente tesis. Las modificaciones efectuadas son puramente de carácter práctico: en lugar de tomar directamente con las manos los dos tubos de vidrio por los cuales se hacen pasar los electrodos, se ha creído más conveniente, fijar estos por medio de tornillos á presión en una de las extremidades de las dos varillas de cobre, provistas á su vez de mangos de ebonita. Sobre una plancha de madera descansan dos columnas de vidrio; ambas tienen en su parte superior un eje unido á un pequeño cilindro hueco, por el cual se deslizan libremente — conservando su contacto — las dos varillas de cobre ya mencionadas. Se puede, por consiguiente, darle á los alambres todos los mo-

En la solución así obtenida, después de filtrada, no se percibe en su masa precipitado alguno; es de un color verde aceituna, produciéndose en su seno un enturbiamiento mo-



Dispositivo empleado para preparar la solución coloidal de plata, según el procedimiento inventado por Bredig. — (Laboratorio de la Oficina Química Nacional).

mentáneo (fenómeno de opalescencia) cuando un rayo de luz la atraviesa.

Visibilidad de los coloides. — Las soluciones coloidales al ser observadas, ya sea á simple vista ó al microscopio—por transparencia y bajo un pequeño espesor — se manifiestan afectando el aspecto de «verdaderas soluciones salinas»: sus masas son homogéneas; no percibiéndose en la totalidad de éstas, precipitado ni sólido alguno en suspensión.

De lo que se acaba de decir, se deduce, que si las soluciones coloidales encerrasen en su masa corpúsculos en suspensión, sería lógico admitir, por una parte, que han de ser extremadamente pequeños; por otra, que deben estar animados de un rápido y constante movimiento (sensación óptica) (1).

Fué pues necesario valerse de un dispositivo especial, basado en la iluminación y en un aparente aumento de volumen «corpúscular», para poder comprobar de una manera indirecta, la existencia de las que hasta entonces se habían tenido como partículas hipotéticas.

Se ha dicho ya, que cuando un rayo de luz penetra en una cámara oscura, al observar el haz desde un punto exterior al cono luminoso, se perciben iluminadas é irradiando luz, las minúsculas partículas que en la atmósfera se encuentran difundidas; pasando éstas á ser invisibles toda vez que el observador penetre en la zona iluminada (fenómeno de difracción).

Siedentopf y Zsigmondy (2) agregando á un microscopio de gran aumento, un dispositivo especial, han podido descubrir que las soluciones coloidales están constituidas por innumerables corpúsculos, los cuales se encuentran animados de un constante movimiento. Se admite que las partículas coloidales son de una pequeñez tal que se encuentran comprendidas entre 1 y 5 millonésimos de milímetro.

(1) Ver página 21.

(2) *Revue Scientifique*, 1^{er} semestre 1905, p. 594.

El aparato destinado para investigar las *partículas* en las soluciones coloidales y coloides en general, se le denomina *ultra-microscopio*.

M. Raehlmann (1), examinando una solución diluida de glicógeno, y otras de albuminoides, notó en el seno que las constituían, un número indeterminado de corpúsculos animados de movimientos especiales. Determinó después, que el movimiento era función de las masas corpusculares, y que dependía á su vez del número, del grandor y del peso específico de éstos.

Los movimientos que tienen lugar en las soluciones coloidales, se admite que entran también en la categoría de aquellos regidos por la ley de Newton (2).

En una memoria presentada por Siedentopf y Zsigmondy (Druides Ann., t. x, 1903) (3), dicen que al hacer una observación ultramicroscópica, es menester que el medio que se examina sea atravesado por un fino haz de rayos luminosos, en condiciones tales, que al mismo tiempo que alumbra su masa, se difracte al interceptar las partículas coloidales. Como se ha dicho ya, el rayo luminoso que pone en evidencia los corpúsculos, no debe penetrar en el eje óptico del microscopio: el examen se hace sobre fondo obscuro.

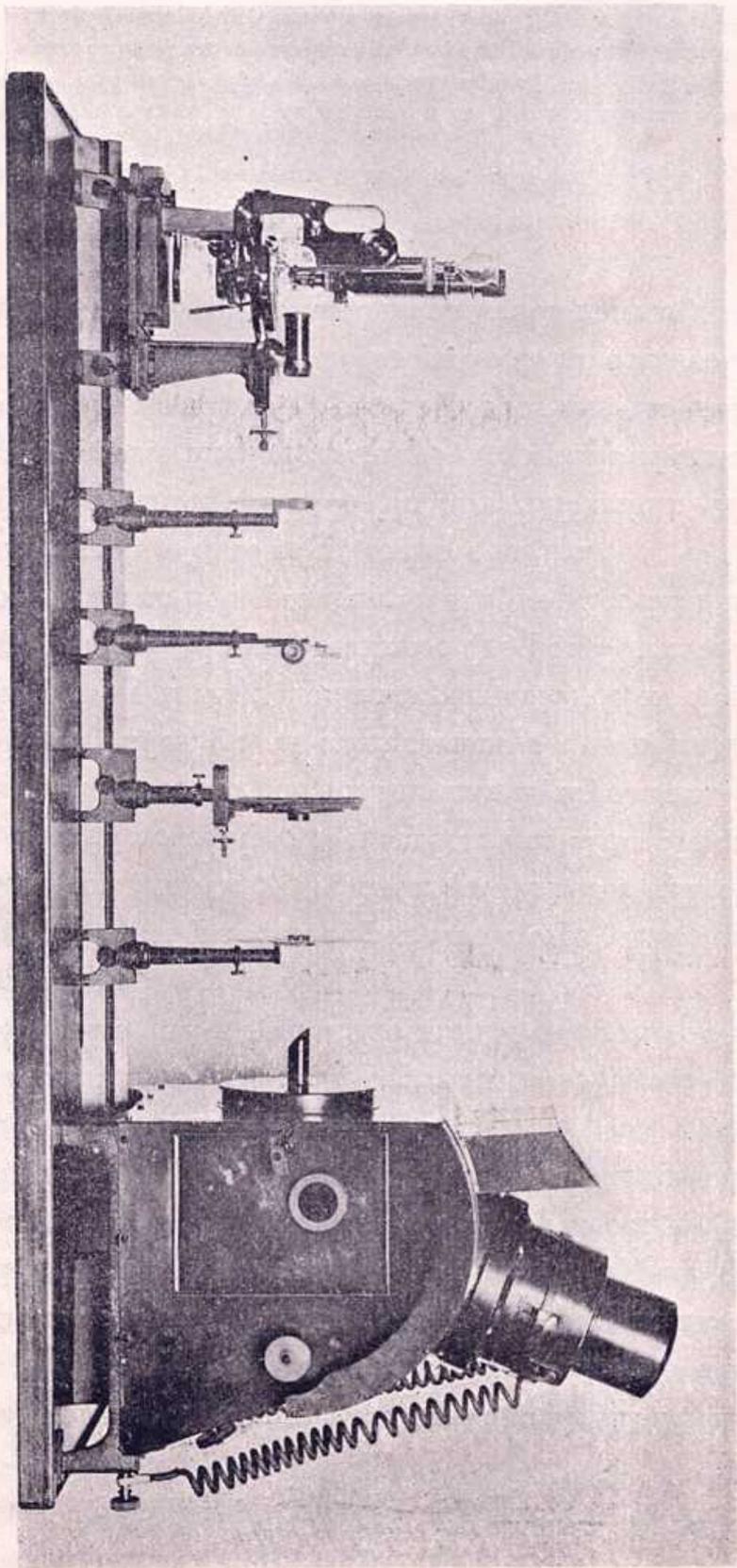
Debido á la amabilidad de los doctores Bachmann, Marcó del Pont y Lacoste puedo presentar la fotografía adjunta (4). Ella, indica el dispositivo empleado por los autores mencionados: un haz de rayos luminosos parte de un arco voltaico y después de atravesar un sistema de lentes convergentes y

(1) *Revue Scientifique*, 1^{er} semestre 1904, p. 598.

(2) *Loc. cit.*

(3) C. R. 1903, t. xxxvi, p. 1657. A. Cotton et Mouton. *Nouveau procédé pour mettre en évidence les objets ultra-microscopiques*.

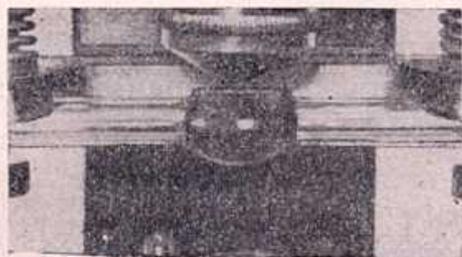
(4) Este aparato es el único existente en el país; pertenece al gabinete de Histología de la Facultad de Ciencias Médicas de Buenos Aires.



Ultra-microscópio de Siedentopf y Zeigmondy.

de ser reducido á un menor diámetro penetra en la solución coloidal.

La solución que se examina está contenida dentro de una pequeña «cubetita» de vidrio, de construcción particular: la cara que está frente al objetivo, lo mismo que aquella en la cual inciden los rayos luminosos, son de cuarzo fundido; ambas planas, formando la intercepción de ellas un ángulo recto. La superficie opuesta á dichas caras, es de vidrio, de un color caramelo oscuro; la concavidad de ésta, lo mismo que su color, impiden que los rayos penetren en el microscopio. El dibujo que acompaña estas líneas dará una idea más clara de su forma.



Por medio de una disposición especial se puede cambiar los líquidos que se examinan sin mover la *cubetita*, y también hacer circular una solución dentro de ella durante el proceso mismo de una observación.

La visibilidad de las partículas ultramicroscópicas, está en razón directa de la intensidad de la luz que las alumbra. El aumento del microscopio, no tiene otro objeto que el de recoger más luz, pudiendo ver así con más claridad y mayor diferenciación los puntos brillantes, los unos de los otros (1).

(1) Cotton et Mouton. *Revue Général des Sciences*, 1903, t. XIV, p. 1186.

Cuando la luz atraviesa las soluciones coloidales, al mismo tiempo que sufre una difracción, se difunde, y al salir del seno de ellas se halla parcialmente polarizada. En un principio se creyó que la difusión de la luz, era debido á una fluorescencia particular, pero una vez que los hechos se examinaron con mayor detención (1), esta idea fué abandonada.

Las propiedades mencionadas, difusión y polarización, nos indican que dichos sistemas son de naturaleza heterogénea. V. Henry y A. Mayer en su importante trabajo sobre los coloides, dicen: «Las soluciones coloidales son todas «ópticamente inhomogéneas», deduciendo como consecuencia, que todas contienen partículas en suspensión.»

Ehrenhaft, ha podido determinar una serie de ángulos de polarización para diferentes soluciones coloidales, basándose en la teoría electromagnética de la luz. De los ángulos mencionados, empleando un procedimiento indirecto, se ha llegado á investigar las dimensiones corpusculares.

Apoyándose en lo que se acaba de decir se admite que los corpúsculos que constituyen las soluciones coloidales son, en general, 50 veces más pequeños que una longitud de onda, es decir, de un diámetro de 5 á 10 μ μ (2).

Siedentopf y Zsigmondy han observado por medio del ultramicroscopio, dentro de masas de vidrio coloreadas por medio del oro, innumerables partículas, de una pequeñez tal, que se las puede considerar de diámetros inferiores á $\frac{1}{200.000}$ de milímetro. Como se comprende, se ha llegado á tales conclusiones por medio también de procedimientos indirectos. En un volumen determinado del vidrio que se examina, se cuentan el número de corpúsculos, habiendo determinado

(1) V. Henry et A. Mayer. L'état actuel de nos connaissances sur les colloïdes. *Revue Général des Sciences*, 1904, t. xv, p. 1020.

(2) Loc. cit., p. 1021.

previamente el peso del oro contenido en dicho volumen. Una vez efectuado esto, dividiendo ambas cantidades (el peso del oro por el número de partículas), se tiene aproximadamente el término medio del peso de cada partícula. Conocido esto, si se admite que el oro conserva en tales condiciones su misma densidad, por medio de un cálculo sencillo se determina el volumen corpuscular (1).

Se ha llegado también á determinar la magnitud de las partículas coloidales, por medio del espectro de absorción de dichas soluciones. Ehrenhaft ha calculado los coeficientes de extinción y construido la curva de absorción de un gran número de ellas: para el oro encontró una longitud de onda $\lambda = 520 \mu\mu$; para el platino $\lambda = 480 \mu\mu$; para la plata $\lambda = 380 \mu\mu$. Por este procedimiento se ha llegado á los siguientes resultados: para el oro; 49.10^{-7} á 52.10^{-7} centímetros; para el platino, de 48.10^{-7} centímetros; para la plata, de 38.10^{-7} centímetros (2).

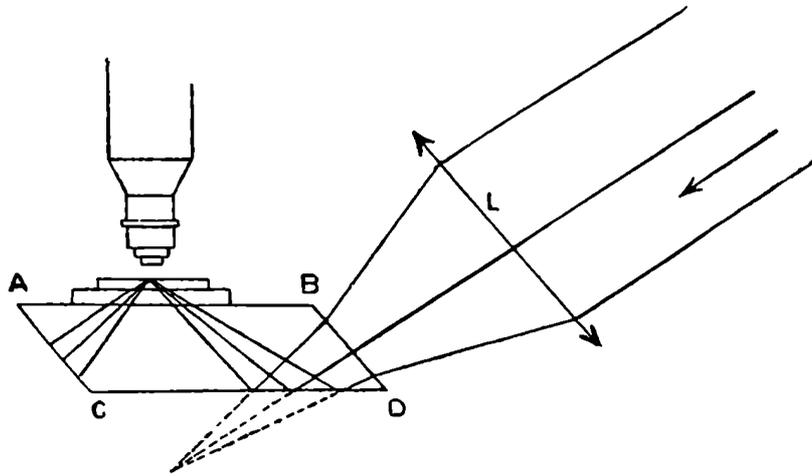
Los corpúsculos no son homogéneos en las soluciones coloidales. Se puede representar en general el diámetro de éstos, por una cantidad próxima á $\frac{1}{100.000}$ de milímetro (3).

A. Cotton y H. Mouton presentaron en el año 1903 á la Academia de Ciencias y á la Sociedad Francesa de Física, un nuevo *ultra-microscopio* inventado por ellos. Su construcción es muy sencilla y permite la observación de las substancias ultramicroscópicas con mayores ventajas aun. El principio es el mismo que el de Siedentopf y Zsigmondy, con la gran diferencia que suprime toda complicación; se reduce, se puede decir, á un paralelepípedo de vidrio oblicuo á base rectangular, un microscopio, y una fuente luminosa.

(1) A. Cotton et Mouton. *Revue Générale des Sciences*, 1903, t. XIV, p. 1187.

(2) y (3) V. Henry et Mayer. — *Revue Général des Sciences*, 1904, t. XV, p. 1022.

Al decir que el principio es el mismo en los dos aparatos, se indica con eso, que los corpúsculos ultramicroscópicos son puestos en evidencia en ambos casos por medio de la difracción que la luz produce al chocar contra ellos, dentro del medio que esta atraviesa. La diferencia entre los dos pro-



• Figura 2.—Esquema de un bloc de vidrio *A B C D* que sirve para aplicar el procedimiento por reflexión total.—En este procedimiento el medio es tomado en forma de capa muy delgada, alumbrada por un haz *L* que se refleja totalmente sobre la cara superior. Se ha supuesto en la figura que se trata de un líquido y se ha exagerado considerablemente el espesor del cubre objeto • (1).

cedimientos; consiste simplemente en el dispositivo empleado; la simplicidad de este último, depende de la fácil adaptación del prisma mencionado á un microscopio cualquiera. La figura que antecede da una clara idea de su funcionamiento.

(1) A. Cotton et Mouton.—*Les objets ultra-microscopiques. Revue Générale des Sciences.* 1903, t. xiv, p. 1187.

La parte principal de este aparato está representada, se puede decir, por un prisma oblicuo á base rectangular y de pequeña altura (formando las caras oblicuas con la base un ángulo casi de 51°) que descansa sobre la platina de un microscopio de gran aumento. Mediante la interposición de un líquido de igual índice que el del vidrio, se adhiere á la cara superior del prisma una lámina porta objeto, la cual lleva á su vez la preparación que se desea observar (por ejemplo una gota de una solución coloidal mantenida por un cubre objeto). A una altura conveniente, próxima al microscopio, se coloca una fuente luminosa, á fin de poder hacer incidir un haz de rayos convergentes casi perpendicularmente á la cara B D del prisma. Al penetrar éstos se reflejan en la cara C D; vuelven á atravesar así su masa y pasan sucesivamente á través de la lámina porta objeto y de la *capa líquida* que se examina, hasta llegar á la superficie inferior del cubre objeto donde se reflejan totalmente. Como bien se comprende, en este caso, no se debe usar el objetivo á inmersión.

Con este sencillo dispositivo se consigue que la imagen de la fuente luminosa se forme dentro de la masa líquida que se examina, precisamente en el prolongamiento del eje óptico del microscopio. Los rayos que atraviesan la preparación no penetran por el objetivo: permiten el observar desde la zona oscura, la luz que las partículas ultramicroscópicas difracten.

El procedimiento de Cotton y Mouton que se acaba de indicar, supera en mucho al de Siedentopf y Zsigmondy: permite por una parte ampliar el campo de observación; por otra, el de ser tan simple como cómodo.

Los autores que se acaban de mencionar, han hecho uso para sus investigaciones de la luz proveniente del Sol, de la lámpara de Nernst, del arco de mercurio y del arco eléctrico ordinario.

Como se comprende, debido á la difracción de la luz, las

observaciones ultramicroscópicas son muy delicadas; el buen éxito depende en mucho de la limpieza de los vidrios que sirven para retener el líquido que se examina: la menor partícula y el más ligero rayado pueden impedir la buena observación. Se debe tener también muy en cuenta, al tratarse de soluciones coloidales—sólidas ó líquidas—la concentración de éstas; pues la acumulación de corpúsculos suele producir un campo de observación confuso, siendo por esto siempre preferible operar con soluciones diluidas.

Por los métodos empleados para investigar los *corpúsculos* coloidales hemos deducido que éstos no son *visibles* ni siquiera al ultramicroscopio; lo que en realidad se observa no son fragmentos materiales, sino puntos luminosos, producto de la difracción de la luz al chocar contra ellos: su forma, sus dimensiones verdaderas, no se conocen.

Al contemplar de noche el cielo, se perciben, como implantados en su bóveda, un colosal número de puntos brillantes en continua vibración, las estrellas. Si hacemos uso del telescopio, no se llegan á destacar sus contornos (como sucede en el caso de los planetas), se consigue solo que sea más nítida la observación: se descubren otras nuevas que permanecían invisibles. Las estrellas no se ven en *realidad*; es la luz emitida por ellas, la que permite ubicarlas en el firmamento.

Con los corpúsculos coloidales sucede algo análogo: esos puntos brillantes nos dan la noción de su existencia; pero no nos dicen nada respecto á su naturaleza, su forma y verdadero tamaño.

Al contemplar en el *ultra-microscopio* una solución coloidal, parece encontrarse el observador, ante un microcosmo: un enjambre de puntos brillantes, pasan por ese *cielo oscuro* animados de movimientos particulares; unos se mantienen visibles durante un tiempo, otros apenas atestiguan su presencia se ocultan detrás de espesas *nubes*. . . . *penumbras* . . .

¿Cuál será la causa de ese movimiento corpuscular? ¿Cuáles serán sus formas y dimensiones verdaderas? ¿La ley de la gravitación universal no será la que rige el movimiento de esos microcosmos? ¿Su acción tan *especial*, química, física y biológica, no dependerá más de ese estado particular de la materia que su naturaleza específica?

¿Llegará algún día la ciencia á presentar de una manera más clara y concreta este punto: visibilidad de los coloides? En ese camino se dirige; parece que ya son muchos los hombres de ciencia que han intentado é intentan penetrar en tan oscuros dominios. El horizonte que en ese sentido se presenta ante el pensamiento humano es muy vasto; creemos que en el porvenir, esta clase de estudios contribuirán en mucho aclarar el concepto de la energía y de la materia.

Electrología de los coloides.— Al hacer atravesar una corriente eléctrica, por una solución coloidal, mientras que en uno de los electrodos se observa la progresiva adhesión de una materia amorfa, el líquido que rodea al segundo, se aclara paulatinamente. Según las soluciones coloidales empleadas, se produce la precipitación electrolítica, ya sea en el catodo ó en el anodo. Invertiendo el sentido de la corriente, cambian también las condiciones del proceso: se nota un «transporte eléctrico» de dirección contraria al primero. Estos fenómenos han sido observados por primera vez por Picton y Linder.

En estas clases de experiencias, una de las cuestiones de

mayor importancia, es tener en cuenta el grado de pureza de las soluciones. El aparato empleado en estos casos, con ligeras modificaciones, es el mismo que usaron los autores mencionados para llevar á cabo sus descubrimientos.

Henry y Mayer (1) aconsejan en la práctica, colocar la solución coloidal que se examina, dentro de un tubo en U, de diámetro conveniente y á extremidades abiertas. Introduciendo después por cada una de ellas, en la masa líquida, un fino hilo de platino, merced á una sumersión conveniente, se obtendrá—sicmpre que se emplee una diferencia de potencial de 110 volts— al cabo de un tiempo, que puede variar de 15 á 30 minutos, el fenómeno indicado.

Se deduce de la observación: «1.º Que la velocidad de transporte depende de la diferencia de potencial entre los dos electrodos; ella es independiente de la intensidad de la corriente; 2.º La cantidad de electricidad transportada por el coloide es inapreciable» (2).

Hardy admite que las partículas coloidales se encuentran rodeadas de una doble capa eléctrica (Helmholtz), y hace depender la velocidad del movimiento corpuscular de la magnitud de las masas eléctricas mencionadas (3).

En el transporte eléctrico de los coloides, se observa algo que llama la atención: mientras que los coloides y los iones de cristaloides conservan, en su movimiento se puede decir, casi la misma velocidad, la diferencia de conductibilidad eléctrica de los primeros con respecto á los segundos es muy grande: la de los coloides se acerca mucho á la del agua, oscila al rededor de $3 \cdot 10^{-6}$; en cambio los cristaloides aumentan considerablemente su grado de conductibilidad (4).

(1) *Revue Générale des Sciences*, 1904, t. xv, p. 1024.

(2) *Loc. cit.*, 1904, t. xv, p. 1029.

(3) Jacques Duclaux.—(Tesis)—1904, p. 29.

(4) *Loc. cit.*—1904, p. 24.

A continuación se encuentra el cuadro en el cual Henry y Mayer colocan á los coloides; separándolos á su vez en los dos grupos siguientes:

COLOIDES POSITIVOS.

Hidrato férrico	Hidróxido de zirconio
• de cadmio	Ácido titánico (coloidal)
• • aluminio	Oxihemoglobina
• • cromo	Violeta de metilo
• • cerio	Azul de metilo
• • torio	Rojo de Magdala

COLOIDES NEGATIVOS.

Oro	Cloruros coloidales
Plata	Yoduros •
Platino	Bromuros •
Paladio	Ferrocianuros de Cu Zn, Fe
Iridio	Azul de anilina
Cadmio	Indigo
Selenio	Verde de metilamina
Teluro	Fuscina
Azufre	Aureosina
Acido silícico	Gelatina
• estánico	Albumina
• Molibdico	Almidón
• tungstico	Dextrina
• Vanádico	Glicógeno
Sulfuros coloidales	Gomas

Como se ve, todos los coloides no se dirigen al mismo electrodo: la mayor parte son atraídos por el polo *positivo*. Del distinto comportamiento eléctrico se ha deducido la división de los coloides, en *electro-positivos* y *electro-negativos*.

¿A qué es debido dicha diferencia? Se ha tratado de explicar el fenómeno, admitiendo que los denominados corpúsculos coloidales, se encuentran cargados de *electricidad propia*,

la cual para cada coloide puede ser positiva ó negativa, según que las masas corpusculares se dirijan al polo negativo ó al positivo.

Por medio de la electricidad, utilizando dos electrodos de platino, se puede producir la precipitación de los coloides: Los electrolitos se comportan de una manera análoga, con la sola diferencia, que en este caso, la precipitación de los coloides tiene lugar, no en dos puntos determinados, sino en la totalidad de su masa.

Así como los coloides, según su signo, se precipitan sobre el anodo ó catodo, así también sucede con éstos respecto á los electrolitos. Hardy, para saber en una sal ó en un ácido, cuál es el radical que goza de la propiedad de producir la precipitación coloidal, ha formulado la ley siguiente: *El radical, al cual pertenece el poder precipitante, es aquel que se desplaza en el campo eléctrico, en el sentido inverso del coloide* (1).

Haciendo actuar sobre un mismo coloide una serie de electrolitos, observaron Linder y Picton, que entre el poder precipitante y la disociación electrolítica—para un electrolito determinado—no existía casi diferencia alguna. Si los electrolitos son de idéntica valencia, su poder precipitante y su grado de disociación adquieren valores iguales ó muy próximos.

	<u>Poder precipitante</u>	<u>Disociación electrolítica</u>
H Cl	1,0	1,0
H Az O ³	1,02	1,0
H ² SO ⁴	0,64	0,65
K Cl	1,0	1,0
K Az O ³	0,93	0,93
K ² SO ⁴	0,80	0,82 (2)

(1) Duclaux. Tesis, 1904, p. 28.

(2) Henri et Mayer. *Revue Générale des Sciences*, t. xv, 1904, p. 1067.

Se podría asimilar, en estos casos, la precipitación coloidal á una saturación eléctrica, si se tiene en cuenta, que las cargas de los coloides en el instante dado pasan, de positivas ó negativas, al estado neutro; en tales condiciones las masas corpusculares sufren la acción de la gravedad.

Schultze ha formulado una ley que permite, en general, la clasificación de las sustancias precipitantes. J. Duclaux en su tesis (1), la enuncia del siguiente modo:

«A.—Los no-electrolitos no tienen más que una acción precipitante extremadamente débil;

B.—Si se designa simbólicamente por NP la composición de una sal, N siendo el radical electro-negativo, P el radical electro-positivo:

1.º El poder coagulante de esta sal depende, según el coloide sobre el cual se le hace actuar, de N ó de P (radical coagulante); jamás de los dos en conjunto; si por ejemplo depende de N, él no cambia, cuando se cambia N con radicales P diferentes;

2.º Este poder aumenta muy rápidamente con la valencia del radical coagulante.»

Se ha observado dentro de cada uno de los dos grupos en que se dividen los coloides (positivos y negativos), diferencias muy grandes respecto á la acción de los electrolitos: mientras que en unos casos, pequeñísimas porciones producen la precipitación, en otros, es menester cantidades relativamente grandes. Se comportan en general los coloides, como si los corpúsculos que los constituyen atravesaran una de las dos fases opuestas: las representadas por los equilibrios *estables* ó por los equilibrios *inestables*.

(1) Pág. 22.

En el grupo de los coloides *estables*, se encuentran, casi exclusivamente sustancias del reino orgánico; entre otras podemos citar: la hemoglobina, la gelatina, la caseína, el glícogeno, las gomas, el almidón, los taninos, y el grupo de los albuminoides en general. Para producir la precipitación de estos coloides, es necesario en la mayor parte de los casos, cantidades más ó menos *grandes* de electrolitos. Los precipitados son bastantes ricos en agua y no pierden, una vez secos, su afinidad respecto á ella. Ciertos no-electrolitos, tienden también á producir la precipitación, aunque parcialmente en estos casos, al actuar sobre los coloides mencionados. También otros agentes exteriores, producen análogos efectos, como ser la luz ultravioleta y las emanaciones del radio (la acción precipitante se manifiesta, sobre todo con la vitelina) (1).

En el caso que nos ocupa (coloides estables), antes de producirse la precipitación, cambian sus propiedades ópticas; así la albúmina y la gelatina por la acción de los electrolitos, se vuelven azuladas y opalescentes y pasan después á lechosas y turbias (2).

El otro grupo lo constituyen los coloides *inestables*, es decir, aquellos que son muy sensibles á la acción de los electrolitos; están representados éstos en su mayor parte, por sustancias pertenecientes al reino inorgánico.

Las leyes que hemos visto ya, respecto á la precipitación general de los coloides, se cumplen también en el grupo de los coloides *inestables*.

Cuando una misma base ó un mismo ácido, en idénticas

(1) Sur la coagulation des albumines par l'action de la lumière ultraviolette et du radium. Georges Dreyer et Olav Hanssen. C. R., t. cxlv, p. 234. 2^o semestre 1907.

(2) *Revue Générale des Sciences*, t. xv, p. 1068.

condiciones, actúa sobre un gran número de coloides, no se observa en todos los casos el mismo fenómeno: en unos, se producen precipitaciones; otros permanecen inalterados. Invertiendo el sentido, es decir, introduciendo la base en las soluciones coloidales en los cuales el ácido no haya ejercido acción alguna y viceversa, se nota enseguida la producción de precipitados en el conjunto. Repitiendo la operación anterior, no ya con bases y ácidos por separado, sino con lo que resulta de su unión, es decir, con las sales, se comprueba que hay coloides que se precipitan por la unión del radical metálico, mientras que otros lo hacen puramente con el radical ácido; en otros términos: unos con el ión positivo y otros con el ión negativo. De lo que se acaba de expresar, se deduce la ley siguiente:

«La precipitación de los coloides negativos depende del catión; la de los coloides positivos depende del anión de los electrolitos precipitantes» (1).

El poder precipitante de las sales aumenta á medida que aumenta la valencia del metal: el de los metales mono, bi y trivalentes, está entre sí como:

1 : 80 : 1650 según Schulze.

1 : 50 : 1000 • Linder y Picton.

Estas relaciones cambian según el coloide y las condiciones de la precipitación (2).

Si se preparan, partiendo de un coloide *inestable*, una serie decreciente de soluciones del mismo, con el objeto de producir la precipitación total en cada uno de sus términos, mediante la sucesiva adición de un electrolito, no se obser-

(1) V. Henri et Mayer. *Revue Générale des Sciences*, t. xv, p. 1068.

(2) *Loc. cit.*, p. 1067.

va en todos los casos relaciones de igual *sentido* entre el grado de dilución del coloide y la cantidad de electrolito empleado: según sea la naturaleza del coloide, puede estar en razón directa ó en razón inversa de su concentración.

Freundlich (1), operando con soluciones de hidrato de hierro de diferente graduación, observó que la cantidad de cloruro de potasio necesaria para producir la precipitación, estaba en razón directa de la concentración. Mientras Lottermoser y Ed Von Mayer (2), por medio de una serie decreciente de soluciones de plata coloidal, comprobaron que las cantidades de ácido sulfúrico $\frac{1}{2}$ normal y las de los ácidos cianacéticos, oxálico y malónico normales, necesarias para que la precipitación fuera total en cada uno de los términos, correspondían á cantidades crecientes de los ácidos respectivos. Uniendo á estos, otros casos análogos, se deduce que dicho problema es muy complejo: depende por una parte, de la naturaleza del coloide; por otra, de la calidad de electrolitos empleados.

Casi todos los precipitados provenientes de la acción de los electrolitos sobre los coloides inestables, son insolubles en el medio líquido en el cual los corpúsculos coloidales se encuentran suspendidos; no disminuye la insolubilidad de estos, ni por el aumento de temperatura, ni por el mayor porcentaje de electrolitos agregados.

En las acciones de los electrolitos sobre los coloides, hay que tener en cuenta que el poder precipitante de un electrolito es mayor si se vierte éste sobre el coloide que si se invierte el sentido de la operación. Así también, si sobre una misma cantidad de un coloide, en lugar de hacer actuar de una sola vez una masa determinada de un electrolito, se

(1) y (2) *Revue Générale des Sciences*, t. xv, p. 1071.

agrega esta paulatinamente durante un lapso de tiempo que puede variar según los casos, se observa al terminar de agregar el total de la masa, que esta no ha producido los mismos efectos: disminuye en todos los casos de una manera apreciable su poder (parece que el coloide adquiriese una cierta inmunidad) (1).

Linder y Picton, Pauli, Höber y Gordon han observado, que cuando sobre una solución coloidal determinada, se hacen actuar simultáneamente varios electrolitos de idéntica valencia, la acción precipitante de éstos es igual al de su suma (si se les considera, en igualdad de condiciones separadamente) (2).

¿Basándose en el comportamiento eléctrico de los coloides, será posible preveer los fenómenos que se producirán cuando éstos se mezclan?

Si se ponen en presencia coloides del mismo signo, no se observa aparentemente cambio alguno en el estado físico de la mezcla; mientras que si estos son de signo contrario, cuando tienen una cierta concentración precipitan; el precipitado encierra á ambos coloides. A medida que la dilución aumenta, las mezclas de coloides de distinto signo se vuelven más estables respecto á sus recíprocas acciones precipitantes; el signo de ésta, depende del signo del coloide que predomina.

Al mezclar dos coloides del mismo signo, pero siendo uno de ellos electrolíticamente considerado, de mayor estabilidad que el otro: comunica siempre el *más estable* al *menos estable* una cierta resistencia á la acción de los electrolitos, la cual, se acerca por lo general á aquella del coloide más estable. Lo contrario, es decir, el mayor aumento de sensibilidad de los coloides con respecto á la acción precipitante

(1) *Revue générale des Sciences*, t. xv, p. 1068.

(2) *Loc. Cit.*

de los electrolitos, se obtiene agregando á ésta, hasta llegar á un límite determinado, el coloide de signo opuesto.

No se producen por lo general precipitaciones cuando se hacen actuar los no-electrolitos, como ser la sacarosa, la glucosa, el alcohol, la glicerina, etc., sobre los coloides; los únicos cambios que se observan en unos casos, es un aumento de estabilidad; en otros, una mayor sensibilidad con respecto á la acción precipitante ejercida por los electrólitos sobre las soluciones coloidales.

J. Larguier des Bancel (1) ha investigado la influencia de los no-electrolitos en la precipitación de algunos coloides de signo opuesto. En sus experiencias se ha valido de las cuplas siguientes: hidrato de hierro coloidal (positivo) y azul de anilina (negativo); sulfuro de arsénico coloidal (negativo) y Rojo de Magdala (positivo). Entre los no-electrolitos usados, figuran la urea, glucosa, sacarosa, glicerina, alcohol etílico, aldehida fórmica y acetona. Después de una serie de observaciones y experiencias, el autor mencionado llega á las conclusiones siguientes:

« 1.º La mezcla de dos coloides de signo opuesto, en presencia de un *no-electrolito* dá lugar, en general, á una precipitación; esta precipitación para una proporción conveniente de elementos de la cupla es total;

2.º La presencia de ciertos *no-electrolitos* tiene por efecto facilitar la precipitación mútua de dos coloides de signo opuesto; la presencia de otros obstaculizan esta precipitación;

3.º El precipitado resultante de la mezcla de dos coloides de signo opuesto en medio acuoso, puede ser disociado por la

(1) J. Larguier des Bancel. •Influence des no-electrolytes sur la precipitation mutuelle des colloïdes de signe électrique opposé. C R, t. CXLIII, p. 176, 1906.

acción de un *no-electrolito* convenientemente elegido. Los no-electrolitos que impiden la formación del precipitado, son también capaces de disociar el precipitado resultante; la intensidad de la acción disociante corresponde aproximadamente á la de la acción imbibidora».

Por naturaleza, los corpúsculos coloidales correspondientes á distinto signo, tienden á atraerse mutuamente, acelerando así sus velocidades hasta llegar á un límite, pasado el cual tienen lugar las neutralizaciones eléctricas, manifestadas indirectamente por la precipitación. Según sean los no-electrolitos, facilitan ó impiden la precipitación de los coloides de polaridad opuesta; se pueden asimilar, pues, el rol de éstos, cuando se difunden en las soluciones, al de aquellas sustancias denominadas en electricidad aisladoras ó conductoras: en unos los casos, sirven al interponerse entre los corpúsculos coloidales (positivos y negativos), como de conductores; en otros, actúan impidiendo neutralizaciones. Tienen, además, con respecto los precipitados coloidales, una acción disociante especial, la cual, parece tener una cierta relación con las dos propiedades anteriores.

Si se observa un precipitado coloidal al microscopio, según sean los coloides, los electrolitos y las condiciones de la experiencia, podrán ser éstos: amorfos, de aspecto globular, ó bien de cierta apariencia cristalina. A. Quincke y Bütschli son los que han estudiado mejor estas cuestiones.

Al analizar un coloide después de haber sido precipitado, se nota un cambio en su composición: si el coloide es negativo y si se ha usado como electrolito una sal, es el metal el que se une al coloide precipitante; en caso contrario, es el radical ácido.

Cuando sobre una misma solución coloidal se hacen actuar por separado una serie de soluciones salinas de igual concentración molecular, en el precipitado correspondiente á

cada una de las sales se observará—después de ser lavado prolijamente con agua destilada—que dichas cantidades son aproximadamente iguales á aquellas que resultan de dividir su peso molecular por las valencias correspondientes; así, por ejemplo: si el coloide utilizado en este caso es el sulfuro de arsénico, se encontrará en cada precipitado, de los metales de las sales empleadas: 0,0020 de calcio; 0,076 de bario; 0,0036 de potasio. Cantidades que se acercan mucho á las que resultan de dividir el peso molecular por la valencia de los metales mencionados: $\frac{40}{2} = 20$; $\frac{137.4}{2} = 68.7$; $\frac{39}{1} = 39$ (1).

Según sean las superficies sobre las cuales descansan los precipitados coloidales lisas ó porosas, tendrán estos en la mayor parte de los casos propiedades diferentes (2): la plata coloidal precipitada en un recipiente de vidrio, permanece insoluble en el agua, mientras que si se le recoge en un vaso poroso, puede, una vez precipitada, volver á recuperar por medio del agua su primitivo estado. En otros casos, los coloides inestables primeramente precipitados por un electrolito, pasan después á ser solubles en un exceso del mismo.

Hemos dicho ya, que cuando un coloide precipita, retiene, una vez lavado el precipitado, una cierta cantidad de *iones* de signo contrario al coloide, provenientes del electrolito empleado. Dicha unión se puede asimilar á una verdadera

(1) *Revue Générale des Sciences*, t. xv, p. 1072.

(2) Las suspensiones finas se *sedimentan* por la acción de los electrolitos, mientras que las soluciones coloidales se precipitan. En el primer caso, los electrolitos solo aceleran el movimiento de las partículas, sin alterar la condición del proceso: caen verticalmente, manteniendo entre si una cierta independencia; en el caso de los coloides, los corpúsculos se aglutinan, formándose así grandes cantidades de copos, los cuales descienden con rapidez. Es tan grande la tendencia que tienen los copos á adherirse entre si, que muchas veces en el fondo de los vasos, se observan verdaderas membranas y algunas de ellas con cierto aspecto *orgánico* (en soluciones coloidales que se han dejado en reposo bajo la acción de débiles cantidades de electrolitos).

combinación química; pues, si es un metal el que está unido al coloide precipitado, éste puede ser reemplazado en su totalidad por otro metal correspondiente: se producen verdaderas sustituciones, dependiendo á su vez la composición del precipitado, del grado de concentración de las soluciones coloidales.

A primera vista, parece que la precipitación coloidal fuera debida á la formación de compuestos insolubles al combinarse los coloides con los electrolitos; pero son muchos los hechos que hacen desvanecer esas concepciones teóricas. Así, por ejemplo, cuando se le agrega ácido clorhídrico á una solución coloidal de hidrato de hierro, según las leyes de las combinaciones, debería formarse cloruro férrico y agua, afectando la solución en toda su masa un aspecto transparente; pero en realidad, esto no sucede: el coloide precipita (1). Lo mismo, si á una solución coloidal de resina, obtenida vertiendo una solución alcohólica de ésta en el agua, se le agrega sulfato de cobre, al precipitar el coloide, retiene el metal de la sal empleada (2). Los dos ejemplos anteriores, nos indican que nos encontramos ante un fenómeno más complejo que lo que parece aparentemente.

Spring, Whilney y Ober atribuyen al poder hidrolítico de las sales, el arrastre de éstas en las precipitaciones coloidales. Mientras que Duclaux, después de repetir las mismas experiencias de los autores mencionados, dice que son explicaciones insuficientes (3).

(1) J. Ducloux. Tesis pág. 23.

(2) Loc. cit., pág. 82.

(3) Loc. cit., pág. 84.

Este mismo químico deduce de la coagulación de los coloides y del arrastre de las sales precipitantes, las siguientes leyes:

«Primera Ley.—*La coagulación de un coloide está siempre acompañada de un cambio en su composición química.*»

«Segunda Ley.—*Este cambio de composición consiste en la sustitución, en proporciones equivalentes, de ciertos radicales del coloide por los de la sustancia coagulante*» (1).

Otra teoría admite que cada corpúsculo se encuentra rodeado de una capa de agua; atribuyendo la acción precipitante de los electrolitos, á que estos, al disolverse en el agua, rompen el equilibrio del *sistema* que constituye el coloide. Si se supone que exista una diferencia de potencial entre las *partículas coloidales* y la capa líquida que las rodea, al agregar los electrolitos según el signo del elemento precipitante, aumentará ó disminuirá dicha diferencia, produciéndose en este último caso la precipitación (2).

Spring, para explicar el mismo fenómeno, dice que los electrolitos una vez disueltos, se extienden, reteniendo así los corpúsculos coloidales. Se comprende que dicha idea se basa en la semejanza de éstas con las suspensiones finas.

Stark atribuye la precipitación coloidal al desprendimiento de aire que tiene lugar en el momento de introducir la sal (electrolito). Para Bredig (que ha comprobado experimentalmente que dicha acción es nula), depende de la *capilaridad*: supone que existe una tensión superficial entre las partículas y el líquido que las rodea, la cual, puede variar con la densidad de la capa, dependiendo á su vez de la fijación de iones de un cierto signo (3). Para Billitzer y Bredig la sustancia

(1) J. Ducloux. Tesis pág. 98.

(2) Loc. cit., pág. 29.

(3) Loc. cit., pág. 30.

precipitante que se encuentra en los coloides precipitados, no depende de una combinación química entre el coloide y el electrolito, sino que es debido á que ésta es mantenida al estado de ion, por medio de una atracción eléctrica.

Helmholtz supone que los corpúsculos mencionados, se encuentran rodeados de dos capas concéntricas, cargadas de tal manera de electricidad, que mantienen en todos los puntos de separación una diferencia de potencial constante. Otros, como ser Billitzer, niegan la existencia de dicha capa, admitiendo que las partículas coloidales emiten iones que se difunden en todos sentidos en la masa líquida que los rodea; por ejemplo: el platino coloidal, según esta teoría, debe emitir iones positivos, por estar el cargado negativamente. Si los iones emitidos por los corpúsculos son de hidrógeno, al agregar el electrolito (Cl K), las partículas de platino se agruparán al rededor del ión K, produciéndose la precipitación del coloide, y los otros dos iones, el H y el Cl permanecerán en el líquido. La cantidad de platino precipitado, tendrá que ser, según esta teoría, independiente del peso del electrolito agregado, siendo equivalente á la cantidad de iones de hidrógeno (1).

J. Perrin (2) al estudiar la *osmosis eléctrica*, observó que los tabiques porosos empleados en dicha operación, se electrizaraban por simple contacto con el agua ú otros líquidos; correspondiendo al medio líquido en todos los casos, una carga eléctrica de signo contrario. Esto sucede, en el caso de las macro-superficies; al considerar los *corpúsculos coloidales*, no se admite ya que estos sean homogéneos, sino—como el mismo autor lo dice—que se encuentran constituidos por uno ó muchos centros distintos, valiendo cada uno de ellos un elec-

(1) J. Duclaux Tesis pág. 82.

(2) C. R., t. 137, pág. 1868.

tron (1) Parece que la electrización por contacto, en general, aumentara por los iones H^+ y OH^- , y disminuiría á su vez por la acción de los iones polivalentes de signo opuesto (2).

Según la teoría de los coloides de Perrín (3) se puede admitir que las agrupaciones moleculares, una vez que hayan adquirido, en función de la cohesión y de la tensión superficial, una cierta masa, pueden á su vez disgregarse debido á la fuerza de repulsión, producida por electrones de un mismo signo; mientras que si durante el proceso de integración corpuscular, disminuyera el potencial eléctrico, se llega á un límite, pasado el cual se vuelve imposible toda segmentación. En el primer caso la energía eléctrica impide que los corpúsculos pasen de un cierto diámetro (coloide); en el segundo disminuyendo ésta, y aumentando la tensión superficial y la cohesión, siguen creciendo las masas globulares hasta producir la precipitación.

Como se acaba de ver, la teoría de Perrin explica de una manera aceptable la precipitación general de los coloides, basándose en los falsos equilibrios que dos fuerzas de sentido opuesto son capaces de producir: la *centrífuga* y la *centrípetas*.

(1) C. R., t. 137, pág. 564.

(2) Loc. cit., t. 137, pág. 1441.

(3) Loc. cit., t. 137, p. 564.

CAPÍTULO II.

La catálisis y los coloides.

Al poner en presencia dos ó más cuerpos de distinta naturaleza, se pueden producir en general los fenómenos siguientes: que dichos cuerpos cambien sus *afinidades*, estableciéndose un nuevo *equilibrio* químico; ó bien, que el sistema derivado guarde sus primitivas condiciones, es decir, que los cuerpos que lo compongan permanezcan con su individualidad propia. En el primer caso, se le denomina combinación; en el segundo, mezcla.

Las reacciones químicas pueden iniciarse por la sola presencia de los cuerpos que se hacen actuar, ó por la influencia de ciertos agentes energéticos, como ser la luz, el calor, la electricidad, etc.; un caso especial se manifiesta sin embargo en el estudio de dichas reacciones, y es el de la *catálisis*.

Se denomina catálisis el fenómeno que tiene lugar cuando en una reacción química, se sustituye á la energía suministrada bajo la forma de luz, calor, electricidad, etc., la acción de ciertos cuerpos, que por su *sola presencia*, inician, mantienen ó impiden ciertas reacciones, sin que se altere en lo más mínimo su constitución físico-química.

Las reacciones químicas tienen lugar en función de la afinidad; para que se efectúen, es necesario que exista una diferencia de potencial entre las *afinidades* acumuladas en los

distintos puntos del sistema. Ciertas substancias denominadas catalíticas pueden producir un desequilibrio dentro de un sistema *estático-químico*; del desequilibrio resulta el movimiento; del movimiento la combinación. Las denominadas substancias catalíticas *establecen la diferencia de potencial necesario para que la ley de las afinidades se cumpla*.

De la luz, de el calor, de la electricidad y de las demás manifestaciones energéticas, solo se conocen sus efectos y modalidades: su naturaleza íntima es completamente desconocida. Algo idéntico sucede con la denominada *fuerza catalítica*.

En vista de la gran analogía que existe entre los efectos de ciertas manifestaciones energéticas y las de las denominadas substancias catalíticas, hemos creído poder preguntarnos: ¿no será debido dicho fenómeno á la influencia de ciertas radiaciones no conocidas todavía? Creemos que en ese sentido se deben orientar las investigaciones, para tratar de explicar de una manera concreta, ese curioso fenómeno que desde tanto tiempo atrás viene llamando la atención á un gran número de químicos y biólogos.

Hace ya cerca de un siglo, anunciaba Kirchoff al mundo científico de su época, que haciendo actuar sobre el almidón una solución diluida de ácido sulfúrico, se observaba que todo el almidón se transformaba en azúcar; comprobando que el ácido mencionado, no formaba combinación alguna con los componentes del almidón. Su intervención era diferente de las conocidas hasta entonces: parecía producir un desequilibrio químico por la sola influencia de una energía acumulada en la molécula misma del ácido sulfúrico.

Más tarde, notó dicho sabio fenómenos análogos, al observar que la sangre y la savia daban en presencia de los distintos tejidos que bañaban, productos diferentes; atribuyó como causa de dichos fenómenos, á que los vasos segregaban sustancias que ejercían sobre los líquidos en contacto acciones parecidas á las del ácido sulfúrico en presencia del almidón.

El 18 de Enero del año 1819, cuando anunció Thenard que había llegado á obtener agua oxigenada que contenia cuarenta y un volumen de oxígeno, al describir sus propiedades, hace notar sobre todo, la de reaccionar muy enérgicamente sobre el óxido de plata, con gran desprendimiento de calor y producción de luz, bastante apreciable si la observación tiene lugar en la oscuridad. Además de este óxido, cita otros que también se comportan de una manera análoga, como ser el próxido de manganeso, el de cobalto, los óxidos de plomo, de platino, de paladio, de oro, de iridio, etc. Lo mismo muchos metales muy divididos, como ser la plata, el platino, el oro, el ósmio, iridio el rodio y el paladio (1).

Thenard, notó más tarde que muchas sustancias orgánicas, como ser: tejidos de animales y vegetales, gozaban de la misma propiedad. Observó también que los ácidos no ejercían acción alguna en la descomposición del agua oxigenada, mientras que los alcalisis favorecían su descomposición.

Si bien es cierto que otros sabios habían observado anteriormente los fenómenos catalíticos, fué Berzelius el que con un criterio nuevo amplió en general la idea que se tenía hasta entorces sobre un determinado número de reacciones poco conocidas, admitiendo que se producían en función de una fuerza de naturaleza eléctrica. «Algunos cuerpos — dice

(1) *Histoire de la chimie*. R. Jagnaux, t. 1, pag. 456.

Berzelius — ejercen por su contacto con otros, una influencia tal sobre éstos de manera que producen una actividad química, destruyendo combinaciones ó formando otras nuevas, sin que el cuerpo cuya presencia origine esto, tome en ello la más mínima participación; nosotros denominamos á la causa de este comportamiento, fuerza catalítica» (1).

H. Davy observó, que haciendo atravesar una mezcla compuesta de vapor de alcohol y éter por un recipiente en el cual se encontraba una espiral de platino previamente calentada al rojo, ésta se mantenía incandescente mientras la rodeaba la atmósfera de la mezcla mencionada. Repitió la misma experiencia, con el oro y con la plata y comprobó que estos dos metales no gozaban de la misma propiedad. Edm. Davy, descubrió también una preparación de platino de grandísima división mecánica, la cual, una vez humedecida con alcohol se mantenía incandescente á la temperatura ordinaria, transformando por oxidación el alcohol en ácido acético.

Döbereiner, descubrió que el musgo de platino, se inflamaba en una corriente de hidrógeno proyectada en el aire; observó asimismo que el platino, el iridio y otros metales, reaccionaban á temperaturas inferiores á cero grado, mientras que el oro y la plata lo hacían á temperaturas más elevadas (2).

En el año 1832, Döbereiner, haciendo pasar una mezcla de volúmenes iguales de oxígeno y de anhídrido sulfuroso sobre el negro de platino húmedo, constató la formación de ácido sulfúrico. Casi al mismo tiempo, Phillips y Magnus

(1) Berzelius, *Lehrbuch der chemie*, 1848, p. 110.

(2) *Supplemento annuale alla Enciclopedia di chimica*. Dr. Icilio Guareschi, 1900-1901, p. 345.

demonstraron que se formaba también anhídrido sulfúrico, mezclando los dos gases anteriores, en presencia del musgo de platino previamente calentado. Kuhlmann, observó primero la acción catalítica anterior, en la síntesis del anhídrido sulfúrico, y más tarde, en el año 1838, notó, que cuando se hacía pasar por un tubo calentado á 300°, una mezcla de amoníaco y aire, si en dicho tubo se colocaba previamente musgo de platino, se comprobaba la formación de ácido nítrico; el amoníaco encerrado en una combinación salina, se comportaba de una manera idéntica (1).

En el año 1834, cuando publicó Thenard su *Tratado de Química*, al estudiar las acciones de contacto, dijo, que éstas eran distintas de las demás reacciones químicas, atribuyéndolas á la electricidad.

El mismo sabio y su hijo, en el año 1855, presentaron á la Academia de Ciencias una interesante memoria en la que se proponían resolver el siguiente problema: «Dado un cuerpo que por el calor deje desprender un gas ó que teóricamente lo pueda desprender, investigar cuáles son los cuerpos que por su mezcla con él, tengan la propiedad de facilitar el desprendimiento del gas, sin absorber la menor cantidad, sin experimentar la más ligera alteración, actuando, en fin, de la misma manera que los metales los más oxidables sobre el bióxido de hidrógeno.»

Después de una prolija y sistemática descripción de los procedimientos empleados en sus diversas investigaciones, concluyen diciendo: «Hemos ensayado de esa manera, un gran número de cuerpos, á saber: los peróxidos metálicos y algunos protóxidos; los principales cloratos, hiperbromatos,

(1) C. R., t. VII, p. 107.

bromatos, iodatos, algunos nitratos, algunos sulfatos. La mayor parte, han sido sometidos separadamente á la influencia de los diez y siete cuerpos siguientes: Dos metales: plata y platino. Muchos otros metales como el oro, el iridio, el paladio, gozan, no lo dudamos, de la misma propiedad. Diez óxidos: el óxido de plata, el bióxido de mercurio, el bióxido de cobre, el bióxido de plomo, el óxido de bismuto el bióxido de estaño, el bióxido de manganeso, el sesquióxido de hierro y el óxido de zinc.»

«Nosotros creemos ciertamente, que muchos otros óxidos se comportan de la misma manera que éstos.»

«En fin, otros cinco cuerpos: el sulfato de plomo, el cromato de plomo, el cromato de plata, el fluoruro de calcio y la piedra pomez.»

Los autores mencionados han observado también, que algunos cuerpos que catalíticamente descomponen á otros, pueden, á su vez, en igualdad de condiciones, ser descompuestos por un tercero.

¿Qué conclusión se saca de todas estas observaciones?

«Como lo había propuesto después del descubrimiento del bióxido de hidrógeno—dice Thenard,—la fuerza catalítica, cualquiera que sea la causa, contribuye á menudo á producir los fenómenos que resultan de la acción recíproca de los cuerpos, y que es necesario tener en cuenta» (1).

Al tratar Berzelius de dar una explicación de los fenómenos catalíticos, se expresa del siguiente modo: «La fuerza catalítica parece propiamente consistir, en que algunos cuerpos, por su sola presencia y no mediante su afinidad, pueden á una dada temperatura, despertar la afinidad existente, así que, á causa de esta afinidad los elementos de un cuerpo

(1) C. R., t. xli, pág. 341.

compuesto se disponen entre si en otras relaciones, de las cuales depende el origen de una mayor neutralización eléctrica» (1).

Correnwinder, en una publicación hecha en el año 1861, dice, que hace más de diez años que ya anunciaba que la piedra pomez calentada al rojo sombra, ejercía una influencia bien manifiesta en la combinación del azufre con el hidrógeno, resultando de dicha combinación la formación de una gran cantidad de hidrógeno sulfurado. Más tarde, observó también, que calentando fragmentos de piedra pomez al rojo y poniéndolos en contacto con una mezcla de vapor de agua y azufre, se producía ácido sulfúrico. La sílice, en idénticas condiciones, gozaba de propiedades análogas (2).

Schönbein, le dá á la fuerza catalítica un lugar muy importante en la Naturaleza: dice, que las reacciones en las cuales dicha fuerza se manifiesta, se encuentran muy difundidas, tanto en el reino animal como en el vegetal. En su interesante trabajo publicado en el año 1863, comunica, que examinando granos y raíces correspondientes á un gran número de plantas, encontró en todas ellas sustancias catalíticas, atribuyéndoles á ellas, en gran parte, el poder germinativo de las semillas (3).

En el año 1872, observó Sulé, que en ciertas saponificaciones, como ser la del acetato de amilo por medio del agua hirviendo, disminuía la velocidad de ésta, bajo la acción de ciertos metales, como: el paladio, el oro, el rutenio, el iridio, plata y cobre, mientras que el mercurio y otros ejercían una acción casi nula. También notó el mismo autor,

(1) Berzelius. *Lehrbuch der Chemi*, 3.^a edic. 6,22 (Enciclopedia, di Guaneschi, p. 364).

(2) C. R., t. 53, p. 140.

(3) C. R., t. 56, p. 113.

que el paladio muy dividido ejercía una marcada influencia retardadora en la inversión de la sacarosa por medio del ácido clorhídrico diluido, notando el mismo fenómeno en el caso de la hidrólisis de la maltosa por medio del agua hirviendo (1).

Sainte-Claire De Ville y H. Debray (2), al ocuparse de las acciones catalíticas de ciertos cuerpos, se expresan así:

«Nosotros hemos constatado desde largo tiempo, empleando el zinc como disolvente de los metales del platino, que las materias pulverulentas y metálicas obtenidas después de la separación del zinc por los ácidos, tenían propiedades singulares que hemos estudiado con cuidado.»

«De la misma manera, cuando se precipita el rodio y el iridio de sus soluciones por el ácido fórmico ó el alcohol.»

«El rodio, en el estado particular que nos ocupa, descompone con desprendimiento de calor el ácido fórmico y lo reduce á elementos más simples, hidrógeno y ácido carbónico. Esta acción continúa casi indefinidamente.»

Los mismos autores, comprobaron que á temperaturas apenas superiores á la ordinaria, el rodio pulverulento en contacto con los alcalis, transformaba el alcohol en ácido acético, el cual, se combina con la potasa. Además hacen notar, que una vez debilitadas sus propiedades, pueden ser regeneradas éstas, lavando perfectamente el metal y secándolo al aire. Observaron también, que el platino y el paladio no ejercían acción alguna sobre el ácido fórmico, mientras que el iridio y el rutenio se comportaban como el rodio.

J. J. Coquillion (3) se ocupó de estudiar el fenómeno que

(1) *Supplemento Annuale alla Enciclopedia di Chimica scientifica e industriale*. 1900-1901.

(2) C. R., t. 78, p. 1782.

(3) C. R. t. 80, p. 1069.

tiene lugar cuando una mezcla de toluene y oxígeno del aire, se pone en contacto con un hilo de platino incandescente. Obtuvo como resultado de la oxidación, pequeñas cantidades de hidruro de benzóilo y de ácido benzóico. Análogas experiencias efectuó con una gran serie de hidrocarburos de la serie cíclica.

Al observar la acción ejercida por finos hilos de paladio sobre ciertas mezclas de hidrocarburos, notó que la acción era recíproca; puesto que, el paladio que disociaba los hidrocarburos, se modificaba él á su vez al cabo de un cierto tiempo, volviéndose quebradizo y tomando al microscopio su superficie un aspecto rugoso, parecido al del coke (1).

F. Bellamy al ocuparse del rol que desempeñan algunos metales en ciertas combinaciones gaseosas, se expresa del siguiente modo: «La espiral de platino, cuando se opera con el hidrógeno, adquiere en el quemador una viva incandescencia y provoca en seguida la combinación de la mezcla detonante, en tanto que el cobre y el hierro parecen estar desprovistos de esta propiedad, permaneciendo oscuros é inactivos» (2).

Huppe-Seyler, en el año 1879 publicó un trabajo «Sobre la excitación del poder oxidante del oxígeno, mediante el hidrógeno naciente». El autor de dicho trabajo, hizo varias experiencias al respecto, como ser: la acción del hidruro de paladio sobre una mezcla de ázoe y oxígeno puro; obtuvo de este modo pequeñas cantidades de nitrato de amonio, después de haber estado en contacto varios días. Comprobó también la formación de fenol, agitando en el aire, bencina en presencia de láminas de paladio cargadas de hidrógeno. (Ber. XII, p. 155).

(1) C. R., t. 84, p. 1503.

(2) C. R., t. 100, p. 1461.

Bauman, observó que poniendo el hidruro de paladio en presencia de una mezcla de oxígeno y óxido de carbono, se combinaba el óxido de carbono con el oxígeno formándose anhídrido carbónico.

P. Bert y P. Regnard, se puede decir, que desde el año 1880, han venido efectuando una serie de interesantes investigaciones concernientes á la acción ejercida por una gran cantidad de sustancias orgánicas sobre el agua oxigenada. Hicieron numerosas experiencias, empleando la levadura de cerveza, ciertas frutas y tejidos animales y vegetales. Experimentaron también con tejidos y secreciones de animales sanos y enfermos, observando que muchos de ellos descomponían, como lo hacia la fibrina, el agua oxigenada (1).

P. Cazeneuve y G. Daremberg (2), en uno de sus interesantes trabajos presentados á la Academia de Ciencias de Francia, dicen: «Los granos reciformes de los quistes sinoviales y de la gelatina de Warthon del cordón umbilical descomponen el agua oxigenada. Nosotros hemos demostrado en el año 1874 en el *Bulletin de la Societé de Biologie*, que estas dos sustancias, y en general todas las denominadas coloides por Virchow y sus discípulos, descomponen muy enérgicamente el agua oxigenada.»

También Bechamp se ha ocupado mucho en estudiar la acción de las microzimas en la descomposición del agua oxigenada. Construyó un cuadro comparativo, tomando la misma cantidad de agua oxigenada y observando la descomposición á diferentes tiempos, hasta llegar á intervalos de 44 horas; notó asimismo, que la microzima del pulmón era la que descomponía mayor cantidad de agua oxigenada, siendo su acción al principio tan viva como la del bióxido de man-

(1) C. R., t. 94, p. 1383.

(2) C. R., t. 94, p. 1586.

ganeso; le sigue á ésta, la de la sangre y la del hígado. Estudió además diez y ocho microzimas y una gran cantidad de substancias animales y minerales, notando en ellas, grandes diferencias en su poder catalítico (1).

El mismo autor se ha ocupado de investigar la acción de la materia roja de la sangre y de la hematosina en la descomposición del agua oxigenada (2).

En el año 1895, N. Spring, en el *Bulletin de l'Academie Royale de Belgique*, expone una serie de ideas sobre la descomposición del agua oxigenada mediante superficies de platino y diversos electrolitos.

El sabio alemán Ostwald, se ha dedicado con gran entusiasmo á los estudios de los fenómenos catalíticos. Ha llevado á cabo una gran cantidad de prolijas observaciones respecto á la descomposición del agua oxigenada por medio de substancias catalíticas, aclarando y ampliando así, los conceptos de Berzelius y de Schönbein, sobre las acciones de contacto ejercidas por ciertos catalizadores de naturaleza inorgánica y orgánica.

En el año 1893, al ocuparse Ostwald de la catálisis, dió de ella la siguiente definición: «La catálisis es la aceleración de una reacción química que se cumple lentamente, causada por la presencia de una substancia extraña.» Ostwald y Arrhenius establecieron que el tiempo debia considerarse como factor esencial en las medidas y clasificaciones de las reacciones químicas.

Schönbein en el año 1897, hace notar la influencia de ciertos fermentos orgánicos en la descomposición del agua oxigenada. En sus investigaciones, hizo uso del gluten, de la emul-

(1) C. R., t. 94, p. 1658.

(2) C. R., t. 94, p. 1720.

sina, y ciertos extractos acuosos de varias plantas. Observó al mismo tiempo, que todas estas substancias, perdían sus propiedades catalíticas por medio del calor. Este mismo sabio comprobó, que la esponja de platino tiene una marcada acción catalítica en la decoloración del ácido índigo-sulfúrico en presencia del agua oxigenada.

Centnerszwer publicó en el año 1898 un interesante trabajo sobre la influencia catalítica de varios gases y vapores en la oxidación del fósforo. Comprobó que la fosforescencia puede atenuarse bajo la influencia de determinados vapores y gases, como ser el ácido sulfhídrico y el éter (1).

Oscar Loew, profesor de la Universidad de Tokio, desde hace tiempo, se ocupa de estudiar una serie de reacciones que tienen estrecho parentesco con los fenómenos catalíticos. En muchas experiencias llevadas á cabo haciendo intervenir el musgo de platino cargado de oxígeno, ha observado, que éste se comporta de una manera análoga á las células vegetales, en algunos procesos biológicos. Ha notado además, que el nitrito de amonio se podía calentar á la ebullición, sin que sufriera la más mínima alteración en su composición, mientras que si se le introducía una pequeña cantidad de esponja de platino, se percibía enseguida un vivo desprendimiento gaseoso. También, entre otras observaciones del mismo autor, se puede citar la siguiente: cuando á una solución de una base enérgica, se le agrega pequeños trozos de musgo de platino, el ázoe del aire es absorbido con formación de amoníaco y nitrato de amonio.

Son muchos los hombres de ciencia que ven en la catálisis, algo más que un simple fenómeno explicado por las leyes físicas y químicas conocidas: creen que merece un estudio

(1) *Enciclopedia di Chimica* (supplemento annuale) Dr. Icilio Guareschi, 1900-1901 p. 362.

más detenido y profundo; piensan sacar de él, conclusiones valiosas tanto para la físico-química como para la biología. Es así, que W. Pfeffer, ilustre profesor de la Universidad de Leipzig, en su tratado de «Fisiología Vegetal» (1), se expresa diciendo: «Recientemente, la química ha acordado á las acciones catalíticas, largo tiempo descuidadas, la atención que ellas merecen.» El estudio de la *catalisis* es de trascendental importancia: la fuerza que produce tales fenómenos, parece encontrarse difundida en los tres reinos de la Naturaleza; y sin mucho aventurarse, se puede decir que de ella dependen, en gran parte, las síntesis biológicas.

Ninguna teoría ha explicado todavía de una manera concreta los *verdaderos* fenómenos catalíticos. Ostwald ha dicho: «La causa de los fenómenos catalíticos es todavía un misterio; su solución es una de las más difíciles, porque ella está basada en un nuevo principio, en relación con las leyes de la energía.» Mientras que Oscar Loew, refiriéndose á un caso particular, se expresa: «Son vibraciones caloríficas del éter, que, modificadas de una cierta manera por los átomos del musgo de platino, le confieren una actitud nueva y se transforman en vibraciones de energía química» (2).

Como se comprende fácilmente, el estudio de la catálisis está íntimamente ligado al de la constitución de la materia; las nuevas concepciones sobre la radioactividad en general, probablemente en el futuro, le prestarán el más sólido apoyo en la explicación de esos fenómenos. Gustavo Le Bon con sus interesantes investigaciones sobre la *materia* (3) y la

(1) *Physiologie Végétale*, 1905, pág. 516.

(2) *Nature des diastases*. E. Pozzi Escot, pág. 16.

(3) Dr. Gustave Le Bon. *L'Evolution de la Matière*.

energía (1), se puede decir, que está indicando el camino á seguir en ese sentido.

Acabamos de hacer notar hace un momento, la presencia del agente *catalítico*, en un gran número de cuerpos inorgánicos y orgánicos, simples y compuestos; pasamos ahora á detenernos un poco en los *coloides*, para confirmar también en ellos su existencia.

La materia viva, el protoplasma, constituido por *coloides*, es el asiento, tanto en los vegetales como en los animales de un indeterminado número de procesos químicos, que tienen por causas acciones catalíticas. «Si se considera lo que pasa en la célula—dice Pozzi-Escot—donde vemos que se efectúan reacciones poderosas—oxidación, reducción, hidratación y condensación—se puede suponer que los agentes de transformación química en la célula, son catalizadores, y en efecto esta hipótesis ha sido sostenida con éxito» (2).

A medida que la ciencia avanza, se confirma cada vez más que, en el misterioso laboratorio de la vida celular se encuentran un variado número de fermentos, los cuales, desempeñan trabajos físico-químicos determinados; produciendo en general, con pequeñísimas masas, grandes efectos.

Encuétrase en la naturaleza, en algunos organismos de rudimentaria constitución, unicelulares en su mayor parte, ciertos principios denominados *diastasas*, que reaccionan sobre una gran cantidad de cuerpos tanto del reino orgánico como del inorgánico.

La levadura de cerveza se desarrolla con prodigiosa velocidad en los líquidos azucarados, convirtiendo poco á poco á

(1) Dr. Gustave Le Bon. *L'Evolution des Forces*.

(2) Pozzi-Escot. *Nature des Diastases*, pag. 19.

éstos en alcohol y anhídrido carbónico. Dichas levaduras se comportan como si segregasen sustancias, que reaccionaran sobre el azúcar en condiciones diferentes que como lo hacen la generalidad de los cuerpos en las reacciones químicas (pequeñísimas porciones actúan sobre grandes cantidades de líquido azucarado). Más bien que reacciones, son verdaderas *acciones catalíticas*: enorme es la diferencia que existe entre la masa de los fermentos y la de la substancia que descomponen.

No solamente las células que viven independientes, son las que gozan de las propiedades mencionadas: un gran número de *especies* de células que forman parte integrante de organismos superiores, como ser de animales y vegetales, también se comportan de una manera análoga, si bien no en sus detalles, pero sí en su conjunto. Es así que el hígado, los riñones, la sangre, el cerebro, etc., segregan sustancias que descomponen el agua oxigenada; del mismo modo en un gran número de plantas, se han encontrado fermentos que actúan de una manera parecida sobre el peróxido de hidrógeno. Loew ha denominado *catalasa* á una enzima, á la que atribuye, como su nombre lo indica, propiedades catalíticas (1). Existen á su vez otra serie de principios que fijan catalíticamente el oxígeno del aire (oxidases).

Al considerar á los vegetales bajo la faz bio-química, se observan que éstos almacenan en diferentes partes de su organismo (en las denominadas materias de reserva), energía al estado potencial. Esta, no es directamente aprovechable: siendo por lo general insolubles las sustancias de reserva, no pueden atravesar las membranas celulares é integrarse en las

(1) Battelli (F.) et Stern (M^{ns}. L.) *Richesse en catalase des différents tissus animaux. L'Année Biologique*, 1904, pag. 154.

masas protoplasmáticas. Los fermentos, son los que transforman en solubles las substancias insolubles que constituyen las reservas; regeneran el protoplasma, y, contribuyen en gran parte al mantenimiento de la vida (dichos fermentos se encuentran difundidos en las diversas regiones del organismo).

Hasta ahora, se han separado éstos, en dos grandes grupos: los fermentos vivos organizados, y los fermentos solubles designados en general bajo la denominación de diastasas (1).

Se ha encontrado en los gérmenes de la cebada, un principio soluble que tiene una marcada acción en la descomposición del almidón en presencia del agua. Este hecho, ha aclarado mucho el concepto que se tenía de la fermentación alcohólica; pues se ha comprobado que muy pequeñas porciones de la diastasa de la cebada bastan para descomponer una gran cantidad de almidón. Büchner al descubrir en la levadura de la cerveza un fermento soluble que tiene la facultad de desdoblar la glucosa, ha concluido por afianzar definitivamente la idea de que todas las fermentaciones son debidas á la acción de las diastasas (2).

En el grano de ricino también se ha encontrado un fermento especial que actúa, no solamente sobre los aceites, sino también sobre la sacarosa, y sacarifica el almidón (3).

Los fermentos, provenientes ya sea de animales ó de vegetales, son de composición compleja. No se sabe con seguridad á qué se deben sus propiedades catalíticas; se encuentran sin embargo, asociados á ciertas substancias que conservan aun

(1) M. Paul Sabateir. *Revue Générale de Chemie pure et appliqué.* 1905 t. VIII, p. 1.

(2) Loc. cit.

(3) Urbain (E.) et Saugon (L). *Sur les propriétés hydrolysantes de la graine de ricin.* *L'Année Biologique.* 1904, p. 154.

después de prolijas purificaciones, las cuales, afectan el estado coloidal.

Basándose Bertrand en un buen número de observaciones llevadas á cabo en distintas épocas, unas personalmente, otras por diversos investigadores, ha deducido de ellas, como una consecuencia, que el manganeso se encuentra muy difundido en los tres reinos de la Naturaleza (1).

En el equilibrio denominado orgánico-vital, parece jugar este elemento un rol de trascendental importancia; su presencia, ha sido atestiguada tanto en el bacterio, representante de una de las formas más simples de la vida orgánica, como en esas complejidades celulares que constituyen los tejidos y los órganos de los vegetales y de los animales superiores.

En el latex de un árbol cultivado en la Indo-China, en China y en el Japón (en las especies *Rhus succedanea* y *Rhus vernicifera*), encontró Bertrand (2) las dos substancias principales siguientes: la *laccasa* y el *laccol*. Está disuelta, la primera en el latex; la segunda, al estado de emulsión. Tiene la *laccasa* el aspecto de las gomas; mientras que el *laccol* guarda ciertas analogías con los aceites. Sobre ambas substancias, separadamente, el aire no ejerce acción alguna; al mezclarlas, se observa un fenómeno extraño: absorbe la mezcla el oxígeno del aire mientras va ésta cambiando de coloración, la cual, vira hacia el negro. El *laccol*, es el que absorbe el oxígeno, mediante la intervención catalítica de la *laccasa*, pues se ha comprobado que esta última, permanece inalterable en el transcurso del proceso. «En esta curiosa transformación— dice Bertrand (3)—la *laccasa* juega el rol de intermediaria entre el oxígeno y el *laccol*, no entra ella misma en reacción,

(1) *Le Manganèse dans la Nature*, par M. Gabriel Bertrand.—*Revue Générale de Chimie*, t. VIII, p. 205.—1905.

(2) Loc. cit.

(3) Loc. cit.

sino de una manera transitoria, de suerte que una cantidad mínima basta para oxidar y transformar un peso considerable de laccol».

La laccasa es un fermento soluble y que pertenece al grupo de las oxidasas (1).

Después de efectuar una serie de interesantes experiencias, se inclina Bertrand, del lado de aquellos que suponen que el manganeso, al integrarse en las agrupaciones orgánicas que constituyen el protoplasma, le comunica á éste la propiedad de fijar en gran parte el oxígeno del aire, debido á la hidrolización de sus sales y á la poca estabilidad de algunos de sus óxidos (2).

Para hacer ver la importancia, no del manganeso como especie química, sino de la energía denominada catalítica, manifestada tanto en el metal ya mencionado como en otras sustancias orgánicas é inorgánicas, es que transcribimos á continuación de una importante publicación de Bertrand (3), el resultado de sus experiencias y algunas de sus observaciones, por considerar á ambas de gran valor en la confección de ese capítulo de la ciencia comenzado por Thenard, Kirchoff y Berzelius.

Refiriéndose el autor citado, al máximo desarrollo á que se puede hacer llegar un vegetal, conservando en las proporciones de los elementos nutritivos la armonía necesaria, se expresa así:

«Esta observación que la práctica agrícola verifica de una manera tan evidente, cuando se trata de los elementos: carbono, ázoe, fósforo, potasio, etc., que entran en gran cantidad en la composición química del vegetal, es decir, de los ele-

(1) Loc. cit.

(2) Idem.

(3) Sur l'emploi favorable du manganèse comme engrais. — Gabriel Bertrand, C. R. p. 1255.—26 Diciembre 1905.

mentos plásticos, debe ser cierto igualmente para aquellos, como el manganeso, del cual no se encuentra sino trazas, y que, en razón de sus funciones especiales, pueden ser denominados los *elementos catalíticos*.»

Loew y algunos de sus alumnos (Aso, Nagaoka y Sawa), asimismo Kanter, Hell, Gossel y Passerini (1), y otros como Micheel y De Heen (2), han efectuado un variado número de experiencias, observando todos ellos «que era suficiente emplear una proporción extraordinariamente pequeña de metal para obtener resultados apreciables» (acelerando en general el desarrollo).

He aquí los resultados de algunas experiencias llevadas á cabo por Bertrand, en colaboración con el distinguido agrónomo M. L. Thomassini:

Después de dividir una misma calidad de tierra en dos partes, en igualdad de condiciones, á una de ella se le agregó sulfato de manganeso puro y seco (recibiendo cada metro cuadrado de esta última, cerca de 1,6 de metal.)

En estas experiencias, como especie vegetal, se sirvieron de la avena, la cual, después de haber alcanzado en ambas superficies un desarrollo más ó menos homogéneo (duró el cultivo más de cinco meses), obtuvieron los siguientes resultados:

«Sin manganeso:

Peso total.....	1290 Kg.	Sea por hectárea	6450 Kg.
Después de la trilla	{ granos.....	518	2590 .
	{ pajas y zurrones..	768	8840 .

Con manganeso:

Peso total.....	1580 Kg.	Sea por hectárea	7900 kg.
Después de la trilla	{ granos.....	608	3040 .
	{ pajas y zurrones..	968	4840 .

(1) Idem.

(2) Note au sujet de l'action stimulante du manganèse sur la germination par H. Micheel et P. De Heen *Bulletins de la classes des Sciences de l'Académie Royale de Belgique* 1906, p. 288.

«Las diferencias en favor del manganeso, son pues:

- Para el conjunto de la cosecha 22,5 por 100
- Sea para el grano..... 17,4 . . .
- Sea para la paja 26,0 . . .

«El examen comparativo de los granos ha dado las cifras
» siguientes:

	<u>Sin manganeso</u>	<u>Con manganeso</u>
• Peso del hectólitro.....	44 kg.	46,5 kg.
• Agua á + 110°....	17,48 por 100	16,85 por 100
• Cenizas.....	2,82 .	2,88 .
• Manganeso.....	0,000004	0,000004
• Azoe total.....	1,61	1,58

Como se puede ver por este último análisis, el manganeso en los dos casos, se encuentra en la misma proporción: el vegetal no ha integrado en su edificio orgánico, más que la misma cantidad de metal, que puede sacar de una tierra, á la cual, previamente no se le haya agregado. Refiriéndose Bertrand á los resultados de sus experiencias, dice: «Ellas indican una nueva vía á seguir en el estudio de las causas á las cuales es atribuible la fertilidad del suelo y autoriza á ensayar, á igual título que el manganeso, todos los elementos raros: boro, zinc, iodo, etc., de los cuales se tiene el derecho de suponerles rol fisiológico.»

Según datos del mismo autor, en el cultivo del arroz, llegó Aso á aumentar su rendimiento en conjunto, de un 42 % (1).

Propone Bertrand el nombre de *abonos catalíticos*, á todos los cuerpos que se comportan de una manera análoga al manganeso, en los procesos bioquímicos en general.

Sabatier, en su interesante conferencia, al tratar de los fermentos, dice, que las sales minerales pueden reaccionar como verdaderos fermentos. En vista de esto, es necesario esta-

(1) Sería muy interesante, ensayar la influencia catalítica del manganeso sobre especies vegetales, pertenecientes á familias distintas.

blecer una nueva definición al respecto: «Se puede—expresa el autor citado,—denominar *fermentos*, las materias que en virtud de combinaciones temporarias que ellas contraen en un sistema, pueden transformar una cantidad indefinida de substancia. Estas materias pueden ser cuerpos poco complicados, como las sales de manganeso, ó, al contrario, cuerpos muy complejos, como las oxidasas orgánicas ó las células vivientes productoras de diastasas (1).

A. Trillat, consiguiendo mantener en suspensión el bióxido de manganeso coloidal dentro de un medio albuminoideo, ha podido observar, que al hacer actuar la mezcla así obtenida, en presencia del ácido gálico, en ambiente alcalino y en contacto del oxígeno del aire, la albúmina de huevo favorecía la fijación, del oxígeno dependiendo del porcentaje en albúmina, el acrecentamiento de la acción mencionada. Con la gelatina hizo las mismas experiencias, y obtuvo resultados en un todo parecidos.

Como se acaba de ver, basándose en la experiencia, ha venido Trillat á confirmar la hipótesis de Bertrand, de que, en las oxidasas las materias proteicas mantienen en sus mejores condiciones el rol oxidante del manganeso. Obtuvo al mismo tiempo de esa manera, artificialmente, una preparación *físico-química* que, según el modo de comportarse, tiene grandes analogías con aquellos fermentos que naturalmente se elaboran en el seno de las masas protoplasmáticas, conocidos bajo el nombre de oxidasas. Además, se observan otros puntos de parentesco: la parte activa de dichos coloides, es precipitable por el alcohol, y, una vez precipitada, lavada y secada, al ser redisuelta, se vuelve activa; si se le calienta durante unos veinte minutos á 105°, pierde sus propiedades, sin que tenga lugar coagulación alguna; después de

(1) M. Paul Sabatier. *Revue Générale de Chimie*, t. VIII, p. 332, 1905.

un tiempo prolongado, vuelven á recuperar, aunque debilitadas, sus propiedades oxi-calíticas; á la ebullición las pierde para siempre (1).

Muy interesantes son también las observaciones de Michiels y De Heen respecto á la acción estimulante de algunos metales, como ser: el estaño (2), el magnesio (3), el manganeso (4), y el platino (5), al estado coloidal.

Los datos que se acaban de indicar, ponen en evidencia cada vez más, que ese estado particular de la materia (el coloidal), se encuentra en condiciones especiales, guardando grandes analogías con los constituyentes del protoplasma. Se le puede considerar á los metales y á las múltiples combinaciones de la materia en tal estado, como difundiendo una energía, que solo se conoce de una manera indirecta.

Toda esa serie de trabajos que hemos mencionado, vienen indicando un nuevo método bio-químico, para penetrar cada vez más en el estudio analítico al mismo tiempo que sintético del protoplasma.

En el misterioso laboratorio de la vida celular—hemos dicho ya—las diastasas, parecen desempeñar un papel de transcendental importancia: son, se puede decir, individualizando los conceptos, los *químicos* encargados de preparar por medio de la síntesis y del análisis, ese cúmulo de cuerpos que cons-

(1) A. Trillat. Influence activante d'une matière albuminoïde sur l'oxydation provoquée par le manganèse. Sur le rôle d'oxydases que peuvent jouer les sels manyaneux en presence d'un colloïde. — *L'Année Biologique* de 1904, p. 151.

(2) *Bulletins de classe des Sciences de l'Academie Royale de Belgique*. Action de la solution colloïdale d'étain sur des graines en germination, pág. 810, 1905.

(3) Idem. Action stimulante exercée sur la germination par des mélangés de salutions colloïdales, pág. 119, 1907.

(4) Idem. Note au sujet de l'action stimulante du manganèse sur la germination, pág. 288, 1906.

(5) Idem. Desixieme note au sujet de l'action stimulante exercée sur la germination par des mélangés de salutions colloïdales, pág. 1027, 1907.

tituyen, por sus múltiples combinaciones, en su conjunto armónico, el ser biológico.

Muchas han sido las ideas vertidas, con el objeto de explicar el rol que desempeñan las diastasas, en los procesos bio-químicos. Hasta el presente, no se conocen bien en su intimidad las causas de tales fenómenos. El Dr. K. Aso, profesor del Instituto Agrícola de la Universidad Imperial de Tokio, asimila las diastasas á transformadores mecánicos; supone que sean capaces de absorber por sí solas radiaciones caloríficas, ya bien emanen del sol, ya provengan del medio ambiente que las rodea, para ser transformadas enseguida en energía química; siendo esta última modalidad energética, la que parece intervenir de una manera catalítica, para que tengan lugar así esas reacciones que aparentan contrariar las leyes generales de las combinaciones químicas (1).

La energía química que en ciertas reacciones las enzimas y otros fermentos orgánicos aparentan suministrar, tienen en unos casos, sobre la afinidad de los cuerpos reaccionantes, mayor influencia que el calor, la luz ó la electricidad; otras veces, parecen intervenir puramente como ejerciendo acciones *específicas*. Si sabemos que existen reacciones que sólo tienen lugar por la influencia del calor; que hay combinaciones en que interviene la electricidad; que dependen otras puramente de acciones foto-químicas:—si se admite que el calor, la luz, la electricidad, el magnetismo y demás manifestaciones energéticas, son funciones periódicas del movimiento del éter,—¿no se podrá suponer acaso, que las denominadas sustancias *catalíticas* sean capaces de transformar por sí solas—como Aso, respecto al calor lo dice—modalidades de la energía en otra ú otras que tengan sobre la afinidad de

(1) Introduction a l'étude de la Chimie Végétale et Agricole, par le Dr. K. Aso avec la collaboration de M. Emm Pozzi, Escot, pág. 42, 1903.

los cuerpos puestos en presencia, influencias considerables, superiores á las conocidas en la actualidad?

Si hasta el presente no se ha puesto directamente en evidencia esa energía, que por tradición histórica se le puede denominar *catalítica*, dentro del campo de las hipótesis, no hay—como muchos autores lo hacen—por qué negar su existencia. ¿Se conocían acaso hace centenares de años las corrientes de alta frecuencia, los fenómenos producidos por las sustancias radio-activas, como así también los denominados rayos X, etc.? Cuando por medio de la lógica científica no se puede desechar una hipótesis, se debe proseguir el trabajo de investigación en ese sentido, hasta que de una manera positiva se compruebe ó se deseche lo que por intuición se formule.

Ciertos químicos, como Barendrecht (1), admiten que, las diastasas se encuentran en un estado particular de radiación.

E. Mayer, en una serie de semillas que hizo germinar á la luz (2) y en la oscuridad (3), ha notado la emisión de ciertas radiaciones no bien especificadas todavía; las cuales, aumentan de intensidad á medida que el proceso germinativo se acelera.

¿Los estudios precedentes, no nos hacen pensar acaso, en el rol que algunas radiaciones no conocidas tienen en los procesos químicos?

Antes de hacer algunas consideraciones al respecto, tratemos de conocer un interesante trabajo de Henri y Mayer, que creemos tiene en esta clase de especulaciones, gran importancia.

Henri y Mayer (4), haciendo actuar sobre una determina-

(1) *Bulletins de la société de Chimie de Paris*, p. 886.—1906.

(2) *C. R.*, t. 138, p. 101.

(3) *C. R.*, t. 138, p. 272.

(4) *C. R.*, t. 138, p. 591.

da cantidad de fermentos, como ser: la invertina, la emulsina, la tripsina, y sobre algunos coloides inorgánicos, positivos y negativos, las emanaciones del *radio*, observaron en los primeros, una disminución paulatina sus propiedades catalíticas en función del tiempo; en los segundos, que bajo acción de las radiaciones β (cargadas negativamente), se precipitaban solamente los coloides positivos. Según los resultados de los autores mencionados, los fermentos orgánicos, parecen encontrarse en los dos casos cargados de una *cierta electricidad*; pues los fermentos provenientes del jugo pancreático no experimentan cambio alguno.

Si se admite que los coloides poseen una carga eléctrica determinada, es lógico que se les asigne también a los fermentos, por ser estos coloides.

Si los coloides cargados de electricidad de signo opuesto a la emitida por el *radio*, son los que precipitan, ¿por qué no suponer que los fermentos orgánicos, deben su propiedad catalítica a una carga energética (eléctrica u otras no conocidas) particular?

Al decir que algunos coloides (fermentos orgánicos e inorgánicos) emiten una cierta energía, se admite de hecho, que ésta sea de origen intrínseco o extrínseco con relación a la masa del coloide: las substancias que gozan de tales propiedades, deben producir la energía mencionada, o bien, emitirla después de haber sido absorbida del medio exterior.

En el caso de ser ésta de naturaleza intrínseca, se debe considerar que *dichas substancias* (catalizadores), se encuentren constantemente irradiando energía (fuerza catalítica) sin que su masa disminuya en el transcurso del proceso, o que ésta (la masa), siendo de constitución heterogénea, dentro del sistema que el catalizador representa, tengan lugar reacciones tales, que pongan de manifiesto al exterior una cierta cantidad de energía, la cual, a su vez, sea capaz

de iniciar combinaciones ó descomposiciones químicas.

Si la denominada fuerza catalítica, no dependiese directamente de los catalizadores, se tendría que admitir que éstos la absorben del medio exterior, y que, bajo ciertas condiciones, la devuelven en un estado particular de condensación. Si así se les considera, vendrían á desempeñar simultáneamente el rol de acumuladores y de condensadores energéticos; decimos condensadores, porque suponemos en tal caso, que la energía irradiada no se encuentra ya en las mismas condiciones que antes de ser absorbida por las substancias que gozan de propiedades catalíticas: aumentando debido á la condensación, su potencial *dinámico-químico*.

Como se comprende, basándonos puramente en la experimentación, podremos inclinarnos en uno ó en otro sentido.

Aquellos que atribuyen á los catalizadores el papel de condensadores energéticos, tienen en los trabajos de Melander datos que pueden servirles de apoyo al sostenimiento de dicha hipótesis.

El autor que se acaba de citar, valiéndose de un dispositivo especial y haciendo uso de un variado número de cuerpos, tanto orgánicos como inorgánicos, ha llevado á cabo sus investigaciones.

Notó Melander que bastaba sólo la influencia de la luz solar para que las substancias por él examinadas, se cargasen, según los casos, de electricidad positiva ó negativa. En su interesante trabajo publicado en la *Revue Générale des Sciences*, se expresa del siguiente modo: «Las experiencias que acabo de mencionar parecen probar que la energía radiante, como lo mismo, otras formas de energía, pueden dar nacimiento á cargas eléctricas. Experiencias ulteriores demostrarán si todos los cuerpos pueden cargarse al sol,

y se deberá especialmente estudiar cuál es el rol que juega el aire ambiente sobre los cuerpos expuestos á la luz. Parece en todo caso bien probable, que los rayos solares sean la fuente de la carga eléctrica de la Tierra, y se puede preguntar si el sol no nos dará la electricidad de la misma manera que nos dá el calor» (1).

Así como hay cuerpos que absorben más ó menos calor; así como hay otros que se comportan de análoga manera respecto á la electricidad, bien puede ser que existan algunos que sean capaces de *acumular* y *concentrar* modalidades de la energía no conocidas todavía, las cuales, viniendo del sol, rodeen á nuestro planeta y sean la causa indirecta de los misteriosos fenómenos catalíticos. ¿Se sabe acaso en esencia, lo que es la afinidad química? . . .

El admitir que las materias que tienen propiedades catalíticas desempeñan el papel de *acumuladores-condensadores*, no es explicar en sí el fenómeno de la catalisis, sino el desear plantear su estudio de una manera distinta: en lugar de investigar el modo cómo un cuerpo emite por sí energía, averiguar cómo una ó varias modalidades de la energía radiante exterior á las sustancias químicas, es retenida y condensada por los *catalizadores*. Se deduce, de lo que se acaba de decir, que lo primero que se ha de tener en cuenta en tales casos, es la constitución fisico-química de las sustancias que gozan de dichas propiedades.

¿La fuerza catalítica en general, dependerá de un estado particular de la materia? Al hacer una ligera descripción histórica de la *catalisis*, se ha observado la existencia del mencionado agente catalítico, ya sea en delgadas láminas ó

(1) *R. G. des Sc.* Diciembre 15 de 1906, p. 1028. L'électrisation par rayonnement et l'émission d'ondes rapides par les corps á la température ordinaire.

en finos hilos, como asimismo, en rugosas superficies ó no cuerpos extremadamente divididos. También se ha notado su presencia, tanto en las sustancias orgánicas como en las inorgánicas, sean estas sólidas, líquidas ó gaseosas.

¿Qué se puede contestar ante tantos aspectos heterogéneos de la materia, produciendo efectos análogos?

¿Se podría decir, acaso, que su condición física no interviene en el proceso?

No se ha podido precisar aún—basándose en un buen número de experiencias,—el estado físico particular que *debe* afectar la materia para determinar los procesos catalíticos. Sin embargo, parece que existiera al respecto, una cierta relación con la amplitud superficial de los cuerpos que gozan de tales propiedades: cuando se aumenta ésta por medio de una división mecánica, aumenta también en la mayor parte de los casos, la intensidad catalítica.

¿En los procesos catalíticos, los elementos y las funciones químicas, se comportan de una manera idéntica?

Así como en las reacciones en general, los elementos tienen cada uno una cierta capacidad de combinación, así también la energía catalítica se almacena de una manera diferente según sean las especies químicas: oscila la capacidad de éstas entre ciertos límites, desde cero hasta un máximo (soluciones coloidales de platino que contienen $\frac{1}{900.000}$ de milígramo del metal respectivo, descomponen todavía el agua oxigenada (1).

Para determinar la capacidad catalítica relativa de cada uno de los elementos químicos, se tomará, en igualdad de condiciones, una sustancia determinada, la cual, pueda descom-

(1) *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, t. LXII, p. 122, 1906. *Importancia del estudio de las soluciones coloidales para las ciencias biológicas*, por Angel Gallardo.

ponerse total ó parcialmente en sus elementos constituyentes, bajo la influencia de ciertos catalizadores conocidos: por ejemplo, el agua oxigenada. Se debe, además, tener en cuenta tanto la masa de la substancia catalizable, como la de los catalizadores. En las mismas condiciones, se tomará el resultado de los efectos catalíticos de uno de ellos, como tipo de la escala. Como se comprende, en esta clase de investigaciones hay que tener muy en cuenta el tiempo, factor de gran importancia.

Entre los metales al estado coloidal, se observan diferencias notables respecto á su capacidad catalítica.

Tanto en los animales como en los vegetales la acción de las substancias denominadas tóxicas constituye hasta el presente, uno de los puntos oscuros de la ciencia: se conocen sus efectos; se ignoran sus causas. El estudio de dichos fenómenos es extremadamente complejo: antes de comenzar esa clase investigaciones, es necesario fijar de antemano las condiciones físico-químicas de ese substracto biológico, el protoplasma, para poder así buscar, no solamente parentescos y analogías en el plano de lo conocido, sino también, poder acondicionar la experiencia dentro de límites concretos.

Se confirma cada día más, que la materia viva, el protoplasma, se encuentra afectando un estado físico particular: el *coloidal*. « Los coloides—dice Duclaux—poseen las dos propiedades fundamentales de la materia viva: la transformación continua y la irreversibilidad de esta transformación » (1).

Desde que se ha descubierto que el protoplasma está constituido por coloides, se han podido encaminar las investigaciones bio-químicas de lo simple á lo complejo: en lugar de

(1) J. Duclaux. Tesis, 1904, p. 100.

tomar directamente la materia viva, se hace uso de un coloide de composición conocida.

Así como en una reacción química, para medir la acción que un cuerpo ejerce sobre otro, es necesario reflejar esta á fenómenos determinados (calor, luz, electricidad); en los coloides, al estudiar la influencia ejercida por las substancias tóxicas, se emplean procedimientos en todos parecidos: se observa en general, la disminución progresiva del poder catalítico de estos.

Hemos visto ya, la semejanza que existe entre las acciones catalíticas de los fermentos provenientes del protoplasma (animal y vegetal) con las de los denominados fermentos inorgánicos; pasemos ahora á hacer notar otras analogías que ponen más en evidencia el estrecho parentesco entre ambos.

Bredig, eligiendo entre los fermentos inorgánicos, el platino coloidal, hizo actuar sobre él un buen número de substancias tóxicas. De sus experiencias dedujo las siguientes conclusiones: «Los venenos de las diastasas y de la sangre son también venenos para el platino coloidal; estas substancias (por ejemplo ácido cianhídrico, cianuro de iodo, H^2S , CO , $Az H^3$, el nitrito de amilo, la hidroxilamina, etc.), detienen la acción del platino coloidal cuando se agregan desde cantidades muy débiles. Es así, que el ácido cianhídrico en solución $\frac{1}{40.000.000}$ normal (que contiene 1 gramo-molécula en 40.000.000 litros) disminuye netamente la acción catalítica del platino coloidal sobre el agua oxigenada. Pero cuando se hace desaparecer el ácido cianhídrico, la acción catalítica reaparece; y se sabe que la misma propiedad se aplica á los fermentos orgánicos y á los de la sangre».

«También el óxido de carbono disminuye la actividad del platino coloidal, pero este último adquiere su actividad después de la eliminación del CO ».

«El iodo es también (según las experiencias de M. J. Keda)

un veneno intenso para el platino coloidal. Una solución que contenga 1 gramo-molécula de cianuro de iodo en 40 millones de litros, detiene la acción catalítica del platino.»

«El cloruro de mercurio acciona netamente en solución de 1 gramo-molécula en 1 millón de litros, el cianuro de mercurio es también un veneno, pero mucho menos intenso (resultados análogos á los obtenidos por Paul y Krönig sobre la acción tóxica de las sales de mercurio sobre los esporas.)»

«He aquí las substancias cuya acción ha sido estudiada, y las diluciones para las cuales la acción inhibidora es todavía neta; los números representan la cantidad de litros que contienen 1 gramo-molécula: ácido cianhídrico, 40.000.000; cianuro de iodo, 40.000.000; iodo, 10.000.000; bromo, 30.000; ácido sulhídrico, 10.000.000; sulfuro de carbono, acción neta; thiosulfato de soda, 5.000; óxido de carbono, más de 1.000; fósforo 20.000; fosfuro de hidrógeno, 4.000; hidrógeno arseniado, acción muy fuerte; ácido arsenioso, acción débil; nitrato de amilo, acción fuerte; ácido azotoso, acción bastante neta; clorhidrato de hidroxilamina, 25.000; hidrazina, dudosa; anilina, acción bastante fuerte; nitro benzol, acción débil; sublimado, 1.000.000; cianuro de mercurio, 200; pirogalol, 1.000; clorato de potasa, acción nula á la concentración de 1.000 litros.»

«El señor profesor Edschaer (Strasbourg), estudiando la influencia de estos diferentes venenos sobre la acción catalítica de la sangre en la descomposición del agua oxigenada, ha llegado á resultados muy próximos de los precedentes» (1).

En las experiencias llevadas á cabo por Bredig, se observa no solamente que existe un íntimo parentesco entre los fer-

(1) C. R., t. 182, p. 576.—*Analogies entre les actions diastasiques du platine colloidal et celles des diastases organiques.*—G. Bredig.

mentos orgánicos (naturales) y los inorgánicos (artificiales), respecto á las recíprocas acciones catalíticas en la descomposición del agua oxigenada; sino también que la semejanza se mantiene, cuando en igualdad de condiciones, se les somete ambos á la influencia tóxica de un variado número de sustancias.

Tienen esta clase de investigaciones gran importancia: señalan, un nuevo camino á seguir, tanto á la biología como á la fisico-química.

En un futuro *ensayo* que pienso llevar á cabo con el Dr. Horacio Damianovich, trataremos de complementar en lo que sea posible esta primera parte, en que se ha dividido el presente trabajo. Estudiaremos detenidamente la acción de un regular número de *catalizadores* (orgánicos é inorgánicos) en la descomposición del agua oxigenada; observando al mismo tiempo, las modificaciones que tienen lugar en dicho fenómeno, cuando se hacen intervenir agentes tóxicos.

SEGUNDA PARTE.

Estudio de una propiedad bio-química de la plata coloidal obtenida por el procedimiento de Bredig.

Acción de la plata coloidal en la germinación.

En esta clase de investigaciones, una de las cuestiones de mayor importancia, es tener en cuenta la pureza del agua con que se opera. J. Boehm ya en el año 1875 había observado ciertas anomalías en la germinación bajo la influencia del agua destilada (1).

Dehérain y Demoussy, comprobaron que tanto los vegetales superiores como los inferiores, sufrían una marcada modificación en su desarrollo, cuando se les sometía á la acción de ciertos agentes químicos, en dosis que se escapan al análisis. También Coupin, se ha ocupado de análogos estudios, tanto desde el punto de vista de la acción retardatriz (2) como aceleradora de la vida (3).

(1) P. P. Dehérain et Demoussy. Sur la germination dans l'eau distillée C. R., t. 132, pág. 522.

(2) H. Coupin. Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à de doses très faibles de substances toxiques. C. R., 1901, pág. 645.

(3) H. Coupin. Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à l'action utile des sels de potasse. C. R., 1901, pág. 1582.

Ha observado Naegeli (1), que es suficiente introducir una moneda de oro en el agua destilada para que ésta ejerza una marcada acción tóxica sobre la *Spyrogyra*. Como el oro puro no influye en igualdad de condiciones: se le ha atribuído al cobre la propiedad mencionada, en dosis que se escapan al análisis químico más minucioso (2).

Dehérain y Demoussy, en la tercera conclusión de su trabajo sobre *la germinación en el agua destilada*, dicen: «Los seres vivos: hongos, algas, granos de vegetales superiores en vía de germinación, son reactivos infinitamente más sensibles que todos aquellos que se emplean en el laboratorio, y descubren la presencia de cantidades infinitesimales de un metal como el cobre, que no se le puede caracterizar por las reacciones químicas habitualmente empleadas» (3).

A justo título, pueden colocarse estos fenómenos entre las denominadas acciones catalíticas. Así como Bredig en el reino inorgánico, ha observado que ciertas substancias, en dosis extremadamente pequeñas, detienen la acción catalítica del platino en la descomposición del agua oxigenada, así también, algunas otras, influyen de análoga manera en los sistemas bio-químicos, anulando ó modificando condiciones biológicas.

H. Coupin (4) se ha ocupado de estudiar la influencia ejercida por el sulfato de cobre sobre ciertos vegetales. Observó que esta sal hace sentir ya sus efectos nocivos, desde la dosis de $\frac{1}{700.000.000}$. Lo mismo Dehérain y De-

(1) Ann. agr., t. 20, pág. 157.

(2) C. R., t. 132, pág. 526.

(3) Loc. cit., pág. 527.

(4) Sur la sensibilité des végétaux supérieurs à de doses très faibles de substances toxiques. C. R. 1901.

moussy (1) determinaron que á uno ó á dos diez millonésimos, el cobre detiene el desarrollo de las raíces del trigo ó del altramuz blanco ó amarillo.»

Por los trabajos citados, se podrá deducir, lo difícil que es observar en el proceso germinativo, la acción exclusiva del *agua*; pues puede ésta, encerrar sustancias que influyan en el equilibrio biológico y que pasen desapercibidas al análisis químico más minucioso.

Micheels y De Heen, en uno de sus interesantes trabajos sobre la germinación, se expresan así: «Se puede decir, pues, de una manera general, que las aguas destiladas empleadas en las culturas acuosas, no son sino soluciones extremadamente diluídas que ejercen una acción favorable ó una acción desfavorable según la naturaleza y la dosis de las sustancias que ellas encierran» (2).

En nuestras investigaciones, hemos usado agua destilada proveniente de un alambique de cobre estañado, la cual, antes de ser empleada, se redestiló nuevamente en un aparato de vidrio, sin la intervención de metal ni sustancia orgánica alguna. De la destilación se recogieron solamente las aguas medias, desechando las primeras y últimas porciones.

Teniendo en cuenta, que aunque se destile el agua con el mayor número de precauciones posibles, no se puede impedir que encierre ésta ciertas impurezas, provenientes ya sea de los aparatos usados (metálicos primero, de vidrio después), ya bien del medio exterior: se ha empleado la misma calidad de agua, tanto para preparar la serie de soluciones coloidales de plata, como para obtener el *tipo*, que sirvió de término de comparación en la escala.

(1) Sur la germination dans l'eau distillée. C. R. 1901.

(2) *Bulletin de la classe des sciences de l'Académie Royale de Belgique.*—*Sur l'eau distillée et les cultures aqueuses*, p. 269, 1905.

La plata coloidal empleada en estas experiencias, se obtuvo por el medio del procedimiento de Bredig, descrito en la primera parte. Los alambres metálicos que intervinieron en dicha preparación, fueron confeccionados y analizados por el Dr. Jacinto T. Raffo, químico de la Casa de Moneda de la Nación, quien, dentro de los límites del análisis, ha garantido su pureza (1).

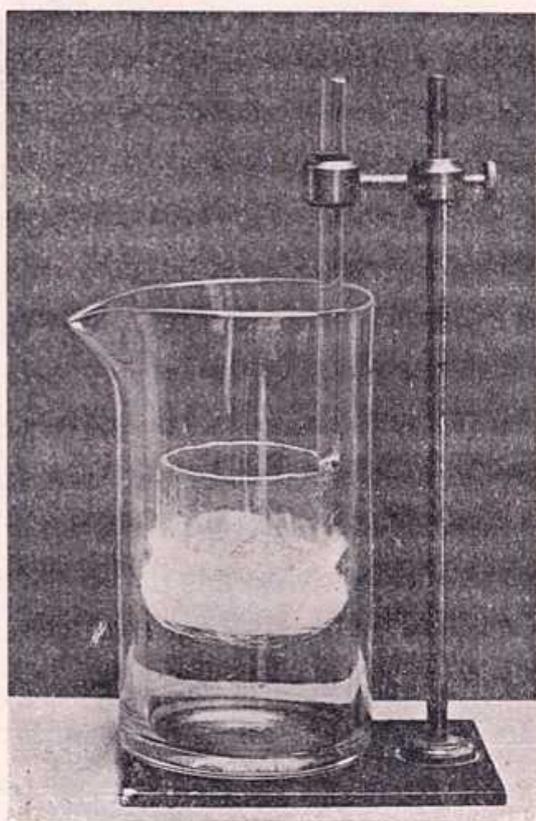
Micheels y De Heen (2) para hacer germinar las semillas, emplearon en sus investigaciones, el procedimiento siguiente: sobre un tejido de largas mallas, tendido sobre un cristizador, colocan las semillas después de ser convenientemente elegidas y de haber permanecido unas veinticuatro horas en el agua destilada.

Para tratar de evitar en lo posible la intervención de toda substancia, que no sea la que entra en la composición del aparato en el cual se hicieron las destilaciones, es que hemos reemplazado la tela orgánica empleada por los autores mencionados, por una fina capa de algodón de vidrio. El germinador empleado en nuestras experiencias—como lo demuestra la figura—es muy sencillo. Se compone de un cilindro de vidrio abierto en sus dos bases; en una de ellas, se encuentra soldada una delgada varilla, según la dirección de su generatriz; la extremidad opuesta, está ligeramente ensanchada en sus bordes, con el objeto, de poder mantener la delgada trama

(1) Agradezco al Dr. Jacinto T. Raffo, su cooperación en esta parte.

(2) *Bulletin de l'Academie Royale de Belgique*, 1905, p. 266.

de algodón de vidrio. Por medio de un hilo, se retiene el algodón á una altura conveniente.



Germinador de vidrio, usado para observar la acción bio-química de la plata coloidal.

Una vez listo este pequeño germinador, se sumerge durante unos veinte ó treinta minutos en ácido clorhídrico concentrado y caliente; después, se lava prolijamente en agua redestilada hirviendo, hasta desalojar completamente el ácido y se seca en la estufa. La parte secundaria, la compone un pequeño vaso, en el cual, se coloca el líquido que se desea experimentar y, un soporte que sirve para mantener el germinador á una cierta altura.

Para evitar que penetre el polvo atmosférico en el interior del germinador, se tapa éste, ya sea por medio de una pequeña campana de vidrio, ó simplemente se cubre el vaso con una delgada hoja de papel.

Deseando que las experiencias se efectuasen bajo las mejores condiciones de homogeneidad, se ha tratado de que el conjunto de procesos bio-químicos que tienen lugar en la germinación, se realicen en la oscuridad y á una temperatura de 25° centígrados.

Desde un principio, se preparó una cantidad suficiente de plata coloidal, á fin de poder disponer en el transcurso de las experiencias, del mismo tipo de coloide.

Para cada especie vegetal, se emplearon cinco germinadores: en el primero, el cual sirvió de *tipo*, se colocó agua *redes-tilada*; en los restantes, soluciones de plata coloidal de diferente concentración. Se usó para cada experiencia, la misma serie de soluciones, con la sola diferencia, de que según las semillas, se reemplazó, ya sea el primero ó el último término de ésta, por otros de mayor ó de menor concentración. En los cuadros que figuran á continuación, se indica respectivamente el título de las soluciones mencionadas.

Las semillas que intervinieron en estas investigaciones, se eligieron convenientemente, teniendo en cuenta su tamaño y las reglas establecidas para asegurarse de su relativa fecundidad. Antes de ser colocadas en los germinadores, se lavaron repetidas veces con agua redestilada; después, se secaron cuidadosamente sobre papel de filtro.

En la suposición de que la acción bio-química de la plata coloidal podría variar según las especies vegetales, se ensayaron algunas semillas pertenecientes á familias distintas.

El Dr. Eduardo L. Holmberg clasificó las doce especies que figuran á continuación, las cuales, han sido empleadas en

las experiencias que constituyen el tema de la presente tesis (1).

GRAMÍNEAS:

Phalaris arundinacea

Phalaris canariensis

Panicum miliaceum

Phleum pratense

CRUCÍFERAS:

Sinapis nigra

Brassica rapa

Brassica napus. var. Oleifera

Raphanus sativa

LEGUMINOSAS:

Trifolium repens

Medicago sativa

Hedysarum coronarium

Vicia sp.

(1) Agradezco á mi maestro el Dr. E. L. Holmberg su contribución botánica en este trabajo.

Resumen general de los resultados experimentales.

Como las semillas empleadas en estas investigaciones pertenecen á tres familias distintas, se ha dividido esta parte en los tres grupos siguientes: *gramíneas*, *crucíferas*, *leguminosas*. Cada grupo, comprende á su vez cuatro especies.

La precedente disposición, tiene la ventaja, de hacer resaltar con mayor claridad, dentro de cada grupo, las analogías y semejanzas.

Doce cuadros, correspondientes cada uno de ellos, á una especie determinada, resumen los resultados obtenidos. A continuación de éstos, siguen en cada grupo, una lámina con cuatro gráficas y las fotografías correspondientes á los fenómenos observados (1).

Las gráficas se han construido según el sistema de representación cartesiana. En el eje de las abscisas, figura el porcentaje en plata de cada uno de los términos que constituyeron las series de soluciones coloidales; en el de las ordenadas, el término medio de las longitudes de los tallos hojas y raíces.

(1) Los números que figuran tanto en las gráficas y como en las fotografías, se corresponden en cada uno de los grupos.

PRIMER GRUPO:

Gramíneas.

Corresponden los resultados indicados en los cuadros N.º I, N.º II, N.º III, N.º IV.

Núm. I.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 10 DÍAS

Números (a)	Familia: GRAMÍNEA.	Nombre de la especie: <i>Phalaris Canariensis</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	50	90	133
2	gr. 0,00105375.	35	13	2
3	gr. 0,0021075.	26	18	0
4	gr. 0,004215.	20	11	0
5	gr. 0,00843.	13	6	0

(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías.

N.º II.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 10 DÍAS.

Números (a)	Familia: GRAMÍNEA.	Nombre de la especie: Panicum Miliaceum		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	50	31	85
2	gr. 0,00105375.	19	14	3
3	gr. 0,0021075.	17	12	0
4	gr. 0,004215.	13	11	0
5	gr. 0,00843.	6	5	0

N.º III (1).

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 10 DÍAS

Números (a)	Familia: GRAMÍNEA.	Nombre de la especie: Phalaris arundinacea		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	31	25	46
2	gr. 0,000526875.	21	5	0
3	gr. 0,00105375.	13	7	0
4	gr. 0,0021075.	12	5	0
5	gr. 0,004215.	12 (?)	5 (?)	0

(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías

(1) En este caso, no se empleó la solución más concentrada usada en las experiencias anteriores (N.º I y N.º II), por paralizar completamente la germinación; se reemplazó en cambio, por una solución, cuyo título en plata correspondía a la mitad del término más diluido de las series mencionadas. Si se notan ciertas anomalías en los términos medios, tanto en las columnas correspondientes a los tallos como a las hojas, hay que tener en cuenta que el número de las plantas que han estado bajo la acción de las soluciones más concentradas, no corresponden al de granos colocados: *ha habido por consiguiente un retardo bien manifesto en la germinación.*

N.º IV (1).

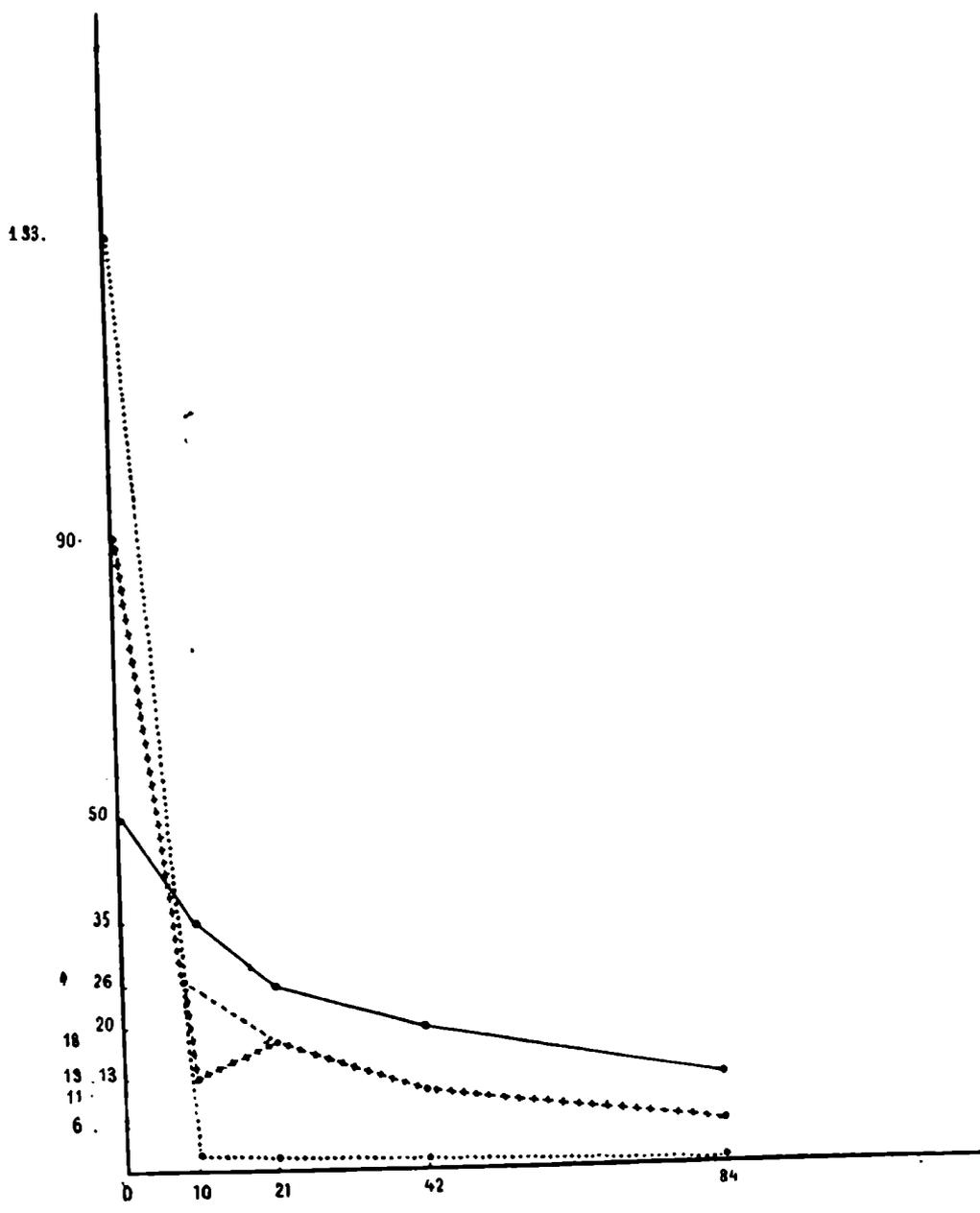
DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 10 DÍAS

Números (a)	Familia: GRAMÍNEA.	Nombre de la especie: <i>Pheum pratense</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	22	17	23
2	gr. 0,000526875.	17	19	0
3	gr. 0,00105375.	13	9	0
4	gr. 0,0021075.	10	4	0
5	gr. 0,004215.	5	2	0

(a) Los números corresponden á los indicados en las fotografías.

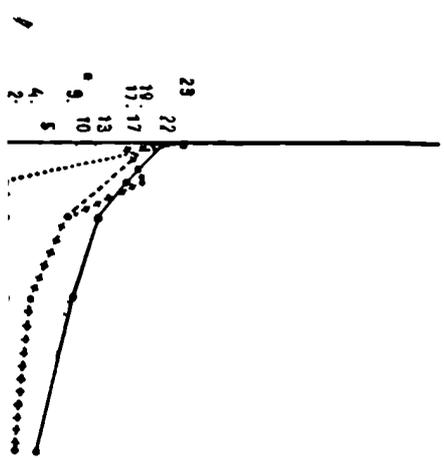
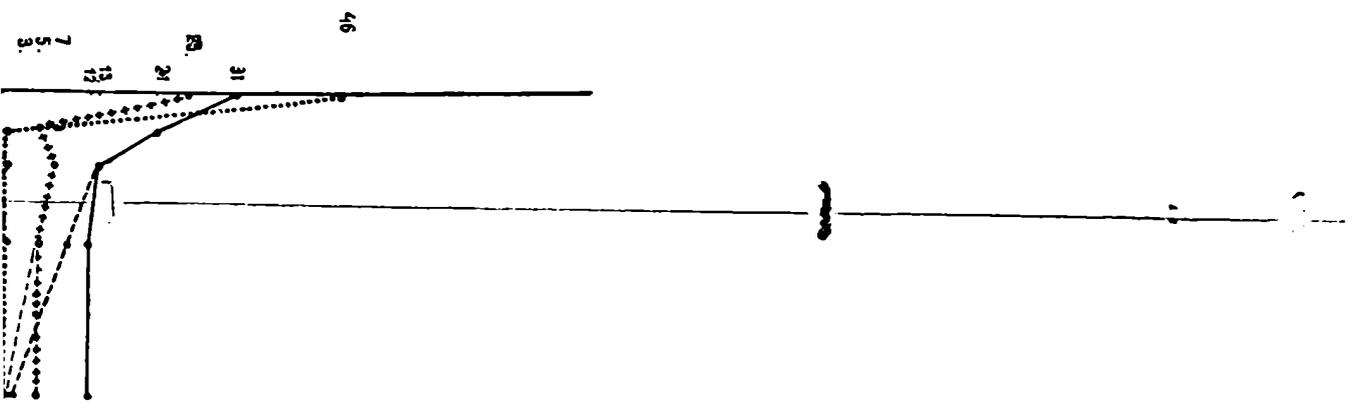
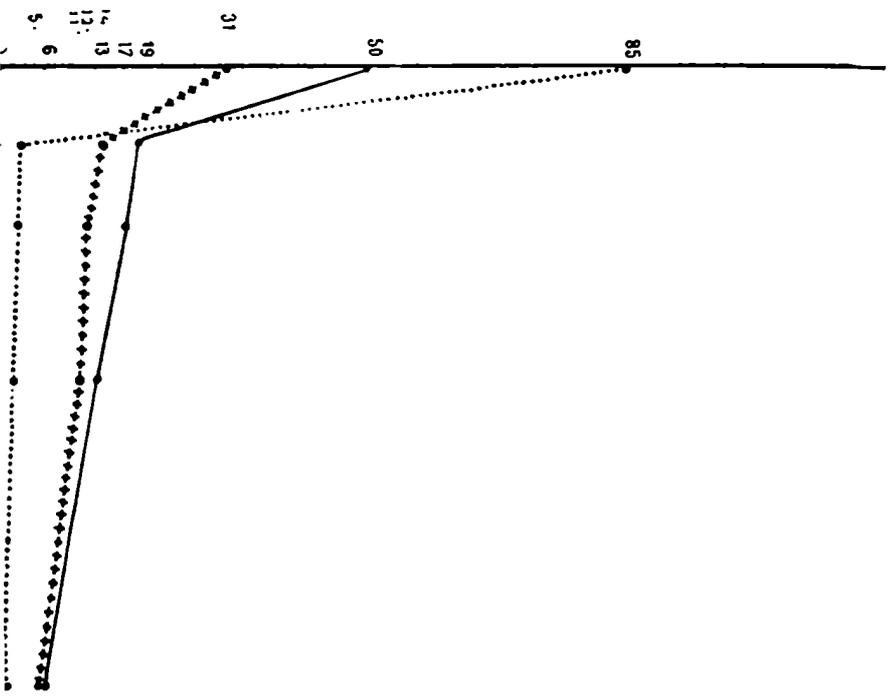
Se observa que la plata coloidal Bredig, ejerce en los cuatro casos, una marcada acción retardatriz, tanto sobre los tallos como sobre las raíces y las hojas, aumentando dicha acción con la concentración. En las raíces, se nota una extremada sensibilidad: la paralización del desarrollo del cono vegetativo, es muy acentuada ya desde la solución más diluida. En general, disminuye el poder germinativo con la concentración.

(1) Se empleó la misma serie de soluciones que en la anterior.



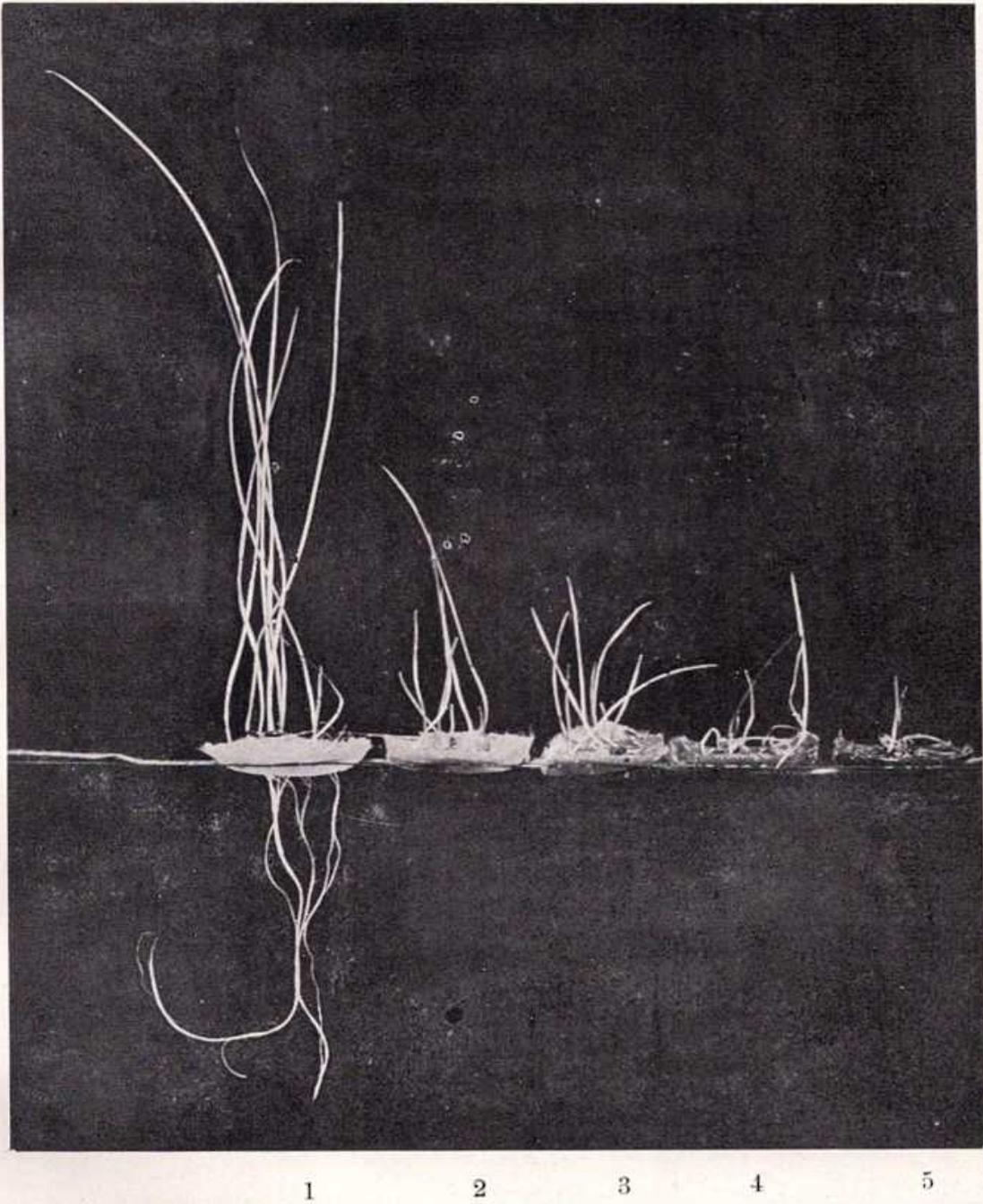
N.º I.

PRIMER GRUPO



PRIMER GRUPO

N.º I.

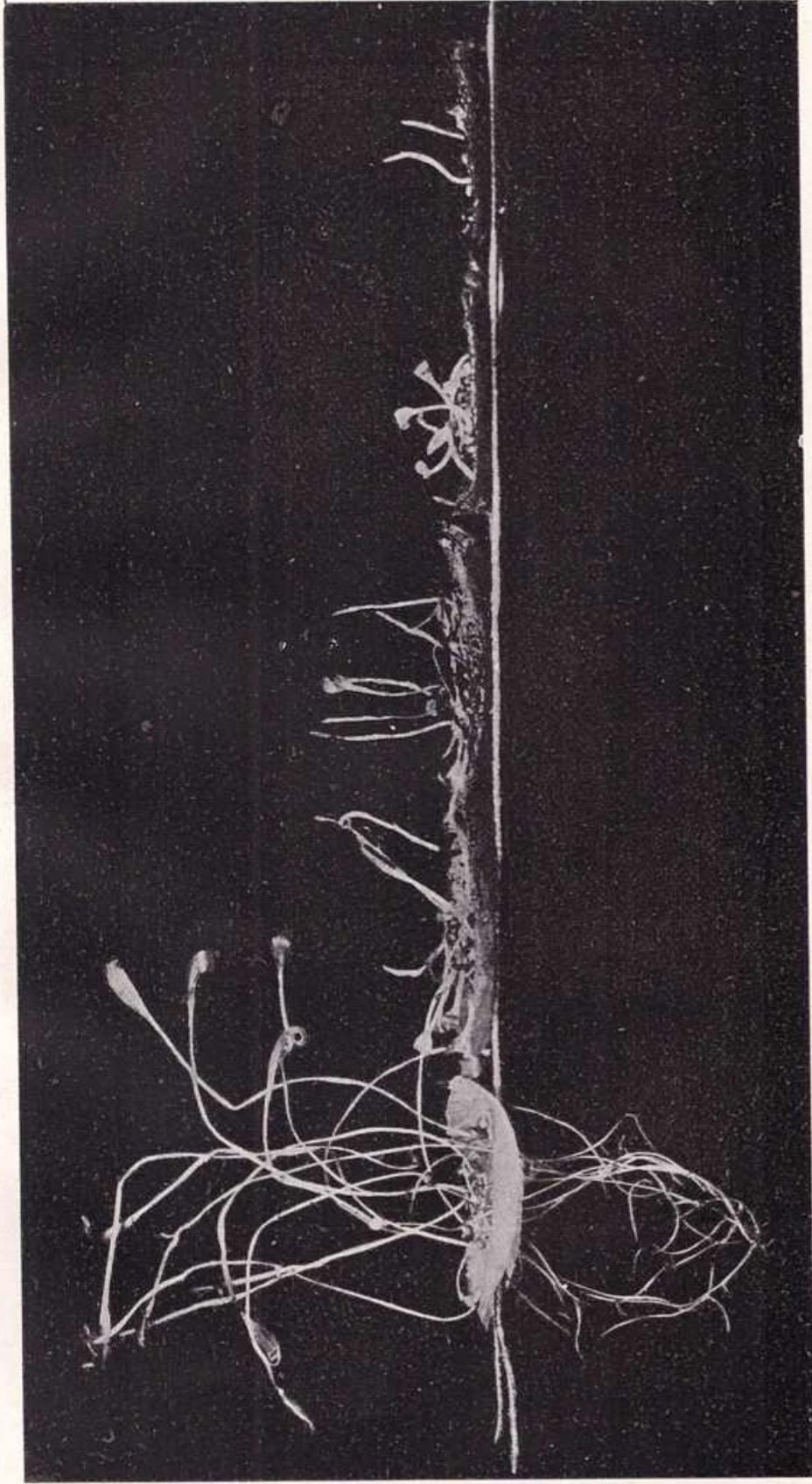


Phalaris Canariensis

Acción de la plata coloidal en la germinación.

PRIMER GRUPO

N.º II.



1

2

3

4

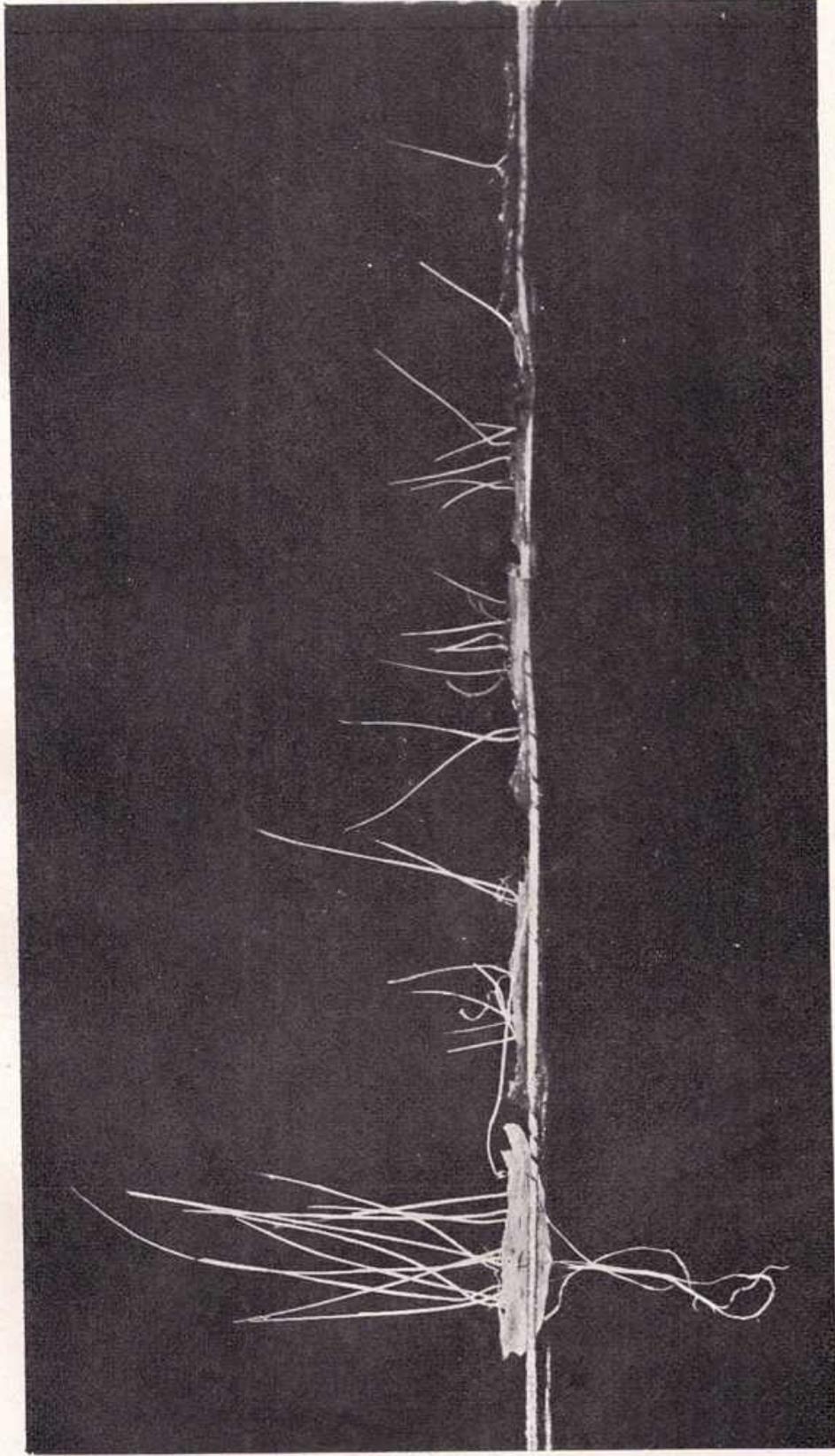
5

Panicum Miliaceum

Acción de la plata coloidal en la germinación.

PRIMER GRUPO

N.º III.

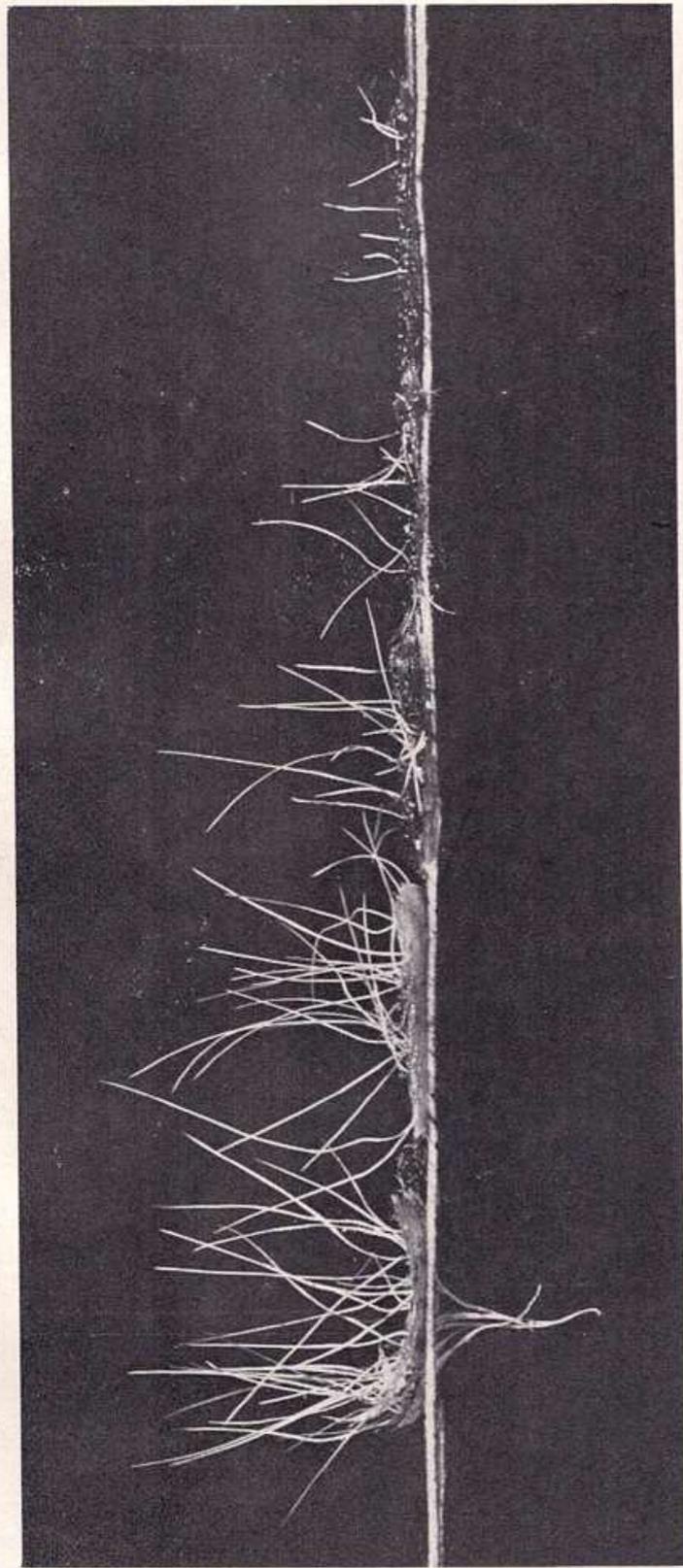


Phalaris Arundinacea

Acción de la plata coloidal en la germinación.

PRIMER GRUPO

N.º IV.



Phleum Pratense

Acción de la plata coloidal en la germinación.

SEGUNDO GRUPO

Crucíferas.

Corresponden los resultados indicados en los cuadros N.º V, N.º VI, N.º VII, N.º VIII.

N.º V.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 9 DÍAS

Números (a)	Familia: CRUCÍFERAS.	Nombre de la especie: <i>Raphanus Sativa</i>		
	— Título por ciento de la solución coloidal de plata	Término medio del largo		Término medio de la superficie que resulta de multiplicar el ancho por el largo de las hojas en mm.
		de los tallos en mm.	de las raíces en mm.	
1	Tipo: Agua redestilada	58 (1)	90	35
2	gr. 0,00105375.	63	84	84
3	gr. 0,0021075.	31	41	77
4	gr. 0,004215.	24	21	36
5	gr. 0,00843.	15	14	35

(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías.

(1) La anomalía notada en el desarrollo de los granos que han germinado en el agua redestilada, se puede considerar, dado los resultados de otras experiencias, como una excepción, debida a la naturaleza misma de éstos, pues en casos análogos, se han obtenido tallos y raíces cuyos términos medios han alcanzado recíprocamente 100 y 110 mm.

N.º VI.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 9 DÍAS

Números (a)	Familia: CRUCÍFERAS.	Nombre de la especie: Brassica napus, var. Oleifera		
	— Título por ciento de la solución coloidal de plata	Término medio del largo		Término medio de la superficie que resulta de multiplicar el ancho por el largo de las hojas en mm.
		de los tallos en mm.	de las raíces en mm.	
1	<i>Tipo:</i> Agua redestilada	89	65	12
2	gr. 0,000526875.	35	28	19
3	g. 0,00105375.	27	17	20
4	gr. 0,0021075.	26	9	20
5	gr. 0,004215.	25	7	15

N.º VII (1).

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 9 DÍAS

Números (a)	Familia: CRUCÍFERAS.	Nombre de la especie: Brassica rapa		
	— Título por ciento de la solución coloidal de plata	Término medio del largo		Término medio de la superficie que resulta de multiplicar el largo por el ancho de las hojas en mm.
		de los tallos en mm.	de las raíces en mm.	
1	<i>Tipo:</i> Agua redestilada	68	52	5
2	gr. 0,000526875.	24	19	15
3	gr. 0,00105375.	17	9	11
4	gr. 0,0021075.	16	5	12
5	gr. 0,004215.	13	5	9

(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías.

(1) En este caso no se ha usado la solución más concentrada, en cambio, se operó con una diluida, por los motivos ya mencionados en la nota de la página 97.

N.º VIII.

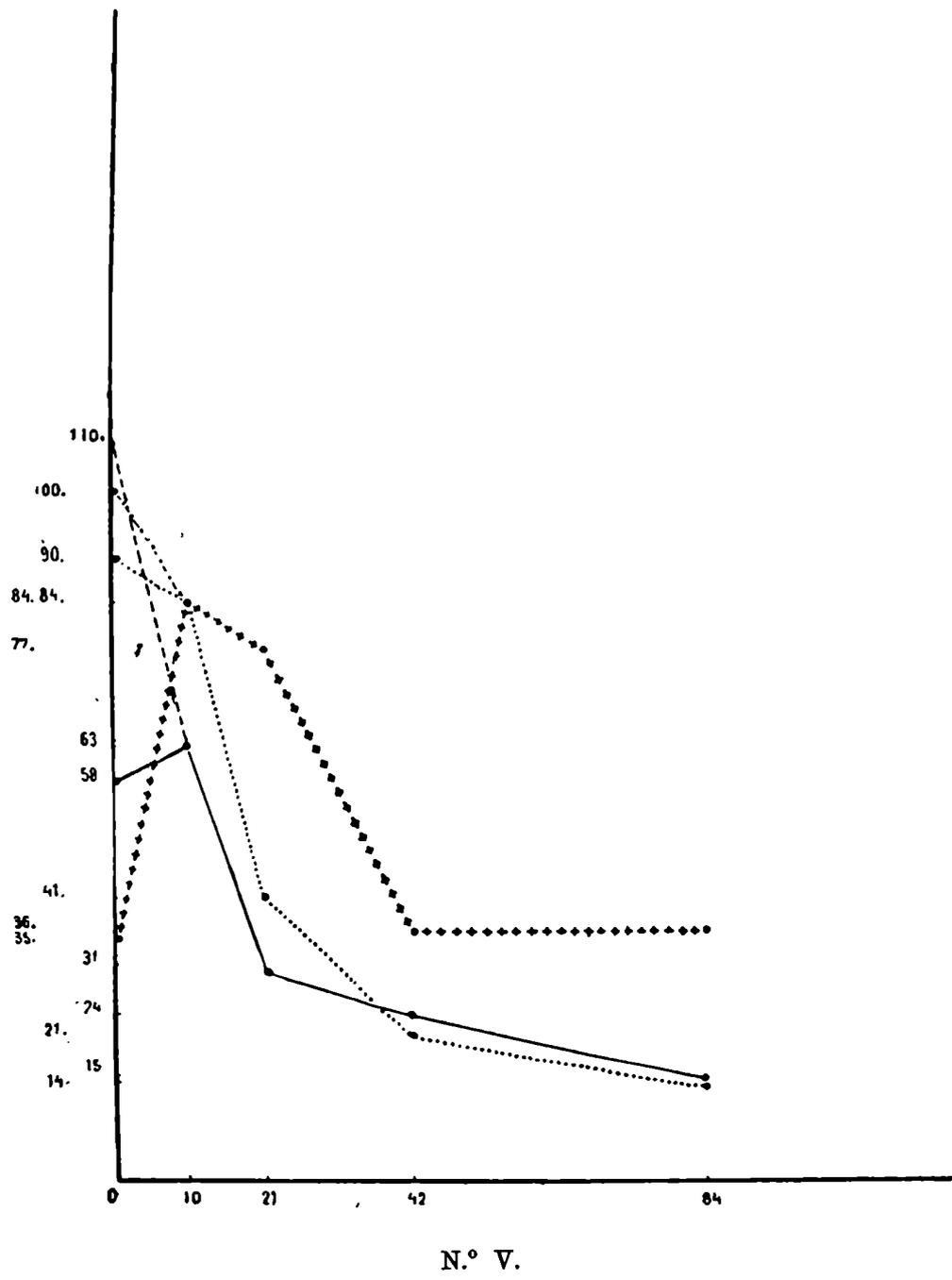
DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 15 DÍAS

Números (a)	Familia: CRUCÍFERAS.	Nombre de la especie: Sinapis Nigra		
	—	Término medio del largo		Término medio de la superficie que resulta de multiplicar el ancho por el largo de las hojas, en mm.
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las raíces en mm.	
1	Tipo: Agua redestilada	60	48	4
2	gr. 0,000526875.	25	18	11
3	gr. 0,00106375.	14	11	15
4	gr. 0,0021075.	9	3	12
5	gr. 0,004215.	5	4	9

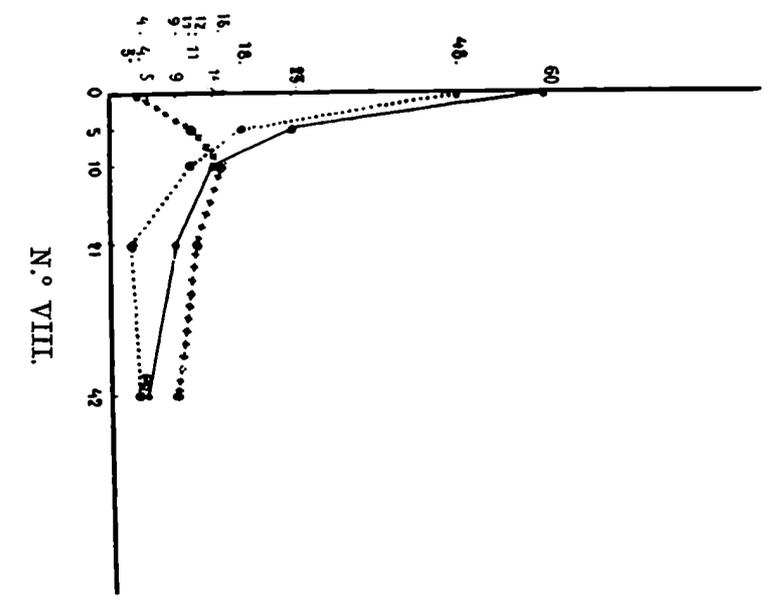
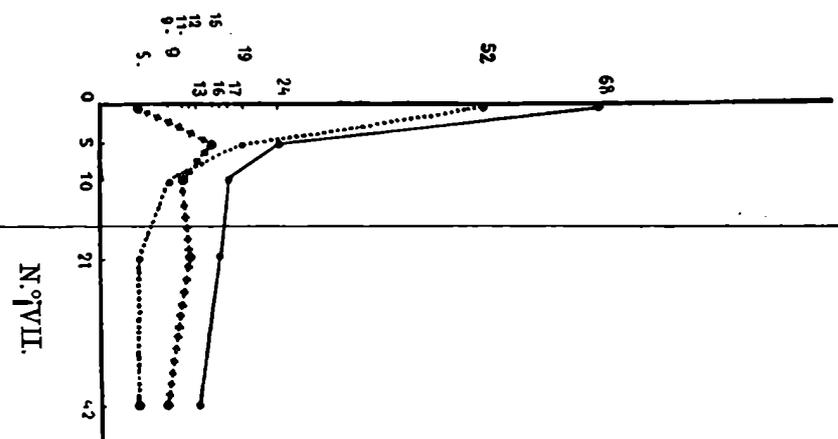
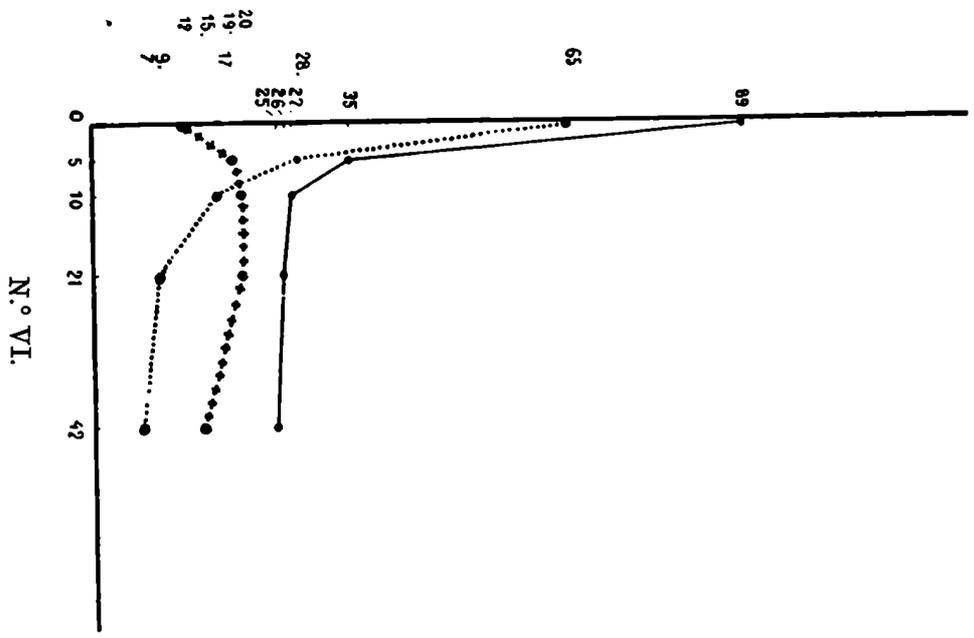
(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías.

Las soluciones coloidales de plata accionan sobre la germinación, por una parte, acelerando entre ciertos límites el desarrollo de las hojas (corresponde en general, el máximo a las soluciones más diluidas); por otra, disminuyendo el crecimiento de los tallos y raíces. Se observa en las raíces, una cierta resistencia a la influencia tóxica de la plata coloidal; dicha resistencia, disminuye a medida que aumenta el porcentaje metálico. Cuando la solución ha alcanzado una cierta concentración, las raíces no atraviesan el algodón de vidrio: se desarrollan dentro del germinador.

Las raíces, se colorean de pardo bajo la acción prolongada de la plata coloidal; en los tallos, se precipita parcialmente el coloide en toda su longitud, bajo la forma de pequeñas granulaciones que *aumentan en las proximidades de las hojas*. Se ha comprobado por otra parte, que mientras las plántulas que se han desarrollado en el agua, después de haber llegado á un máximo en su crecimiento, perecen por falta de alimento, *las sometidas á la acción de la plata coloidal continúan manteniéndose con vida*.

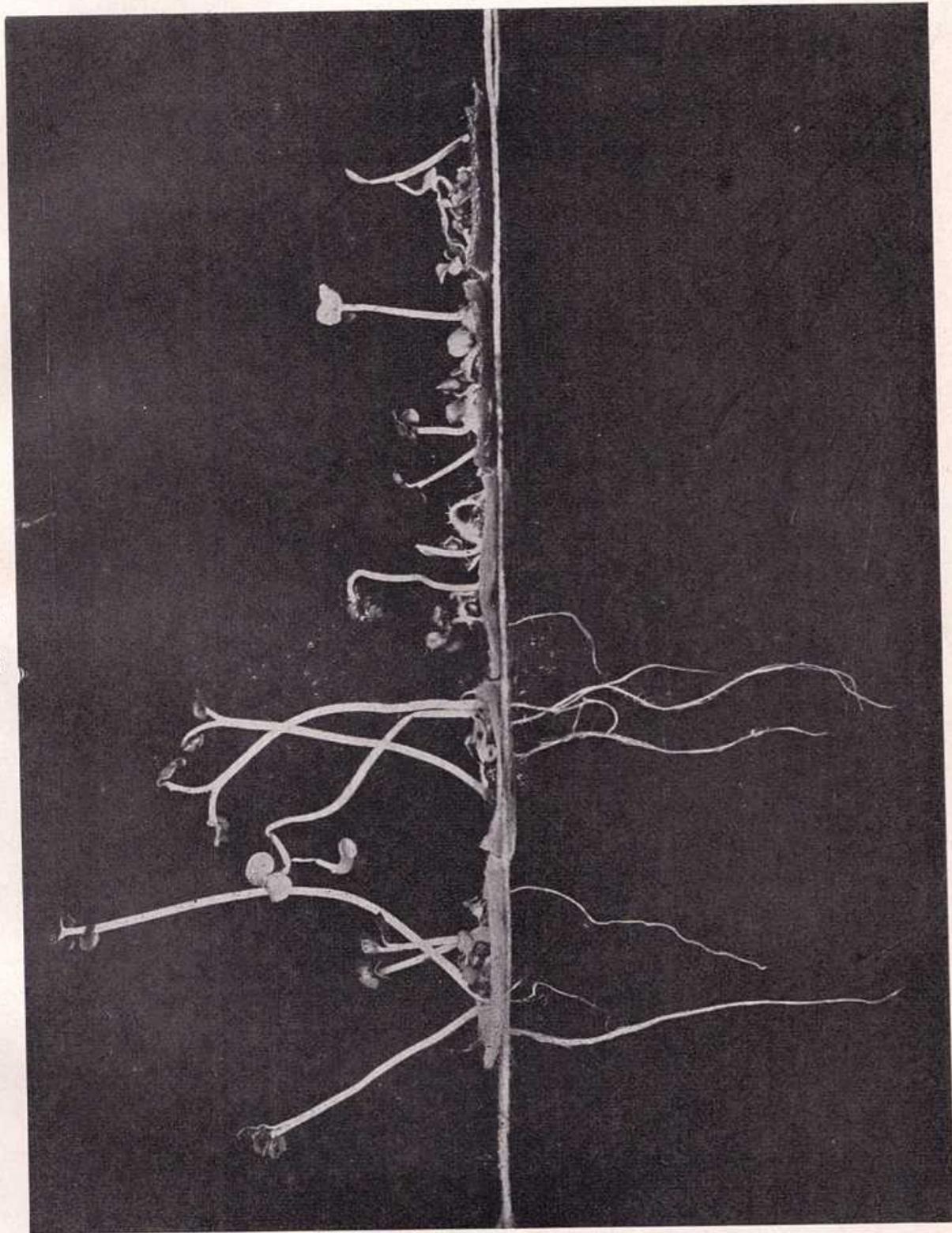


SEGUNDO GRUPO



SEGUNDO GRUPO

N.º V.



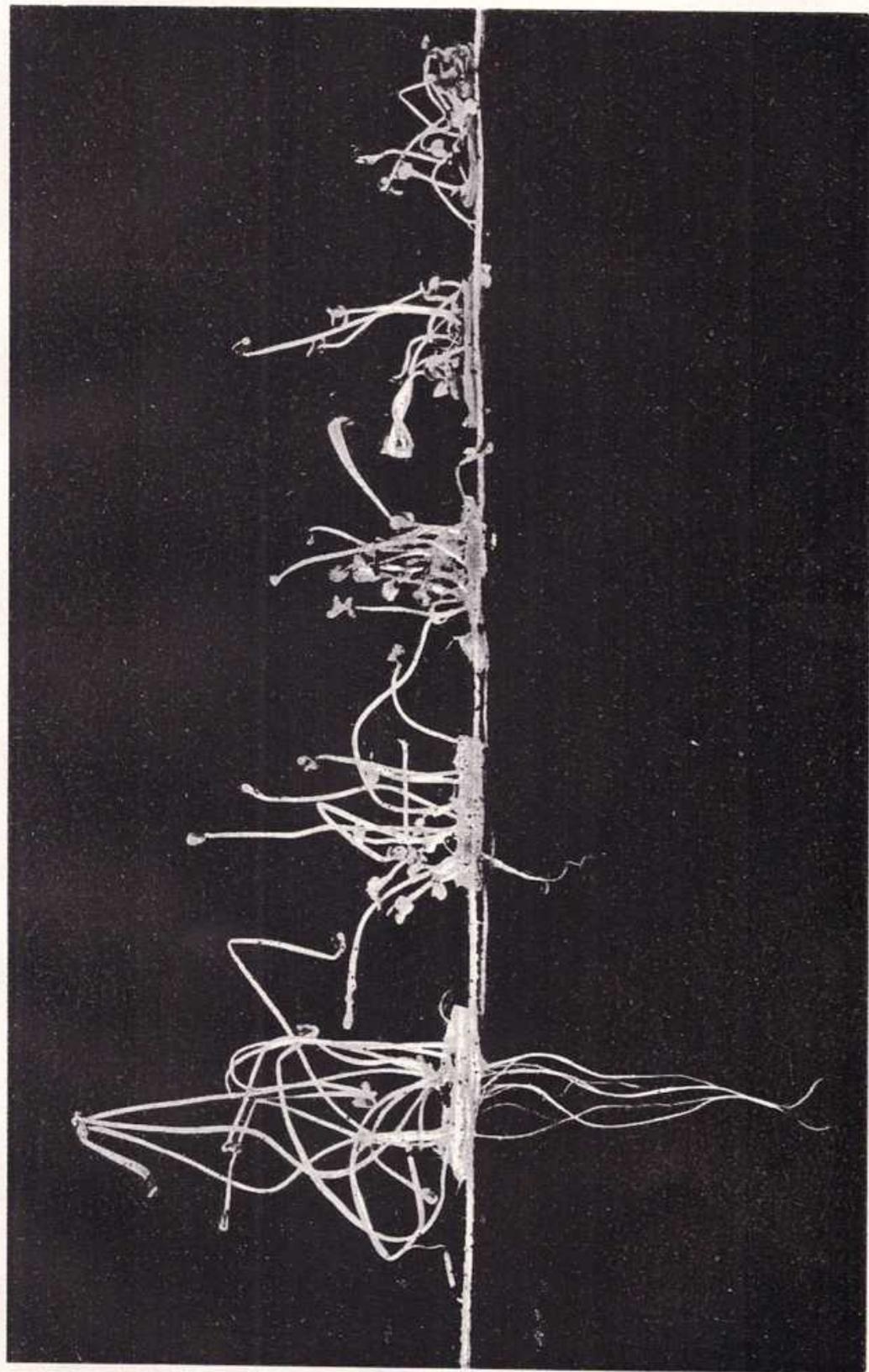
1 2 3 4 5

Raphanus Sativa

Acción de la plata coloidal en la germinación.

SEGUNDO GRUPO

N.º VI.

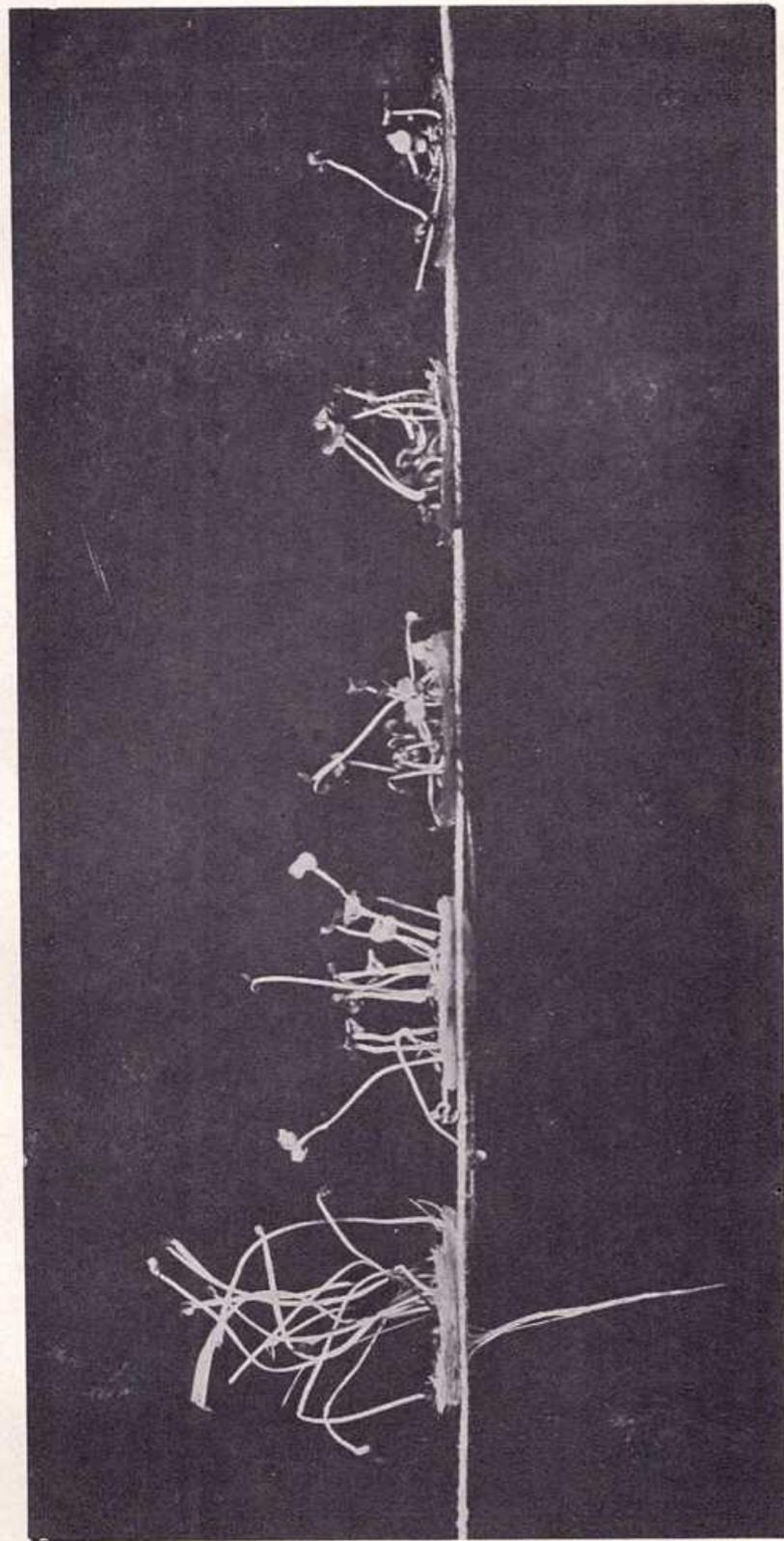


Brassica Napus var. Oleifera

Acción de la plata coloidal en la germinación.

SEGUNDO GRUPO

N.º VII.



5

4

3

2

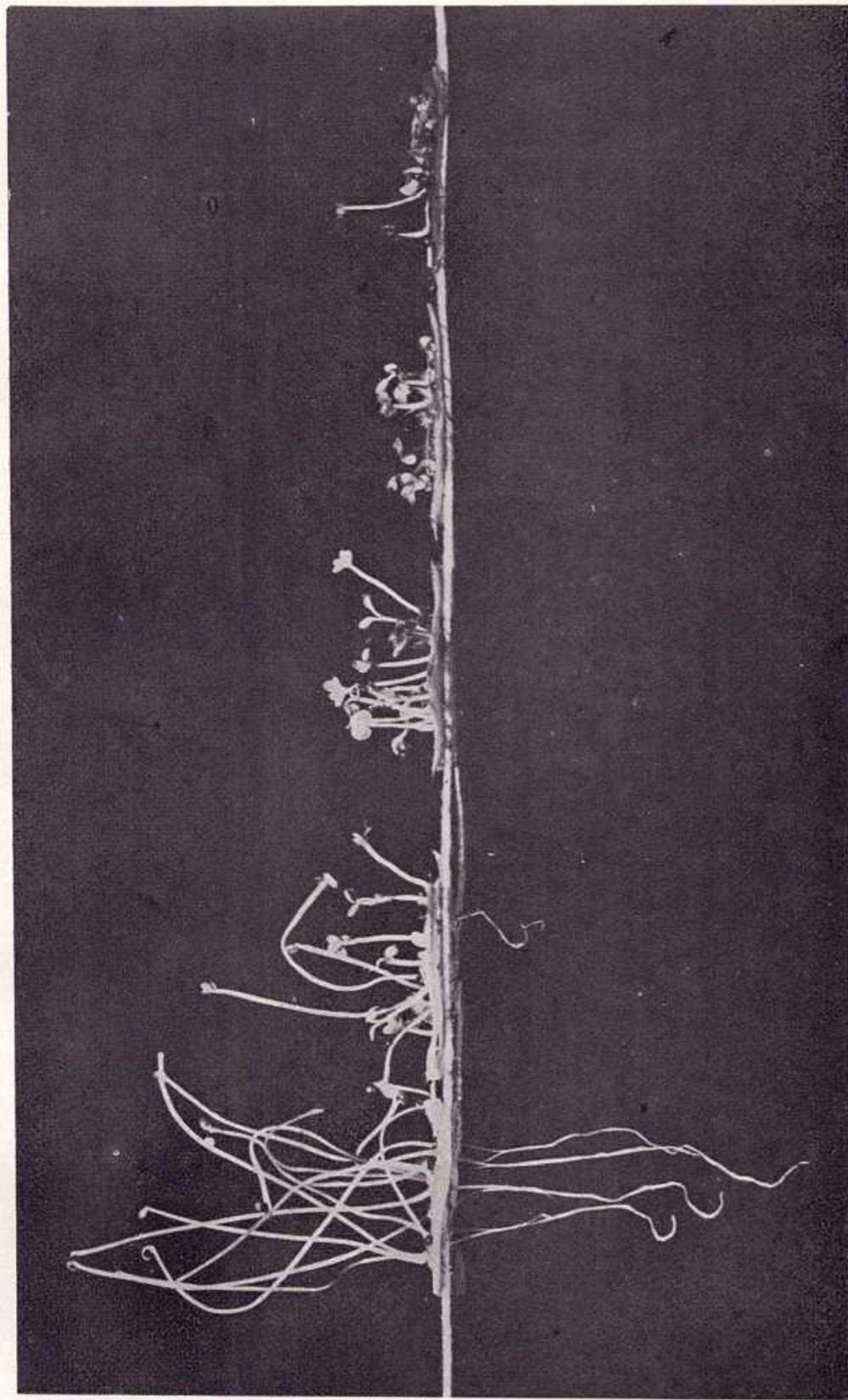
1

Brassica Rapa

Acción de la plata coloidal en la germinación

SEGUNDO GRUPO

N.º VIII.



5

4

3

2

1

Sinapis Nigra

Acción de la plata coloidal en la germinación.

TERCER GRUPO

Leguminosas.

Corresponden los resultados indicados en los cuadros N.º IX, N.º X, N.º XI, N.º XII.

N.º IX.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 12 DÍAS

Números (a)	Familia: LEGUMINOSAS.	Nombre de la especie: <i>Vicia sp.</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	138	No se nota modificación alguna.	111
2	gr. 0,00105375.	158		128
3	gr. 0,0021075.	111 (?)		89
4	gr. 0,004215.	163		77
5	gr. 0,00843.	160		59

(a) Los números corresponden á los indicados en las fotografías.

N.º X.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 7 DÍAS

Números (a)	Familia: LEGUMINOSAS.	Nombre de la especie: <i>Medicago coronarium</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	32	No se nota modificación alguna.	45
2	gr. 0,00105375.	31		55
3	gr. 0,0021075.	31		43
4	gr. 0,004215.	30		36
5	gr. 0,00843.	32		30

N.º XI.

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 8 DÍAS

Números (a)	Familia: LEGUMINOSAS.	Nombre de la especie: <i>Medicago sativa</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	37	No se nota modificación alguna.	36
2	gr. 0,000526875.	33		16
3	gr. 0,00105375.	34		13
4	gr. 0,0021075.	33		11
5	gr. 0,004215.	25		5

(a) Los números corresponden a los indicados en las fotografías.

N.º XII (1).

DURACIÓN DE LA EXPERIENCIA 6 DÍAS

Números (a)	Familia: LEGUMINOSAS.	Nombre de la especie: <i>Trifolium repens</i>		
	—	Término medio del largo		
	Título por ciento de la solución coloidal de plata	de los tallos en mm.	de las hojas en mm.	de las raíces en mm.
1	Tipo: Agua redestilada	30	No se nota modificación alguna.	15
2	gr. 0,000526875.	26		12
3	gr. 0,00105375.	27		11
4	gr. 0,0021075.	28		8
5	gr. 0,004215.	19		5

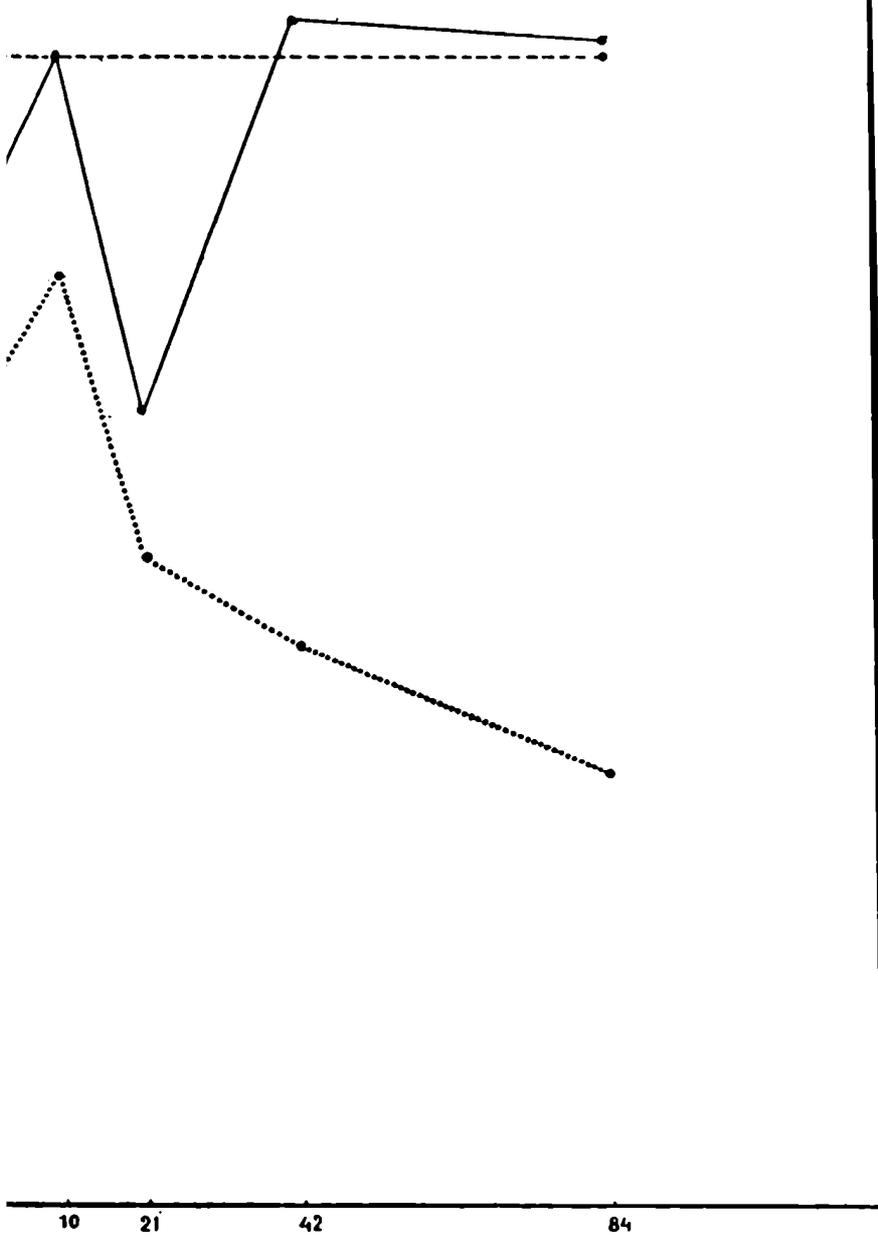
(a) Los números corresponden á los indicados en las fotografías.

En términos generales, se puede decir, que la plata coloidal, ejerce una débil acción retardatriz en el desarrollo de los tallos (2) y de hojas. En las raíces, se observa una manifiesta resistencia á la acción tóxica de la plata; disminuye dicha resistencia á medida que aumenta la concentración.

Las raíces que han estado bajo la acción de las soluciones más concentradas, permanecen coloreadas de pardo claro.

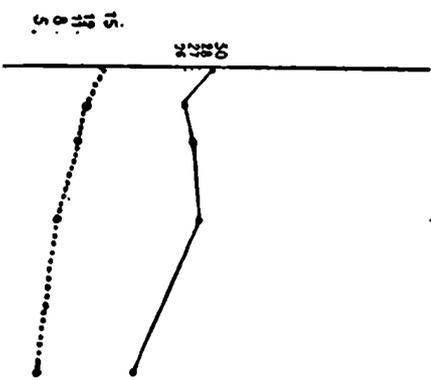
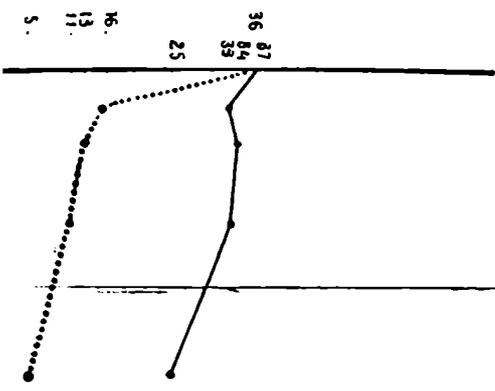
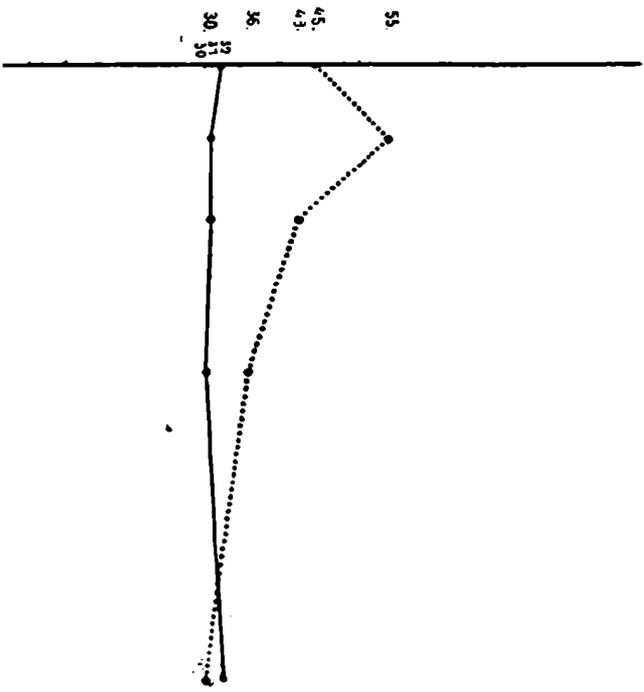
(1) Si se observan en la fotografía, que los tallos se encuentran inclinados y que las raíces son escasas, es debido á que las plantitas son débiles y delicadas: se destruyen por la menor presión. Como esta fotografía se sacó estando mojado el algodón de vidrio, debido á la tensión superficial del líquido, han permanecido adheridas á él.

(2) Recién en los números XI y XII se nota la influencia retardatriz.



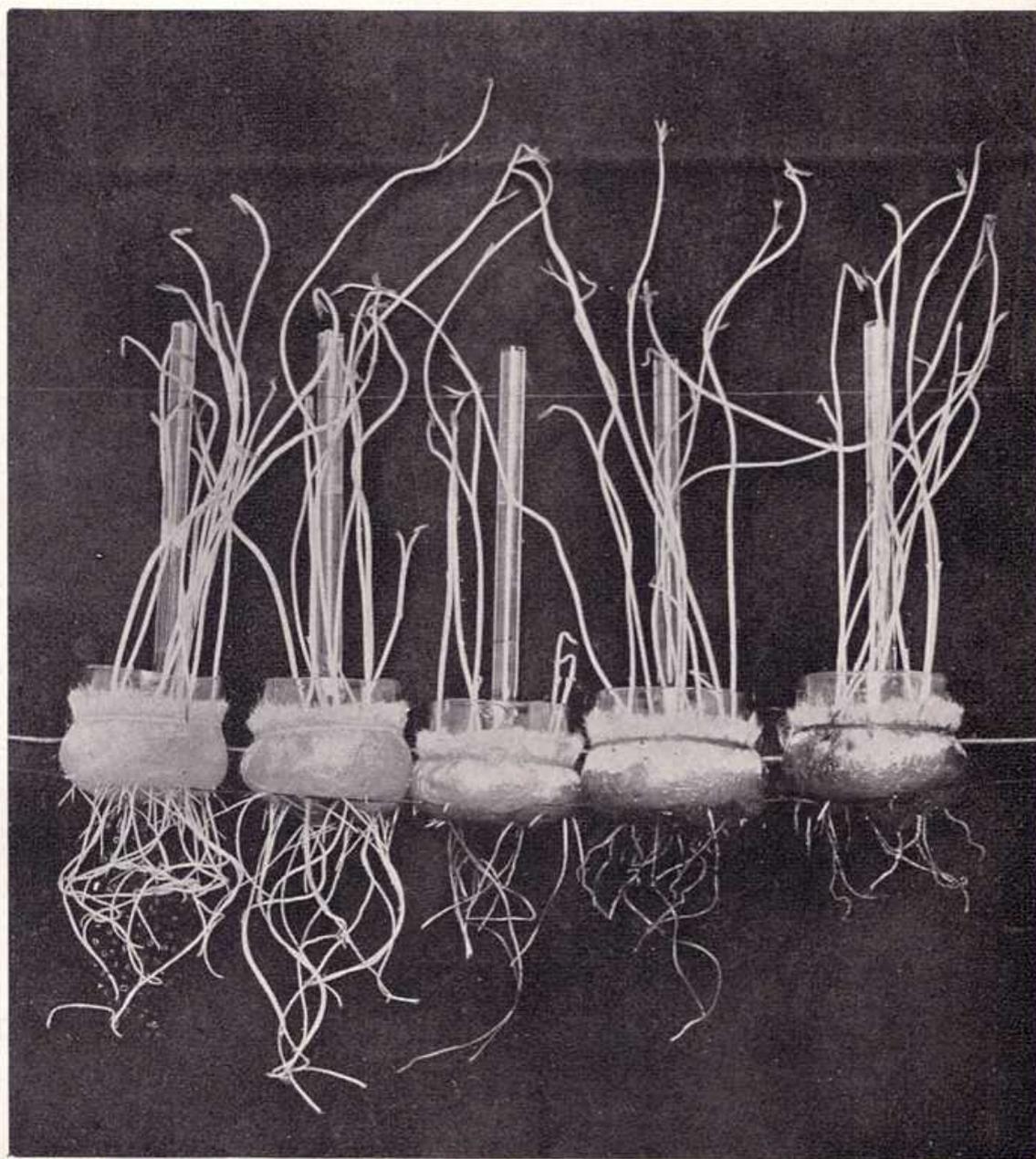
N.º IX.

TERCER GRUPO



TERCER GRUPO

N.º IX.



1

2

3

4

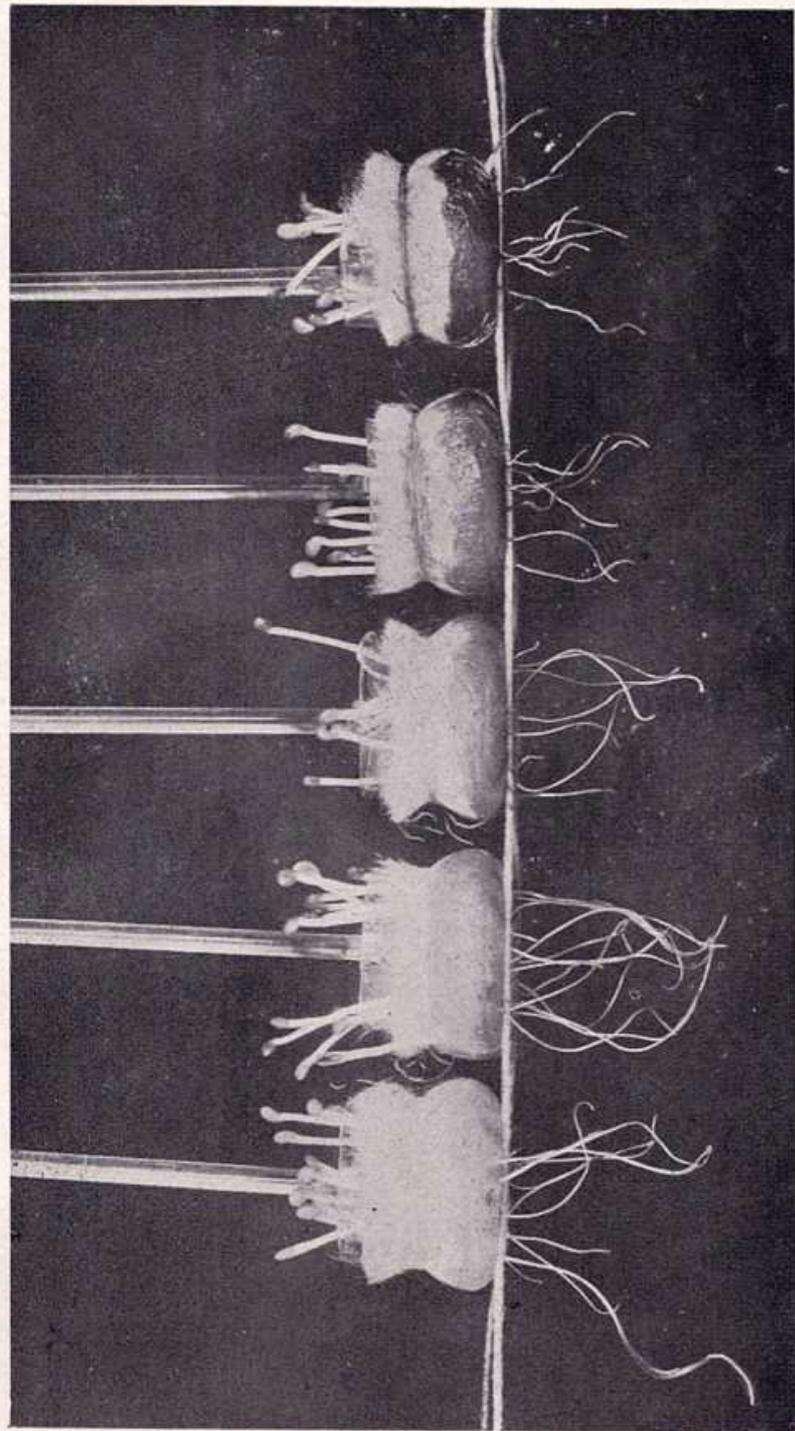
5

Vicia sp.

Acción de la plata coloidal en la germinación.

TERCER GRUPO

N.º X.



1

2

3

4

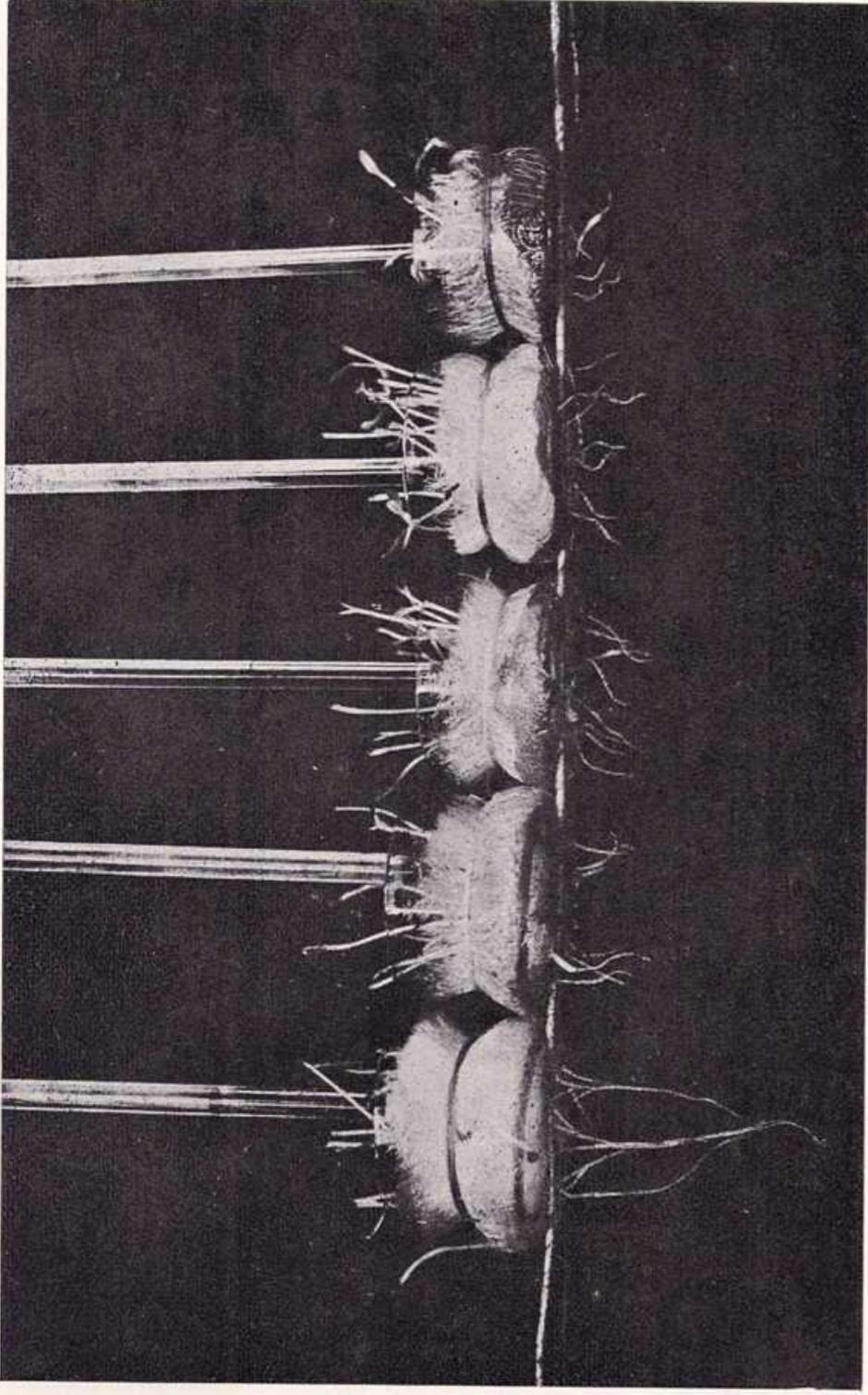
5

Hedysarum Coronarium

Acción de la plata coloidal en la germinación.

TERCER GRUPO

N.º XI.



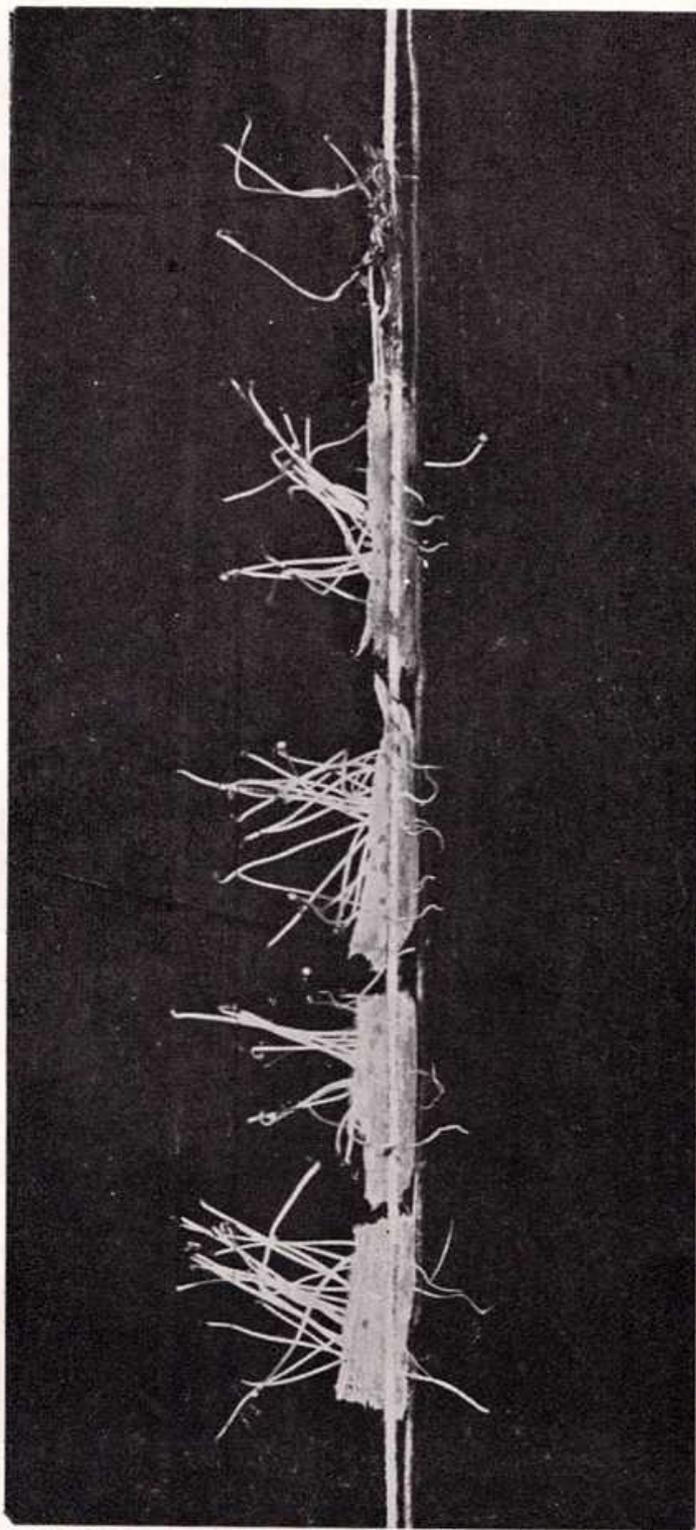
1 2 3 4 5

Medicago Sativa

Acción de la plata coloidal en la germinación.

TERCER GRUPO

N.º XII.



5

4

3

2

1

Trifolium Repens

Acción de la plata coloidal en la germinación.

Familias	Especies	Influencia de la plata coloidal Bredig en el desarrollo de:		
		Tallos	Raíces	Hojas
PRIMER GRUPO. Familia de las Gramíneas.	<i>Phalaris Canariensis</i> , N.º I.	Disminuye el crecimiento; la acción retardatriz, aumenta con la concentración.	Impide el crecimiento del cono vegetativo; desde la solución más diluida ya es muy acentuada la paralización.	Disminuye el crecimiento; la acción retardatriz aumenta con la concentración.
	<i>Panicum Mitisacum</i> , N.º II.	idem	idem	idem
	<i>Phalaris Arundinacea</i> , N.º III.	idem	idem	idem
Segundo Grupo. Familia de las Crucíferas.	<i>Phleum Pratenae</i> , N.º IV.	idem	idem	idem
	<i>Raphanus Sativa</i> , N.º V.	idem	Disminuye el crecimiento; la acción retardatriz aumenta considerablemente con la concentración. Pasando las soluciones más diluidas no penetran las raíces en las soluciones coloidales.	Aumenta el crecimiento; la máxima acción aceleratriz, corresponde por lo general a las soluciones más diluidas.
	<i>Brassica Napus</i> var. <i>Oleracea</i> , N.º VI.	idem	idem	idem
	<i>Brassica Rapa</i> , N.º VII.	idem	idem	idem
	<i>Sinapis Nigra</i> , N.º VIII.	idem	idem	idem
	<i>Vicia</i> sp., N.º IX.	No detiene el crecimiento.	Detienen debilmente el crecimiento; aumenta la acción retardatriz con la concentración. Penetran las raíces en todas las soluciones coloidales.	No ejerce influencias apreciables.
Tercer Grupo. Familia de las Leguminosas.	<i>Helianthum Coronarium</i> , N.º X.	idem	idem	idem
	<i>Medicago Sativa</i> , N.º XI.	Pequeña alteración en el crecimiento; la débil acción retardatriz, aumenta con la concentración.	Disminuye el crecimiento; aumenta la acción retardatriz con la concentración. Penetran las raíces en todas las soluciones coloidales.	idem
	<i>Trifolium Repens</i> , N.º XII.	idem	idem	idem

CONCLUSIONES.

De lo observado en cada uno de los tres grupos en que se ha dividido las doce especies vegetales estudiadas, se deducen las conclusiones siguientes:

1.º La plata coloidal Bredig, actua de una manera análoga sobre las especies: *Phalaris arundinacea*, *Panicum miliaceum*, *Phalaris canariensis*, *Phleum pratense* (familia de las Gramíneas). Se exterioriza su acción bio-química en la germinación, *impidiendo el desarrollo de las raíces y disminuyendo progresivamente el crecimiento de los tallos y de las hojas.*

2.º La plata coloidal Bredig, actua de una manera análoga sobre las especies: *Sinapis nigra*, *Brassica rapa*, *Brassica napus var. oleifera*, *Raphanus sativa* (familia de las Crucíferas). Se exterioriza su acción bio-química en la germinación, *aumentando entre ciertos límites el desarrollo de las hojas y disminuyendo progresivamente el crecimiento de los tallos y de las raíces.*

3.º La plata coloidal Bredig, actua de una manera análoga sobre las especies: *Trifolium repens*, *Medicago sativa*, *Hedysarum coronarium*, *Vicia sp.* (familia de las Leguminosas). Se exterioriza su acción bio-química en la germinación, *por no modificar sensiblemente el desarrollo de los tallos y de las hojas; notándose en las raíces una marcada resistencia á la influencia retardatriz.*

4.º Las conclusiones *primera, segunda y tercera*, indican que, en cada familia, en las especies examinadas, exis-

te una relación bien manifiesta entre su morfología externa y su constitución interna.

De las precedentes conclusiones, se deduce: *que el complejo orgánico-vital que el grano representa, debe tener en cada grupo, una análoga composición.*

Al presentar este modesto trabajo y exponer las conclusiones á que he llegado, no hago más que indicar algunos fenómenos que, si bien es cierto se manifiestan al exterior por medio de modificaciones histológicas, tienen su asiento en las intimidades mismas del protoplasma.

F. W. GÁNDARA.

En la ciudad de Buenos Aires, á los catorce días del mes de Octubre del año mil novecientos ocho, la Comisión examinadora respectiva procedió á examinar la tesis presentada por el ex-alumno Federico W. Gándara, para optar el grado de doctor en química y resolvió aceptarla.

*Atanasio Quiroga, Angel Gallardo,
Horacio Damianovich, E. J. Poussart,
Jacinto T. Raffo, Cristóbal M. Hicken,
Guillermo F. Schaefer, Julio J. Gatti.*

PROPOSICIONES ACCESORIAS.

I.

La partenogénesis experimental.

II.

Análisis elemental por catálisis.

III.

Paralelismo entre las acciones bio-químicas de los diastasis naturales y artificiales, considerado desde el punto de vista físico-químico.

