

Tesis de Posgrado

Interpretación dinámica de la división celular

Gallardo, Angel

1902

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias
Naturales 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:

Gallardo, Angel. (1902). Interpretación dinámica de la división celular. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0042_Gallardo.pdf

Cita tipo Chicago:

Gallardo, Angel. "Interpretación dinámica de la división celular". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1902.
http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_0042_Gallardo.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

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

INTERPRETACIÓN DINÁMICA

DE LA

DIVISIÓN CELULAR

TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR EN CIENCIAS NATURALES

ANGEL GALLARDO

Ingeniero civil

— * —

BUENOS AIRES

IMPRESA Y CASA EDITORA DE CONE HERMANOS

681 — CALLE DEL POZO — 681

—
1954

**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS
FÍSICAS Y NATURALES**

DECANO

ING. LUIS A. HUERGO.

VICE-DECANO

D. MANUEL B. BARRÍA.

ACADEMICOS HONORARIOS

ING. EMILIO ROSETTI.

† D. CARLOS BERG.

ING. FRANCISCO LAVALLE.

ING. JORGE COQUET.

ACADEMICOS TITULARES

ING. LUIS A. HUERGO.

ING. GUILLERMO WHITE.

ING. LUIS SILVEYRA.

ING. SANTIAGO BRIAN.

D. RAFAEL RUIZ DE LOS LLANOS.

D. MANUEL B. BARRÍA.

D. EDUARDO L. HOLMBERG.

D. CARLOS M. MORALES.

D. ATANASIO QUIROGA.

D. EDILTONSO P. RAMOS MEJÍA.

ING. OTTO KRAUSE.

ING. JUAN PUGOVANO.

ING. EDUARDO AGUIRRE.

ING. JUAN F. SARDY.

TESORERO

D. EDILTONSO P. RAMOS MEJÍA.

SECRETARIO

ING. PEDRO J. COMI.

PROFESORES TITULARES

<i>Complementos de Aritmética y Álgebra</i>	D ^r Marcial R. Candiotti.
<i>Trigonometría y Complementos de Geometría</i>	Ing ^o José S. Sarhy.
<i>Complementos de Física y manipulaciones</i>	D ^r Manuel B. Bahía.
<i>Complementos de Química</i>	D ^r Juan J. J. Kyle.
<i>Dibujo lineal y a mano levantada</i>	Ing ^o Carlos Paquet.
<i>Álgebra Superior y Geometría Analítica</i>	Ing ^o Carlos D. Duncan.
<i>Geometría Proyectiva y Descriptiva</i>	Ing ^o Juan F. Sarhy.
<i>Cálculo infinitesimal (1^o curso)</i>	D ^r Ildefonso P. Ramos Mejía.
<i>Química Analítica relativa a materiales de construcción</i>	D ^r Atanasio Quiroga.
<i>Construcción de casas</i>	Ing ^o Juan Rospide.
<i>Dibujo de lavado de planos</i>	Ing ^o Armando Romero.
<i>Cálculo infinitesimal (2^o curso)</i>	D ^r Ildefonso P. Ramos Mejía.
<i>Estática Gráfica</i>	Ing ^o Eduardo Becher.
<i>Geometría Descriptiva Aplicada</i>	Ing ^o Lorenzo Amespil.
<i>Topografía</i>	Ing ^o Emilio Palacio.
<i>Dibujo de ornato</i>	Don José Carmignani.
<i>Caminos ordinarios y ensayo de materiales</i>	Ing ^o Emilio Palacio.
<i>Mecánica</i>	D ^r Carlos M. Morales.
<i>Resistencia de materiales</i>	Ing ^o Miguel Iturbe.
<i>Mineralogía y Geología</i>	Ing ^o Eduardo Aguirre.
<i>Arquitectura (1^o curso)</i>	Ing ^o Horacio Pereyra.
<i>Construcciones de mampostería</i>	Ing ^o Vicente Castro.
<i>Tecnología del calor</i>	Ing ^o Eduardo Aguirre.
<i>Hidráulica</i>	Ing ^o Julian Romero.
<i>Geodesia</i>	D ^r Manuel B. Bahía.
<i>Teoría de los mecanismos</i>	Ing ^o Otto Krause.
<i>Arquitectura (2^o curso)</i>	Ing ^o Pablo Hary.
<i>Teoría de la Elasticidad</i>	Ing ^o Jorge Duclout.
<i>Electrotécnica</i>	D ^r Manuel B. Bahía.
<i>Construcción de máquinas</i>	Ing ^o Otto Krause.
<i>Construcciones de Arquitectura</i>	Ing ^o Domingo Selva.
<i>Geometría Descriptiva para Arquitectos</i>	Ing ^o Mariano Cardoso.
<i>Construcción de puentes y techos</i>	Ing ^o Fernando Segovia.
<i>Puertos, Canales, etc.</i>	Ing ^o Sebastián Ghigliazza.
<i>Ferrocarriles</i>	Ing ^o Alberto Schneiderwind.
<i>Botánica y Zoología</i>	D ^r Eduardo L. Holmberg.
<i>Química Orgánica</i>	D ^r Francisco Bosque y Reyes.
<i>Tecnología Mecánica</i>	Ing ^o Otto Krause.
<i>Arquitectura (3^o y 4^o curso)</i>	Arq ^o Alej ^o . Christophersen.
<i>Dibujo de Figura</i>	Don Ernesto de la Cárcova.
<i>Modelado</i>	Don Torcuato Tasso.

PROFESORES SUSTITUTOS

<i>Complementos de Aritmética y Álgebra .</i>	Ing° Juan de la Cruz Puig.
<i>Trigonometría y Complementos de Geometría .</i>	Ing° Francisco Alric.
<i>Complementos de Física y manipulaciones .</i>	Agrim° Cristóbal Hicken.
<i>Complementos de Química .</i>	D° Francisco P. Lavalle.
<i>Dibujo lineal y á mano levantada . . .</i>	Ing° Alfredo Oliveri.
<i>Álgebra Superior y Geometría Analítica . . .</i>	Ing° Ignacio Azliria.
<i>Geometría Proyectiva y Descriptiva .</i>	Ing° Juan Rospide.
<i>Cálculo Infinitesimal (1° curso)</i>	Ing° Octavio S. Pico.
	(D° Francisco Bosque y Reyes
<i>Química Analítica y Aplicada .</i>	(D° Enrique Fynn.
	(D° Miguel Puiggari.
<i>Construcción de casas .</i>	Ing° Mauricio Durrieu.
<i>Dibujo de lavado de planos .</i>	Ing° Alfredo J. Orfila.
<i>Cálculo infinitesimal (2° curso)</i>	Ing° Octavio S. Pico.
<i>Estática Gráfica .</i>	Ing° Carlos Wauters.
<i>Geometría Descriptiva y Aplicada .</i>	Ing° Horacio Pereyra.
<i>Topografía . .</i>	Agrim° Cristóbal Hicken.
<i>Caminos ordinarios y ensayo de materiales .</i>	Ing° Eugenio Sarrahayrouse.
<i>Mecánica</i>	Ing° Manuel A. Vila.
<i>Resistencia de Materiales</i>	Ing° Julio Labarthe.
<i>Arquitectura</i>	Ing° Eduardo M. Lanús.
<i>Construcciones de mampostería . . .</i>	Ing° Carlos Wauters.
<i>Hidráulica</i>	Ing° Tomás González Roura.
<i>Geodesia</i>	Ing° Luis Dellepiane.
<i>Teoría de los Mecanismos .</i>	Ing° Claro C. Dassen.
<i>Tecnología Mecánica</i>	Ing° Manuel Ordóñez.
<i>Teoría de la Elasticidad .</i>	Ing° Eduardo Latzina.
<i>Electrotécnica</i>	Ing° Mauricio Durrieu.
<i>Construcción de Máquinas . .</i>	Ing° Sebastian Ghigliazza.
<i>Construcción de puentes y techos .</i>	Ing° Agustín Mercan.
<i>Ferrocarriles</i>	Ing° Arturo M. Lugones.
<i>Botánica y Zoología</i>	Ing° Angel Gallardo.
<i>Química Orgánica .</i>	Don Luis Ruiz Huidobro.
<i>Construcciones de Arquitectura</i>	Ing° Antonio Babuglia

PADRINO DE TESIS

DOCTOR JUAN J. J. KYLE

Que la primera palabra al comenzar esta tesis sea de gratitud hacia mi querido maestro y excelente amigo el doctor Carlos Berg, cuyo fallecimiento en plena actividad intelectual y en medio de su fecunda producción enluta á la ciencia.

Nunca podré valorar bastante todo cuanto debo al doctor Berg. Él me inició en 1884 en las nociones de las ciencias naturales, encauzando mis aficiones infantiles con sus sabias y atrayentes lecciones profesadas en los claustros coloniales de nuestro Colegio Nacional. Siendo estudiante de ingeniería seguí asiduamente su curso universitario de botánica y luego tuve el honor de que dictara para mí un curso de botánica general y otro de anatomía y fisiología.

Asistí más tarde á sus dos cursos de zoología especial en 1898 y 1899 y, en todo momento, durante los diez y ocho años en que he tenido el placer de tratarlo, fuí guiado por sus consejos y recogí de su boca inapreciables enseñanzas, además de la continua lección de su vida que predicaba elocuentemente con el ejemplo de su laboriosidad infatigable, de su estricta conciencia científica y de la seriedad austera de su obra desinteresada. Su impecable método de trabajo, en el cual la minuciosidad llegaba casi al escrúpulo, representa un ideal muy difícil de alcanzar, sin duda, pero que aún sin lograrlo por completo sirve por lo menos para contener las impacencias de la

producción ligera y superficial, fundada en un estudio rápido é incompleto.

La constante benevolencia con que me alentaba en mis estudios y el cariño que siempre me demostró, á pesar de su reserva y discreción, que le hacían evitar toda manifestación exagerada, obligan mi gratitud y constituyen una de las grandes satisfacciones de mi vida.

Al terminar esta carrera, en que Berg me iniciara y me guiara, cumulo una de sus últimas voluntades. Él me animó en efecto, al regreso de mi reciente viaje á Europa, en el cual había tenido ocasión de comprobar que su enseñanza no desmerecía al compararla con la de los profesores de las más famosas universidades del mundo, á que prosiguiera este doctorado que yo daba ya por abandonado. Desde el lecho en que estaba rendido por la enfermedad que había de llevarlo prematuramente á la tumba se interesaba por mis estudios y me estimulaba para que no desistiera del propósito de obtener el honroso título á que opto con el presente trabajo. Cumpliendo, pues, sus deseos reanudé en la edad madura los estudios universitarios que comenzara en la juventud y no sin cierta melancolía he vuelto á recorrer los senderos escolares, que ya comenzaba á cegar la maleza, como un viajero que visita de nuevo el huerto que cultivara en la primavera de la vida y contempla, después de ausencia prolongada, los sitios que le fueron familiares durante su adolescencia. Curioso estado de ánimo de triste dulzura en que mil recuerdos gratos ó dolorosos hacen revivir intensamente las épocas pasadas.

He debido también molestar á los que fueron mis maestros y hoy son mis colegas y amigos, para que recibieran mis exámenes, ocupando de nuevo el banco del examinando que hacía varios años que veía sólo desde el asiento de examinador. Y no deja de ofrecer ventajas para quien está en la obligación de tomar exámenes el recordar con la propia experiencia la febril psicología del estudiante en la hora de la prueba. Al molestaros hoy por última vez, señores profesores, hubiera deseado someter á vuestra ilustrada consideración un trabajo

completamente inédito, original si fuera posible, pero sobre todo genuinamente nacional. Desgraciadamente, la premura del tiempo, impuesta por diversas circunstancias y en particular por el temor de que un nuevo aplazamiento me impida terminar esta carrera, tantas veces interrumpida, viendo así tronchado definitivamente por las inesperadas vicisitudes de la vida este tardío retoño universitario, me ha determinado á echar mano de algunos apuntes que tenía reunidos con referencia á una hipótesis que he lanzado al mundo científico hace seis años. Estos apuntes, redactados apresuradamente, constituyen la presente tesis que está muy lejos de ser lo que yo hubiera deseado, es decir un contingente positivo al mejor conocimiento de la naturaleza argentina. En cambio os presento una disertación teórica ó hipotética.

No entraré á discutir la utilidad de las hipótesis en la obra científica ni trataré de levantar los reproches que contra ellas se hacen. No hay duda que el único camino seguro para el progreso de la ciencia es la acumulación de hechos que vayan encontrando paulatinamente su colocación en el cuadro general de la naturaleza y dibujando de por sí la curva que expresa la ley que los rige.

Pero aparte de que es necesario enlazar, aunque sea temporariamente, los hechos ya conocidos por medio de hipótesis provisionarias (*Arbeitshypothesen*, de los alemanes) para facilitar el estudio de las partes desconocidas de la ciencia, á la manera de los andamios que permiten proseguir el trabajo de una construcción, no puede negarse que las hipótesis suscitan interesantes investigaciones sea para comprobarlas ó para refutarlas y en ese sentido prestan también utilidad á la ciencia, aun cuando falsas, señalando rumbos á las pesquisas de los estudiosos.

Es, además, una necesidad del espíritu humano elevarse de la simple comprobación de los hechos para formular por medio de la abstracción y de la generalización enunciados sintéticos que comprendan un conjunto de fenómenos bajo una ley común. El supremo tribunal de toda disertación hipotética debe ser siempre su compro-

bación experimental ó por los hechos de observación y se debe estar dispuesto á abandonar toda teoría, por seductora que sea, en cuanto se halla en contradicción con los hechos positivos. Siempre que se esté animado de este espíritu, no hay grave daño en formular hipótesis, pues la discusión se encargará de eliminarlas cuando demuestren no ser adecuadas á su objeto.

En cuanto á la utilidad de la teoría no puede negarse en nombre de un ciego empirismo. Tanto la teoría como la práctica son en realidad necesarias y los progresos de la una determinan y completan los de la otra. Además, la teoría, aún dejando de lado sus aplicaciones utilitarias, que tanto indignaban á los geómetras griegos, satisface en algo la inextinguible curiosidad del hombre, quien procura desde su infancia darse cuenta de la razón de ser de los fenómenos que observa. Por lo demás, la causa fué fallada por el Salvador hace diez y nueve siglos en la controversia entre las hermanas de Betania, declarando que la idealista María había elegido la mejor parte.

Pidiendo que se me disculpe este preámbulo excesivamente personal, sin duda, pero que ha sido dictado por el deseo de rendir homenaje á la memoria de mi querido maestro y de explicar la presentación de una tesis algún tanto abstracta y tardía, entremos en materia.

INTERPRETACIONES DE LA FIGURA CARIOCINÉTICA

Omnia in pondere, numero et mensura constant.
(El Eclesiastes).

Uno de los puntos más debatidos hoy día en la biología general es la interpretación de los fenómenos de la división celular.

Desde que los progresos de la micrografía permitieron descubrir las curiosas figuras y movimientos que se producen durante la multiplicación de las células, se han formulado muchas hipótesis para interpretar este proceso de una manera más ó menos satisfactoria.

Y no podía menos que ser así, pues es sabido que la división de las células es uno de los episodios más importantes de la vida de ese microcosmos que forma á todos los seres vivientes.

Los fenómenos de reproducción, de crecimiento y diferenciación del organismo se reducen en definitiva al estudio de la multiplicación y diversificación progresiva de las células de que está constituido.

En el estado actual de los conocimientos humanos la división celular es la piedra angular en que se apoya el edificio de la biología general hasta en sus partes más abstractas y filosóficas, dedicadas á la interpretación de la herencia ó transmisión de los caracteres de padres á hijos, magno problema que se basa en último análisis en la interpretación del traspaso de caracteres de una célula á otra.

El interés teórico de estas especulaciones es pues sumamente grande, ya que este fenómeno citológico se relaciona íntimamente

con todas las seductoras cuestiones sobre el misterio de la vida que preocupan y atraen á la humanidad desde los tiempos más remotos.

Para proceder en orden, pasaré en revista algunas de las principales soluciones que ha recibido este problema, uno de los más fascinantes de la citología, según la justa expresión de Wilson.

Aceptaré en esta exposición la división propuesta por Ziegler (95) quien las clasifica en dos grandes grupos principales : las teorías fibrilares (*Muskelfadentheorien*, de Ziegler; *Theory of Fibrillar contractility*, de Wilson; *Fadentheorien*, de Meves) y las teorías dinámicas (*dynamischen Theorien*, de Ziegler; *Centralkörpertheorien* ó *Centrentheorien*, de Meves).

Dentro de cada grupo se sigue en lo posible el orden cronológico hasta llegar á la interpretación propuesta por mí. En seguida se tratan las objeciones que ella ha levantado y las respuestas que pueden dárseles. Luego veremos las ideas más modernas y las consecuencias que se desprenden de la teoría adoptada.

TEORÍAS FIBRILARES

Las teorías que interpretan el mecanismo de la cariocinesis fundándose en la hipótesis de la contractibilidad de los filamentos que parecen constituir la figura acromática de división han predominado hasta hace poco tiempo en la ciencia.

Según Wilson (92, p. 100) esta hipótesis, primeramente sugerida por Klein en 1878 y concebida independientemente por Van Beneden en 1883 (87), fué expresada por éste de una manera completa cuatro años más tarde (88, p. 280) en la forma siguiente : « En nuestra opinión todos los movimientos internos que acompañan la división celular tienen su causa inmediata en la contractibilidad de las fibrilas protoplasmáticas, y su arreglo en una especie de sistema muscular radial compuesto de grupos antagonistas ». « En este

sistema el corpúsculo central (centrosoma) representa el papel de un órgano de inserción. Es el primero que se divide de todos los varios órganos de la célula y su división conduce al agrupamiento de los elementos contráctiles en dos sistemas, cada uno de los cuales tiene su propio centro. La presencia de estos dos sistemas produce la división celular y determina activamente la marcha de los dos ásteres cromáticos secundarios en direcciones opuestas ».

El año siguiente aceptó Boveri (2) esta hipótesis considerando como fibrilas musculares á los filamentos arcoplasmáticos.

En la fecundación del huevo de *Ascaris* vió que los filamentos se unen á los cromosomas, los cuales son llevados á una posición de equilibrio en el ecuador del huso, dividiéndose allí longitudinalmente y separándose por la contracción de los conos antípodas. Llega á la conclusión (p. 99) de que « respecto á la contractibilidad de los filamentos no puede haber duda ».

Rabl (76) considera también á los radios y filamentos acromáticos como elementos contráctiles que persisten de una división á otra y que tienen su centro en los corpúsculos polares. En la célula en reposo no son visibles por ser muy finos y en el momento de la división se orientan según la disposición particular de la cariocinesis ejerciendo una tensión que comienza por hendir longitudinalmente á los cromosomas y termina por atraer hacia cada uno de los polos los grupos de mitades gemelas.

Flemming, en 1891 (28), llega á la conclusión de que : *Die Trennung der Chromosomenspalthälften und ihre Verlagerung in die Tochterfiguren wird bewirkt durch den Zug, die Kontraktion oder doch die leitende Wirkung von Spindelfasern, die sich von je einem Polkörper her an je eine Spalthälfte ansitzen : wir haben somit eine befriedigende Einsicht in die Mechanik der Mittel- und Endtheils der Mitose, wenn auch noch nicht in die ihres Anfangstheils.* Es decir que Flemming se expresa de acuerdo con las ideas de Van Beneden y de Boveri. Muchos otros autores como O. Hertwig, Solger, Zimmermann, etc., han aceptado esta hipótesis de la contracción

de los supuestos filamentos para explicar los movimientos cariocinéticos.

Finalmente, Heidenhain guiado por estas ideas (48, 49, 50) construyó modelos para simular por medio de la contracción de unas bandas de goma los movimientos que se observan en la división celular.

En su forma más sencilla, el modelo se construye recortando un círculo en una tabla y fijando en su circunferencia una serie de bandas de goma que vienen á reunirse en dos pequeños anillos que se encuentran próximamente en el centro del círculo. Estos anillos deben representar los centrosomas y cuando se separan dichos anillos ciertas gomitas se acortan y otras se estiran, necesitándose mucha buena voluntad para descubrir una remota semejanza con los fenómenos celulares. El núcleo lo representa con una caja de píldoras que introduce entre las gomitas. En el último modelo la circunferencia del círculo es formada por una lámina de acero elástica que tiene dos charnelas en los extremos de un diámetro. Coloca además las gomitas y los anillos como en el modelo anterior. Cuando éstos se separan la lámina elástica toma una forma elíptica y si se continúa tirando de los anillos acaban por doblarse las charnelas, transformándose la circunferencia primitiva en una especie de S. Rhumbler ha obtenido el mismo resultado sin necesidad de charnelas. Con este rudimentario aparato ha deducido Heidenhain una serie de llamadas leyes de los sistemas centrados en cuya exposición ocupa más de ochenta páginas impresas.

Estos enunciados, en lo que tienen de exactos, son simplemente groseras aproximaciones á las verdaderas leyes que rigen á las fuerzas centrales, leyes que han sido deducidas por el análisis matemático y no por la observación de un aparato construido con gomitas de cajas de fósforos ó de sujetar paquetes. Dejemos de lado estos modelos para ocuparnos de las teorías que ilustran.

Ellas son absolutamente inadmisibles. Inútil es entrar á hacerles objeciones de detalle como ser que los filamentos sean curvos mien-

tras que todo filamento tenso es próximamente rectilíneo, etc., cuando se trata de teorías tan artificiales que manejan los elementos celulares como títeres tirando de cuerditas para cada movimiento de los cromosomas.

Análogas objeciones pueden hacerse á las interpretaciones de otros autores, que suponen que los movimientos se realizan por el crecimiento de los filamentos, los que vendrían así á empujar en vez de tirar.

Según Wilson, fue Watasé (91) quien inventó la teoría llamada de la expansión desarrollando una hipótesis exactamente opuesta á la de Van Beneden. Suponía que las radiaciones polares y los filamentos del huso eran fibras que se alargaban empujando los cromosomas hasta su completa separación.

Hermann (56) indicó que no hay prueba alguna de la contracción de los filamentos del huso nuclear, los cuales se alargan durante la cariocinesis en vez de acortarse y dedujo de esta indicación que estas fibras son elementos de sostén que forman un cuerpo relativamente rígido sobre el cual tienen lugar los movimientos de los cromosomas.

Distingue por consiguiente un huso central rodeado por fibras contráctiles encargadas de mover á los cromosomas, colocándolos primero en el ecuador del huso y separándolos luego hacia los extremos del mismo.

Drüner (15) sostiene que la separación de los polos del huso es causada por un crecimiento de las fibras que lo forman y no por la contracción de las radiaciones polares, como suponen otros autores. Según Wilson, esta opinión ha sido aceptada con ligeras modificaciones por Flemming, Boveri, Meves, Kostanecki y también por Heidenhain. La hipótesis de la contracción es así reducida á las fibras exteriores al huso, mientras éste, por el contrario, se alargaría.

Para no fatigar la atención de los señores examinadores dejo de lado otras muchas opiniones, más ó menos parecidas, que han sido emitidas sobre este problema. En las detalladas reseñas de Meves (70, 71)

puede verse el resumen de las muchas discusiones que han surgido sobre si los filamentos tiran ó empujan (existe sobre el punto un artículo de Rhumbler (81)) y sobre muchos otros detalles de esta artificial teoría fibrilar. Considero que no vale la pena perder tiempo en ocuparse de tales discusiones cuando están basadas sobre una teoría fundamentalmente falsa, que no explica la formación constante de las figuras tan características de cariocinesis ni su súbita desaparición después de efectuada la división y que se limita á suponer, para explicar cada movimiento, un filamento que tira ó empuja según sea necesario para realizar una especie de mecanismo de títilero que remede los fenómenos de la división nuclear.

TEORÍAS DINÁMICAS

Muy diferente es el caso de las teorías dinámicas que explican por el juego de las fuerzas activas durante la división no sólo los movimientos que en ella tienen lugar sino también las figuras aparentemente complicadas de la cariocinesis, sin recurrir á la suposición de mecanismos especiales para cada uno de los casos observados.

En artículos anteriores (32, 33, 34), he desarrollado una interpretación dinámica de la división celular que he tenido la satisfacción de ver aceptada por muchos autores. Concuerda, además, con las ideas emitidas independientemente por varios biólogos y puedo afirmar que hoy en día va ganando cada vez nuevos adherentes.

Doy en seguida todos los antecedentes históricos de la interpretación dinámica de la cariocinesis que me ha sido posible conseguir, recogidos en su mayor parte después de escritos mis artículos precedentes.

Pasaré luego en revista las objeciones que han sido formuladas contra mi interpretación, que considero no la afectan en su parte

esencial, que, como se sabe, consiste en suponer que las figuras cariocinéticas están formadas por la exteriorización de las líneas de fuerza engendradas por las fuerzas que producen la división.

La semejanza de las figuras de cariocinesis con los espectros magnéticos es tan notable que ella ha llamado la atención de varios observadores desde hace mucho tiempo.

Ya en el año 1873 Fol (29, p. 473), al describir la división de los huevos de *Geryonia*, señala la analogía de la figura acromática con la disposición de la limadura de hierro alrededor de los polos de un imán.

Más tarde (30) trata de explicar la división celular por lo que él llama la teoría electrolítica de los movimientos protoplasmáticos. Imagina para ello las granulaciones del protoplasma como pequeños aparatos eléctricos comparables á pilas asociadas en tensión, de manera que desarrollan una fuerza electromotriz considerable sin que se desprenda en las extremidades de la pila una cantidad de electricidad apreciable con ayuda de los galvanómetros más sensibles.

Strasburger (85, p. 185) hace notar también la semejanza entre los espectros magnéticos y las figuras cariocinéticas, considerándola como una curiosa coincidencia. Muy sugestivas son las siguientes líneas escritas por el profesor Giard en 1876 (41, p. 257-258) que transcribo textualmente á continuación. « *Il est bien clair que l'explication « morphologique » que nous venons de donner de la division cellulaire ne préjuge rien relativement à l'explication « physiologique » du phénomène. Cette dernière, tentée prématurément peut-être, par Strasburger et par Fol, doit être évidemment cherchée parmi les phénomènes physico-chimiques, et la production de pôles électriques ou électro-magnétiques dans le noyau. Peut-être arriverait-on à mettre expérimentalement en évidence ces curieux processus en employant des sphères liquides en suspension dans un autre liquide, comme le faisait Plateau, mais en mélangeant ces liquides de substances fortement magnétiques et capables d'acquérir des pôles sous l'influence d'aimants puissants. Il y aurait tout un ordre de recherches à*

entreprendre dans ce sens. La morphodynamique entrevue par Lamarck, abordée par G. Jaeger, est un territoire scientifique que la plupart des naturalistes de nos jours ne verront que comme Moïse vit la terre promise, seulement loin et sans pouvoir y entrer. Prevec Giard en esta nota la posibilidad de reproducciones artificiales de los fenómenos cariocinéticos que ha sido tentada muchos años después por Bütschli, por Ziegler y por mí mismo. Según Errera, Flemming formuló en 1880 (27), con toda clase de reservas, una concepción magnética de la división, que volvió á indicar dos años más tarde pero haciendo constar que se trata de un esquema y de ninguna manera de una hipótesis sobre las fuerzas que producen el fenómeno.

En 1880 (23) Errera había dicho que hay la misma diferencia entre el núcleo en reposo antes de la división y el núcleo en actividad durante la división, que entre una barra de fierro dulce en estado ordinario y la misma barra imanada. Había conseguido también, agrupando convenientemente los polos magnéticos, reproducir con gran fidelidad, por medio de la limadura de fierro un buen número de figuras de cariocinesis, por lo menos en cuanto respecta á los filamentos acromáticos y á las radiaciones protoplasmáticas. Más tarde (24) experimentó cuál es la acción que puede producir un poderoso electroimán sobre la división celular de los pelos estaminales de *Tradescantia virginica*, comprobando que el magnetismo no causa efecto apreciable sobre la cariocinesis en dichos pelos.

Errera termina su nota con las palabras siguientes que demuestran su persistencia en buscar una interpretación dinámica de tan interesantes fenómenos vitales. *Le magnétisme paraissant ainsi écarté, vers où faut-il désormais tourner les yeux? Doit-on voir dans la striation radiée du protoplasme l'expression d'un changement physico-chimique qui se propagerait à partir du noyau, comme le voulait Bütschli, et admettre ensuite avec cet auteur, des variations de tension superficielle pour rendre compte de l'étranglement et de la division en deux de la masse protoplasmique? La tension superficielle nous*

permettra-t-elle aussi un jour d'interpréter mécaniquement les changements et les mouvements que présentent les diverses parties du noyau lui-même pendant la caryocinèse? Ou bien y a-t-il lieu de faire intervenir les phénomènes hydrodynamiques si remarquables que Bjerknes nous a fait connaître et qui sont inversement analogues à ceux de l'électricité et du magnétisme? Ce sont là de simples possibilités que j'énumère et non point des hypothèses que j'entende proposer.

Es curioso hacer notar que Ed. van Beneden, el autor de la teoría fibrilar, compara en 1883 (87) las figuras de división con los espectros magnéticos. Pero más tarde (88) y según ya hemos dicho, formula su interpretación del mecanismo de la división cariocinética por medio de la contracción de los filamentos acromáticos. La autoridad de su nombre hace que lo sigan un gran número de autores, entre ellos Flemming, que había estado inclinado á una interpretación dinámica. Vemos, pues, que antes del trabajo de van Beneden se admitía con generalidad la teoría dinámica, aunque incompletamente expresada, y que el auge de las interpretaciones fibrilares vino sólo más tarde; en cambio su predominio fué casi absoluto hasta 1895.

En el intervalo, sin embargo, aparecen los notabilísimos estudios de Bütschli (4, 5, 6), el famoso autor de la teoría alveolar del protoplasma, quien, como es sabido, ha tentado también reproducciones artificiales de las figuras de división.

Para ello fabrica espumas análogas á las que le han servido para la reproducción artificial de la estructura alveolar del protoplasma, cuyas paredes están formadas de gelatina coagulada. Una solución espesa de gelatina caliente que contenga burbujas de aire es enfriada y luego coagulada por el alcohol ó por el ácido crómico. Esta espuma muestra una delicada estructura alveolar que adopta una disposición radial alrededor de las burbujas de aire debido á la tracción ejercida sobre los alvéolos por la contracción de las burbujas de aire al enfriarse. Cuando hay dos burbujas próximas se dibuja

entre ellas vagamente un huso. Meves (70) niega que pueda producirse un huso, pues las fuerzas atractivas producidas por la contracción de las burbujas no son de polaridades contrarias. Análoga objeción había formulado yo por mi parte (34), pero después de las explicaciones de Rhumbler (83), aunque no he visto personalmente las preparaciones de Bütschli, me inclino á creer que efectivamente las radiaciones alveolares formadas alrededor de una burbuja puedan ser encorvadas por la tracción ejercida por la otra burbuja y simular así un huso que las liga. Este efecto sería debido á la rigidez relativa de las estructuras alveolares de gelatina que hace que no sean fáciles los movimientos relativos de los alvéolos unos respecto de otros.

Bütschli debe considerarse como partidario de las interpretaciones dinámicas de la división celular, pues cree que las radiaciones son debidas muy verosímilmente á una acción físico-química del centrosoma sobre el protoplasma ambiente y no admite que sean verdaderas fibras sino filas de alvéolos orientadas por la tracción que pasa por los centros. En un trabajo reciente (7) es más explícito, pues llega á la conclusión que el huso nuclear es la expresión de los efectos de tracción y que no hay verdadera diferencia material entre las llamadas sustancias fibrilares é interfibrilares. Tampoco creía Henking (52, p. 198) en la estructura fibrosa de las radiaciones cariocinéticas que considera como la imagen exterior de un fenómeno que aún nos es desconocido.

Cuando la interpretación fibrilar estaba en todo su apogeo, Henneguy (54, p. 397 - 423, p. 421) se inclina á aceptar una teoría dinámica ensayando de nuevo la reproducción artificial de las figuras cariocinéticas por medio de los imanes. Más tarde, en su importante obra sobre la célula (55), vuelve á hablar de sus simulacros por medio de los imanes (p. 386-387) y agrega como explicación (p. 387) *qu'il existe dans la cellule des forces attractives ou repulsives, qui se manifestent en certains points déterminés et qui exercent une action manifeste sur les molécules protoplasmiques.*

Al analizar Fick los trabajos de M. Heidenhain (25) reprocha á los constructores de mecanismos intracelulares que olvidan demasiado en sus esquemas que los fenómenos celulares no pueden ser asimilados á los de la macrofísica sino más bien á los de la microfísica en los cuales entran en juego las fuerzas de la capilaridad y otras fuerzas moleculares, declarándose contrario á las interpretaciones fibrilares.

Por fin, llegamos á la expresión neta de una interpretación dinámica hecha por Prenant en 1894 en las siguientes palabras que cito *in extenso* por su importancia desde nuestro punto de vista (74, p. 186).

« ... il y a deux façons opposés de réaliser artificiellement des images irradiés et des figures caryocinétiques : en utilisant une force de traction ou mieux de rétraction (centripète) [Bütschli]; en employant une force de pression ou mieux de compression (centrifuge) [Henking]. Il y a donc deux schémas possibles des figures irradiées et caryocinétiques : le schéma attractif et le schéma répulsif. Le fantôme magnétique (van Beneden, Errera, Hennequy) qui reproduit très bien aussi les images de l'irradiation cellulaire et de la caryocinèse, n'est qu'une combinaison de deux schémas précédents. Quant à dire que les forces qui interviennent pour produire ces divers schémas sont celles qui agissent dans la cellule à l'état statique et à l'état cynétiqne, cela ne paraît nullement autorisé et nous devons, faute de pouvoir faire coïncider, au point de vue causal, avec l'un de ces schémas celui de la caryocinèse, ajouter à la liste le fantôme caryocinétique, image de forces actives qui nous sont encore inconnues ».

Estoy perfectamente de acuerdo con el sabio histologista de la Universidad de Nancy. En mi primer artículo (32) propuse designar á la figura acromática de división con el nombre de espectro cariocinético, sin haber leído los párrafos que dejo citados de Prenant, cuyo trabajo no conocía en aquella época, como me sucedía por lo demás con la mayor parte de los que he indicado hasta ahora, los cuales llegaron á mi conocimiento mucho después de escritos mis

artículos y en parte como cange por el envío de los mismos. En el mismo año 1895, Eismond expresa la opinión de que la fuerza acromática es la expresión de propiedades físicas y habla de fuerzas especiales de división (*Teilungskräfte*), de acuerdo con las ideas que ya anteriormente había manifestado (19).

Este era el estado de la cuestión cuando Ziegler publicó su importante artículo (95) en el cual hace la crítica de los trabajos anteriores, que clasifica por primera vez en las dos grandes categorías de teorías fibromusculares y de teorías dinámicas que he aceptado. Ziegler presentó su trabajo en la reunión de 1895 de la Sociedad de Zoólogos alemanes y fué publicado á fines de ese año. Por mi parte, había concebido completamente mi interpretación en el mes de noviembre de ese mismo año 1895 y sólo después de escrito mi primer artículo en abril de 1896, y cuando corregía las pruebas de imprenta, llegó á mi conocimiento un breve extracto del trabajo de Ziegler, publicado por v. Erlanger en el número del 31 de enero de 1896 de la *Zoologisches Centralblatt*.

Es curioso que estos trabajos concebidos simultáneamente y de una manera completamente independiente lleguen á conclusiones casi idénticas.

He aquí las que Ziegler formula después de indicar la semejanza de las figuras de la división indirecta con los espectros magnéticos y de mostrar que es posible reproducir por medio de imanes y de limaduras de hierro las principales imágenes cariocinéticas.

1° Que los husos no son imágenes preformadas sino estructuras originadas por la acción de los centros:

2° Que los llamados filamentos contráctiles y de unión son producidos á causa de las acciones dinámicas entre los cromosomas y centrosomas, verosímilmente acciones químicas recíprocas:

3° Que los filamentos del llamado huso central no son esencialmente diferentes de los otros filamentos.

Por mi parte, he aquí cómo encaraba el problema.

Después de hacer constar la grande analogía de la figura acromá

tica en la metafase con los espectros magnéticos y eléctricos, recordaba lo que enseña la física acerca de dichos espectros para ver si se trata de una semejanza casual ó producida por las mismas causas.

Para los lectores no familiarizados con las matemáticas recordaba en seguida las definiciones elementales de las fuerzas centrales newtonianas, de los centros de fuerza, del campo de fuerza, del potencial, de las superficies y curvas equipotenciales ó de nivel y de las líneas de fuerza que cortan normalmente á las superficies de nivel y cuya tangente en cada punto representa la dirección del campo en dicho punto.

Conocidas estas definiciones se explicaba la construcción gráfica de las curvas de nivel y líneas de fuerza para un sistema de uno ó dos centros, de acuerdo con las indicaciones de Maxwell.

Ahora bien, es sabido que los espectros magnéticos ó eléctricos son producidos por la orientación de ciertas partículas según las líneas de fuerza del campo magnético ó eléctrico. Mostraba luego que la notable semejanza de la figura acromática de la cariocinesis con el sistema de líneas de fuerza originado por dos centros capaces de igual potencial y de signo contrario no podía ser una mera coincidencia. En efecto, en la división cariocinética se realizan todas las condiciones de los campos de fuerza indicados. Los centrosomas son, sin duda, centros de fuerzas atractivas, puesto que hacia ellos se produce el movimiento de los cromosomas. La igualdad de sus potenciales queda demostrada por el hecho de hallarse en el ecuador del huso y equidistante de ambos polos la zona neutra donde se disponen los cromosomas en la metafase ordinaria y además por la equitativa división y separación de los mismos. La marcha en direcciones opuestas que siguen éstos al separarse, indica además claramente el signo contrario de las fuerzas que los solicitan. De todo ello puede deducirse teóricamente que el huso nuclear y las radiaciones de los ásteres no son otra cosa que la exteriorización de las líneas de fuerza del campo originado por los dos centros. Ahora bien, como estos dos centros de fuerza se originan en el seno del protoplasma, subs-

tancia heterogénea, de estructura alveolar, granulosa ó fibrosa, según las diversas hipótesis, es natural que sus elementos se orienten según las líneas de fuerza del campo, del mismo modo que se orientan las limaduras de hierro en el campo engendrado por los dos polos de un imán y esto es lo que da origen á la figura cariocinética acromática visible.

En la forma siguiente sintetizé mi interpretación dinámica de la cariocinesis en vista de las consideraciones que preceden y de otras que paso por alto. En un momento dado de la vida de la célula una cierta fuerza que llamaremos cariocinética, para no prejuizar de su esencia, adquiere al polarizarse una cierta tensión. Los centrosomas adquieren también esta polaridad, que se manifiesta por la aureola de sus radiaciones, la formación de un pequeño huso que los liga y de las líneas de fuerza que de ellos parten y se dirigen á los cromosomas.

Influenciados los centrosomas por la polaridad general de la célula se separan entre sí siguiendo como trayectorias dos curvas de fuerza del campo general y se dirigen á los polos de la célula, separación que produce el crecimiento del huso que los une. Llegados á sus posiciones de equilibrio, adquieren allí su máximun de energía que corresponde á la metafase. En ese instante, todos los microsomas del protoplasma ambiente se han orientado definitivamente, bajo la influencia de las fuerzas atractivas y dibujan la figura acromática ó *espectro cariocinético*.

Mientras tanto, los cromosomas se han dispuesto en el ecuador del huso bajo la influencia de las fuerzas atractivas y repulsivas que emanan de los polos. La energía máxima determina el hendimiento longitudinal de los segmentos cromáticos y la marcha de cada grupo de mitades gemelas hacia los polos atractivos del campo de fuerza, ocupados por los centrosomas rodeados de su áster.

Es natural que en su marcha sigan las líneas de fuerza del huso que son, según definición, las trayectorias que seguiría un punto físico libre de moverse bajo la acción de las fuerzas del campo. Pa-

recen pues resbalar á lo largo de las líneas que forman el huso nuclear.

Llegados los grupos de segmentos cromáticos á proximidad de los centrosomas, se produce una neutralización de las fuerzas atractivas con las de los cromosomas y como consecuencia desaparece el campo de fuerza y sus manifestaciones exteriores, ó sea el espectro de fuerza cariocinética.

En este período de reposo se organizan los dos nuevos núcleos procedentes de la división hasta que una nueva polarización determine una segunda división y así sucesivamente.

Esta interpretación dinámica de la cariocinesis que somete los fenómenos celulares á las mismas leyes matemáticas que rigen todas las fuerzas centrales newtonianas permite comprender el significado de todas las figuras radiantes que se observan en las células, considerando simplemente á estas radiaciones como líneas de fuerza. Cuando se presenta un centro aislado es natural que esté rodeado de una aureola de radiaciones rectilíneas desde que ese es el sistema de líneas de fuerza de un centro único. En caso que existan dos centros próximos pueden suceder dos casos : ó bien ambos son del mismo signo y entonces las radiaciones divergen entre los centros sin formar huso nuclear, ó bien son de signos contrarios, como en el caso de la división cariocinética, en cuyo caso se forma entre ambos centros un huso que los liga.

Las figuras espirales ó en torbellino que han sido observadas en la célula pueden explicarse por la rotación de la masa protoplasmática ó del centro atractivo, observándose idénticas apariencias en los espectros magnéticos cuando se hace girar el polo del imán.

Por fin, los triásteres y poliásteres corresponden perfectamente á la disposición de las líneas de fuerza en los campos de varios polos. Desgraciadamente no se conoce un método matemático preciso para trazar el sistema de equipotenciales y líneas de fuerza en el caso que existan más de dos polos, pero ellos pueden determinarse aproximadamente de una manera experimental, como lo ha indicado Adrian

Guéblhard (44). Para ello produce los anillos coloreados de Nobili sobre una lámina metálica bañada en una solución de acetatos de cobre y de plomo. Obtiene así, según la disposición de los electrodos, toda clase de diagramas en los cuales los anillos de Nobili representan las equipotenciales. Para hallar las líneas de fuerza basta trazar curvas normales á las líneas de nivel.

He aquí el enunciado de la ley, hallada experimentalmente por Guéblhard. « Cuando se coloca á pequeña distancia de una hoja horizontal de metal, exactamente limitada á las paredes perpendiculares de una vasija electrolítica, un sistema cilíndrico cualquiera de electrodos verticales, los anillos coloreados que toman nacimiento figuran, con gran aproximación, el sistema teórico de líneas equipotenciales que produciría la aplicación directa de estos mismos electrodos sobre un plano conductor de mismo contorno que la hoja ».

A este interesante artículo de Guéblhard, que me ha sido señalado por mi distinguido colega el profesor Cristóbal Hicken, acompaña una lámina en que se puede hallar la disposición de las líneas equipotenciales para los sistemas más variados de polos.

Gracias á esta determinación experimental es pues posible hallar la forma de las curvas de nivel para tres, cuatro, ó más polos y por consiguiente es fácil luego determinar las líneas de fuerza de dichos sistemas, las cuales coinciden completamente con la forma de los triásteres y poliásteres que se observan en las células.

Insisto sobre este punto porque, como se verá más adelante, una de las objeciones que se ha hecho con mayor frecuencia á la interpretación dinámica es el injustificado reproche de no poder dar cuenta de las figuras multipolares á pesar de que digo expresamente en mis artículos que he podido reproducir experimentalmente un triáster con el aparato que he empleado para simular artificialmente las figuras cariocinéticas.

En efecto, guiado por las consideraciones teóricas que dejo expuestas reproduce, algo modificado, un experimento de Faraday para demostrar que una fuerza capaz de desarrollar un campo de

fuerza alrededor de dos centros de polaridad contraria, tal como la electricidad estática, puede producir un espectro en el espacio formado por radiaciones y un huso cuyas líneas tienen el aspecto de filamentos aun cuando en realidad están formadas de partículas orientadas y mantenidas en equilibrio bajo la acción de la fuerza eléctrica.

Se introduce para ello, dos hilos conductores aislados y terminados por dos pequeñas esferas metálicas en una estrecha cuba de cristal, llena de esencia de trementina, líquido mal conductor de la electricidad y en el cual se encuentran en suspensión cristales muy finos de sulfato de quinina, substancia semiconductor.

Ligando los hilos conductores con los polos de una máquina electrostática y haciendo girar el platillo, los cristales se orientan según las líneas de fuerza del campo eléctrico engendrado y dibujan muy netamente una radiación alrededor de cada esfera y un huso que los une. La figura formada ofrece una notable semejanza con la figura acromática de división. Las agrupaciones de cristales de sulfato de quinina parecen verdaderos filamentos y cuando se los toca con una varilla de vidrio se doblan y se deforman con toda flexibilidad, recuperando su forma y posición en cuanto se retira el obstáculo.

Se puede reproducir las figuras multipolares introduciendo en la cuba un conductor que comunique con la tierra. Se tiene así un triáster, cuyos vértices son las dos esferas y la extremidad del conductor que comunica con la tierra y que tiene por consiguiente el potencial cero.

Esta reproducción experimental de un espectro en el espacio ha hecho tal vez la fortuna de mi interpretación, pues ha concretado las consideraciones algo abstractas en que está fundada; pero, en cambio, he dado lugar á que muchos autores supongan que yo quería remedar con ella lo que pasa en la célula cuando en realidad sólo me proponía demostrar de una manera concreta que es posible, gracias á la exteriorización de las líneas de fuerza, que simples agre-

gados de partículas orientadas por una fuerza central adquirieran la apariencia de filamentos elásticos.

Los que han argüido que no había derecho de extender á la célula lo observado en un grosero experimento macrofísico, realizado con substancias completamente diferentes de las que forman la célula viva, han interpretado erróneamente el alcance del experimento.

Esto pasa por ejemplo con Labbé (62), quien, después de describir detalladamente el experimento de Faraday y de reproducir mi figura, agrega que el experimento carece del rigor científico necesario. Naturalmente que si yo pretendiera identificar la cuba llena de trementina con una célula viva, tan grosera simulación carecía de todo rigor, pero como demostración práctica de que pueden obtenerse apariencias morfológicas por el simple juego de fuerzas físicas, continuó creyendo que el experimento llena ampliamente su objeto.

Así lo han reconocido en efecto muchos autores. Según Erlanger (21) es el único medio artificial conocido hasta hoy de obtener un huso y radiaciones en el espacio.

Häcker dice textualmente en su tratado de citología (45, p. 77):

Auf Grund dieser Versuche könnte man also die bei der Theilung auftretende Strahlungserscheinungen auf Kräfte zurückführen, welche von den Centalkörpern ausgehen und nach ähnlichen mathematischen Gesetzen wirken, wie die magnetischen und elektrischen Kräfte, (H. E. Ziegler: Karyokinetische Kraft Gallardo's).

El mismo Wilson, que hace á mi interpretación objeciones teóricas de que trataré en seguida, dice en la segunda edición de su excelente tratado universitario sobre la célula (92, p. 108-109): *A still closer « simulacrum » of the amphiaser is produced by fine crystals of sulphate of quinine (a semiconductor) suspended in spirits of turpentine (a poor conductor) between two electric poles. This experiment, devised by Faraday, has recently been applied by Gallardo to an analysis of the mitotic figure.*

Aun cuando atribuyo mayor importancia á las consideraciones teóricas y matemáticas en que se basa mi interpretación que á su

demostración experimental, veo sin embargo con satisfacción que hoy por hoy el experimento de Faraday, adaptado por mí para reproducir artificialmente las figuras de división es considerado como el simulacro más aproximado de las mismas entre los varios que han sido propuestos por diversos autores. Pero es ya tiempo de hacerse cargo de las objeciones teóricas que han sido dirigidas á la interpretación dinámica para ocuparme en seguida de las nuevas ideas que han sido emitidas con posterioridad á mis artículos. Sólo después nos hallaremos en condiciones de formular las conclusiones de este estudio y de esbozar las consecuencias á que conduce su aplicación á diversos problemas de la biología general.

RESPUESTA Á LAS OBJECIONES FORMULADAS

CONTRA LA

INTERPRETACIÓN DINÁMICA

I

En *L'Année biologique* correspondiente á 1896, los redactores de ese importante anuario, profesores F. Henneguy y G. Poirault, presentan un resumen general de los trabajos más importantes sobre la célula aparecidos en ese año. Después de extractar mi trabajo y de dar cuenta de su parte experimental, agregan :

Nous ferons observer que ces expériences ne nous apprennent pas grand'chose : elles reproduisent le phénomène, laissant l'explication aussi obscure qu'auparavant. En effet, dans la reproduction du spectre magnétique et dans celle de la figure dans l'espace de Gallardo, les deux centres de force sont fixes et exercent sur les particules des actions contraires. Or, dans la cellule, en admettant que les choses se passent ainsi, les deux centrosomes, point d'application des forces, ne paraissent pas solidaires l'un de l'autre comme le sont les pôles d'un aimant. Il faudrait donc admettre qu'il existe une autre force ou système rigide maintenant écartés ces deux centrosomes et les empêchant de se réunir, comme ils le devraient, en vertu de leur polarité contraire.

Precisamente, en eso consiste la polarización, en la separación de dos polos de nombre contrario y el sistema rígido ó la otra fuerza que me exigen los señores Poirault y Henneguy no ha conseguido explicarse aún de una manera completa ni para los cuerpos magnéticos ni para los eléctricos, cuyas leyes son sin duda mucho mejor conocidas y más fáciles de comprobar que las que rigen á la división celular.

¿Por qué no se recombinan los polos de un imán, atrayéndose « como deberían, en virtud de su polaridad contraria », para emplear las palabras mismas de los señores Henneguy y Poirault? Por la fuerza coercitiva, contestan los físicos, pero esto no es más que el nombre que se ha dado á la causa desconocida que mantiene la polarización.

¿Por qué no se recombinan directamente dentro de la pila la electricidad positiva y negativa que en ella desarrollan las acciones químicas? Porque dichas acciones químicas mantienen ese estado especial que se llama polarización por un mecanismo que no comprendemos. La objeción de *L'Année biologique* me exige pues, *sans en avoir l'air*, la explicación de la esencia misma de la polarización, es decir algo que nadie está hoy en día en condiciones de explicar fundamentalmente, pues todas las teorías se reducen á suponer fluidos dotados de ciertas propiedades que los habilitan por definición para producir efectos conformes á los hechos de observación.

Cuando en la teoría de los dos fluidos eléctricos se dice que el frotamiento, las acciones químicas, el calor, etc., separan el fluido positivo del fluido negativo no se hace en realidad otra cosa que traducir al lenguaje de la teoría un hecho de observación, pero no se da una verdadera explicación del fenómeno, pues los fluidos nos siguen siendo desconocidos ó ignoramos tan completamente como antes el mecanismo por medio del cual se realiza la separación de tales fluidos. La misma cosa sucede cuando en la teoría de un fluido único se supone que se aumenta la cantidad de dicho fluido hipotético para producir un polo positivo y que ella se disminuye al constituir uno negativo.

Esta objeción de *L'Année biologique* nace de la creencia corriente de que los polos concentran en sí mismos la totalidad de la fuerza polarizada cuando en realidad es necesario suponer que la fuerza se halla en todo el espacio polarizado y que los polos son sólo los puntos de aplicación de las resultantes de dichas fuerzas.

En el concepto moderno de la electricidad y del magnetismo se concibe la polarización como una deformación elástica del medio en que se hallan los polos, los cuales en vez de ser los únicos activos, como generalmente se cree, son más bien puntos muertos del sistema. Un cuerpo atraído por un polo consigue un estado de equilibrio cuando llega á dicho polo, cesando su movimiento por alcanzar el punto de más alto potencial.

Si consideramos las superficies equipotenciales como curvas de nivel es fácil comprender que un campo de fuerza estará representado geoméricamente en proyección acotada por una superficie cóncava hacia el cénit, cuyos puntos más bajos son precisamente los polos.

Si colocamos pequeñas esferitas sobre dicha superficie ellas rodarán por las líneas de mayor pendiente que son precisamente las líneas de fuerza, solicitadas por los potenciales crecientes de la gravedad, hasta llegar á los puntos más bajos del sistema, á los polos en una palabra, donde cesa el movimiento y se detienen. Naturalmente que si destruimos la superficie resistente que hemos imaginado, el movimiento continuaría en dirección vertical. Faraday, el creador de la teoría de las líneas de fuerza eléctricas y magnéticas, consideraba que tales líneas « no son una simple concepción matemática, sino que tienen una existencia real que responde á un estado particular del espacio que rodea los polos. Faraday se representaba este medio como tendido según las líneas de fuerza y reemplazaba á menudo éstas en su pensamiento por hilos elásticos que tuvieran una tendencia á contraerse provocando la aproximación de los polos (8, p. 43).

El eminente físico Clerk Maxwell, sometió al cálculo matemático esta concepción de Faraday y transformó con ello la física matemática que había sido edificada en el concepto de que las fuerzas cen-

trales estaban concentradas en sus puntos de aplicación y despreciaban en absoluto el medio que las rodeaba, que no era para los antiguos analistas más que un abstracto espacio matemático. Maxwell, por el contrario, supuso á este espacio ó al éter que lo llena, para hablar el lenguaje de los físicos, sometido á una deformación elástica y consideró que los centros de fuerza no eran otra cosa que los puntos de aplicación de las resultantes de las tensiones causadas por dicha deformación elástica. Del mismo modo debemos concebir que los polos de la célula en división son únicamente los puntos de aplicación de las resultantes de la fuerza polarizada que reside en toda la masa protoplasmática.

En mecánica celeste se considera, para comodidad del cálculo, que la masa de los cuerpos celestes está concentrada en su centro. Por eso se dice, por ejemplo, que los cuerpos son atraídos por el centro de la tierra, cuando en realidad la que atrae es toda la masa de la tierra y suprimida esta masa el centro queda reducido á un simple punto matemático.

En mi concepto, los centrosomas son sólo activos por la posición polar que ocupan, pero no son de ninguna manera los depositarios exclusivos de la fuerza atractiva, pues, como he repetido varias veces, la polarización debe residir en toda la masa protoplasmática, siendo los polos los puntos de aplicación de las resultantes de dichas fuerzas.

Para mi interpretación no tiene importancia alguna que el centrosoma sea ó no un órgano permanente de la célula. Puede muy bien formarse en cada caso, por la acumulación de partículas en el polo, por el entrecruzamiento de las radiaciones ó bien ser un corpúsculo banal que por su forma ó densidad llega al polo antes que los demás elementos celulares.

No atribuyo, pues, á los centrosomas la importancia exagerada que les prestan casi todos los autores, discutiendo si son órganos transitorios ó permanentes de la célula, cuál es su origen, etc. Muchas páginas se han escrito al respecto y se han llevado á cabo para di

luci
otro
V
que
E
mu
con
E
cen
din
pre
obs
rior
cad
séa
cor
teo
cor
ría
tral

(
las
ves
(70
pol
ten
mi
chu
nic

lucidar esta cuestión infinidad de observaciones contradictorias sin otro provecho que la acumulación de un caudal de hechos.

Algunos autores, sin embargo, han emitido ideas análogas á la que acabo de exponer.

Eismond (16, 17, 18) considera á los centrosomas como puntos muertos de la célula que no están preformados y resultan de una configuración especial de los alvéolos protoplasmáticos.

Prenant (75) está en lo que creo ser la verdad, cuando considera al centrosoma como efecto y no como causa del anfiaster. La acción dinámica formaría, pues, el centrosoma que en muchos casos no preexiste como órgano especial de la célula según deduce de muchas observaciones en las que ha visto formarse el centrosoma *a posteriori*. Parece que P. Vignon, en un artículo que no conozco, publicado en la sesión del 1º de julio de 1901 de los *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Sciences*, expresa una idea análoga. Por las consideraciones que anteceden se ve que no puedo admitir para mi teoría la clasificación de *Centralkörpertheorie* ó de *Centrentheorie* con que la bautiza Meves. El título que le corresponde es el de teoría dinámica, dado por Ziegler y que he adoptado en todos mis trabajos.

II

Ocupémonos ahora de la objeción más seria que se ha dirigido á las interpretaciones dinámicas de la cariocinesis. Ella parte de Meves, quien después de reseñar los artículos de Ziegler y los míos dice (70, p. 371): *Gegenüber Ziegler und Gallardo, welche die Teilungspole mit Kraftcentren von gleichen Potentialen, aber entgegengesetzten Vorzeichen und die von den Teilungspolen ausgehenden Strahlen mit Kraftlinien vergleichen, dürfte es genügen, eine einzige Thatsache anzuführen welche beweist, dass die genannten Erscheinungen nicht vergleichbar sind: d. i. die Thatsache dass die von den Central-*

körpern ausgehenden Polstrahlen sich häufig in ausgedehnter Weise durchkreuzen. Eine derartige Durchkreuzung ist bei Kraftlinien welcher Art sie auch sein mögen ausgeschlossen.

Efectivamente, en muchas preparaciones se observan cruzamientos de las radiaciones polares, cruzamientos que no pueden producirse en un sistema de líneas de fuerza que provengan de un campo de fuerzas centrales newtonianas.

Esta objeción de Meves fué atenuada por el sabio profesor de la Universidad de Nancy, A. Prenant, en su benévolo análisis de mis artículos, publicado en *L'Année biologique*, recordando la posible influencia deformante de las preparaciones microscópicas que podría producir cruzamientos de las radiaciones sin que estos existieran antes de hacer la preparación.

El profesor Valentin Haecker, al ocuparse de esta cuestión en su excelente texto (45), no atribuye tampoco gran importancia á la objeción de Meves, y hace notar que los cruzamientos pueden producirse por la superposición subsiguiente de radiaciones primitivamente separadas. El mismo Wilson, que era contrario á la interpretación dinámica, cree que *the crossing of rays is not necessarily fatal to the assumption of dynamic centres*.

Sin embargo, la objeción es realmente muy grave, si fuera cierta, y así lo prueba Meves en su nueva revista de los trabajos sobre la división celular, insistiendo (71, p. 521-522) en sus argumentos y refutando (p. 525) las atenuaciones de Haecker.

El profesor Wilson, en la segunda edición de su importante libro sobre la célula, acepta las ideas de Meves (92, p. 109) y considera que el cruzamiento de las radiaciones es difícil de explicar si no se admiten las teorías fibrilares (p. 49). Este era el estado de la cuestión cuando presenté una comunicación, en la sesión del 27 de abril de 1901 de la Sociedad de Biología de París, á fin de demostrar que los cruzamientos de los radios polares no son otra cosa que un efecto de perspectiva que se origina cuando el eje del huso no es exactamente paralelo al plano de la platina del microscopio. La

simpl
produ
un ef
prepa
no son
A f
logía

FIG. 1.
que h
de fre
to alg
zamic
tiva (1
Est
mode
produ
la rev
comu
de lo
labra

simple inspección de las preparaciones ó de las figuras que las reproducen basta para darse cuenta de que dichos cruzamientos son un efecto de perspectiva causado por una mala orientación de las preparaciones. Es sólo necesario recordar que las figuras de división no son figuras planas sino que son figuras de tres dimensiones.

A fin de facilitar la demostración presenté á la Sociedad de Biología un modelo esquemático de la figura acromática de división,

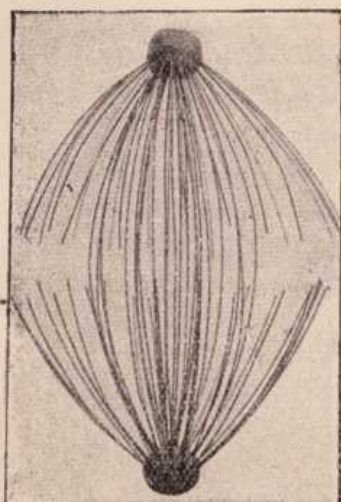


FIG. 1. Modelo esquemático en relieve del anfiáster, visto de frente, no muestra cruzamientos.

que había construído con alambres. Cuando se mira este modelo de frente, es decir normalmente al eje del huso, no se ve cruzamiento alguno (fig. 1), pero si se inclina algo el modelo aparecen los cruzamientos en la región ecuatorial por un simple efecto de perspectiva (fig. 2).

Estas apariencias se observan perfectamente en las fotografías del modelo que mostré también en la Sociedad de Biología y que reproduzco en las figuras 1 y 2, las cuales fueron ya publicadas en la revista de esa importante institución científica (37, p. 455). Mi comunicación fué recibida con muestras de aprobación por parte de los asistentes á la sesión y el profesor Henneguy tomó la palabra para declarar que estaba completamente de acuerdo con mi

exposición y que él por su parte jamás había observado tales cruzamientos en sus numerosas preparaciones del huevo de la trucha, á pesar de la longitud de las radiaciones en estos objetos, porque tomaba toda clase de precauciones para orientarlas con gran exactitud.

Después de mi conferencia en la Sociedad de Biología envié el modelo al profesor Meves, quien me contestó agradeciendo el obsequio pero manifestándome al mismo tiempo que no se daba por con-

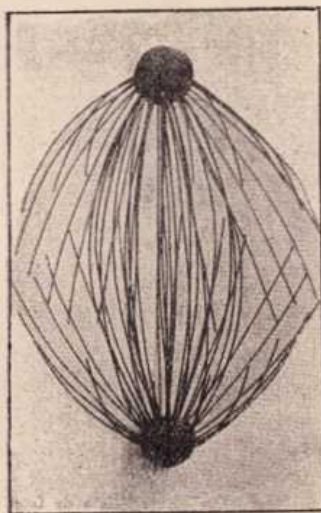


FIG. 2. El mismo modelo inclinado hacia adelante presenta cruzamientos de las radiaciones polares por un efecto de perspectiva

vencido. No sé cuáles sean las razones en que se funde para persistir en su opinión, pues no las daba en su carta y no ha llegado á mi conocimiento ningún artículo ulterior suyo sobre el asunto.

Se me ocurre, sin embargo, que Meves haya tratado de inclinar bajo el microscopio las preparaciones que presentan cruzamientos con la esperanza de verlos desaparecer. Como no habrá sucedido semejante cosa, de ahí supongo que pretende deducir la falsedad de mi respuesta.

Sin embargo, es perfectamente natural que una preparación que presenta cruzamientos después de montada debe seguir presentán-

dolos bajo cualquier ángulo que se la mire, pues la compresión de la laminilla sobre el portaobjetos aplasta las radiaciones y convierte en reales, al reducirlos á un plano, los cruzamientos que en la preparación fresca eran debidos á una superposición óptica.

Pero, como ya he dicho, no se trata más que de suposiciones de mi parte, pues Meves no dice por qué no se declara convencido.

Á la espera de su respuesta puedo dar por contestada su objeción que, como digo, es la más fundamental que se ha dirigido á la interpretación dinámica y que me hizo vacilar durante algún tiempo en mis opiniones hasta que se me ocurrió que debía de ser un efecto de perspectiva, como en realidad creo que lo es.

En un trabajo reciente el profesor Wilson (93) se declara partidario de las teorías dinámicas, adoptando la interpretación de Bütschli. Dice sin embargo que no ha sido explicado el cruzamiento de las radiaciones que se presentan al comienzo de la cariocinesis, á pesar de haberle yo enviado mi artículo (37). De todas maneras la conversión del profesor Wilson en cuanto al fondo del asunto debe considerarse como una verdadera victoria de las teorías dinámicas.

III

Otra objeción que se ha presentado con frecuencia, á pesar de ser completamente infundada, es la supuesta imposibilidad de obtener figuras multipolares con sólo dos polaridades. Para quienes estén al corriente de los conocimientos modernos de la física esta objeción carece de toda importancia.

El profesor Wilson en su tratado tantas veces citado, dice (92, p. 109), después de exponer la analogía señalada por nosotros de las figuras cariocinéticas con los espectros de fuerzas centrales: *It is impossible to regard this analogy as exact; first because it is inconsistent with the occurrence of tripolar astral figures; second, as Meves*

has recently urged, the course of astral fibres does not really coincide with the lines of forces, the most important deviation being the crossing, of the rays opposite the equatorial region of the spindle, which is impossible in the magnetic or electric field.

Queda ya contestada la objeción de Meves ; en cuanto á la imposibilidad de obtener figuras tripolares contesté al profesor Wilson (35) que he obtenido experimentalmente un triáster y que en los tratados de física industrial se puede ver la disposición de las líneas de fuerza en los campos multipolares, la cual coincide perfectamente con la forma de los poliásteres más complicados.

No conocía entonces el trabajo de Guébard (44), de que ya me he ocupado, y que permite obtener experimentalmente las equipotenciales para un sistema cualquiera de polos, no pude pues aducir en esa oportunidad el importante argumento que me suministra ese interesante artículo.

Aprovechando una figura de Holzmüller, reproducida por Guébard, he copiado las equipotenciales producidas por cuatro polos: dos de los cuales son positivos, siendo negativos los otros dos. Luego he trazado las líneas de fuerzas normales á dichas equipotenciales. Puede verse en la figura 3 que la analogía de la disposición de las líneas de fuerza con un tetráster es completa. De análoga manera puede dibujarse cualquier figura multipolar que coincide siempre con el aspecto del correspondiente poliáster.

Tan arraigada se halla sin embargo la falsa creencia de que es imposible obtener figuras multipolares con sólo dos polaridades, que aún los sostenedores de la teoría dinámica incurren en ella.

Así, por ejemplo, el doctor Federico Reinke, entusiasta partidario de una interpretación dinámica de estos fenómenos, dice (78, p. 96) : *Allein ein Umstand, der elektrische oder magnetische Kräfte wohl ausschliesst, is das Vorkommen von tripolaren und multipolaren Mitosen, da hier die Entstehung des drei- und vierpoligen Spindel durch nur zwei Arten der Elektrizität, wie sie die Physik bisher kennt, nicht erklärbar wäre.*

Parece que esta misma objeción ha sido hecha ya por Reinke en un trabajo anterior (77) que conozco sólo por la siguiente cita de Wilson (93, p. 383-384). *The existence of tripolar figures, as Reinke points out, is inconsistent with the assumption that the amphiastral figure is due to polarized attractive forces (analogous to those of the magnetic field).*

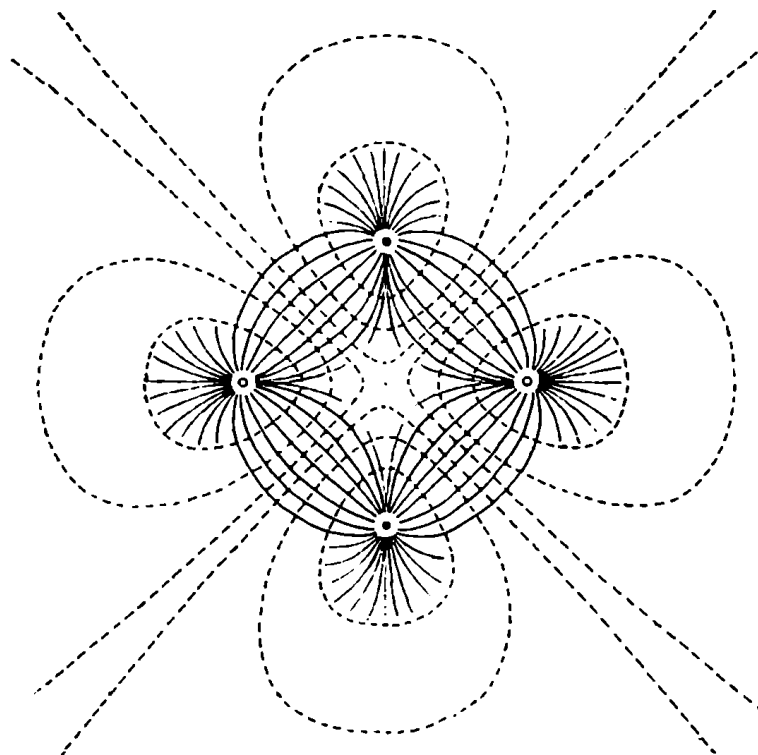


FIG. 3. Disposición de las equipotenciales y líneas de fuerza en un campo producido por cuatro polos de igual carga; dos de ellos positivos (○) y dos negativos (*).
Las equipotenciales han sido tomadas de una figura de Holzmüller (*Clebsch's Math. Ann.* XVIII, 1881), reproducida por Guéhard (11, p. 221, fig. 18).

Nada más injustificado que esta objeción. Basta recorrer cualquier tratado de física industrial para encontrar diagramas multipolares en cantidad suficiente como para satisfacer al más exigente.

La insistencia con que se repite esta objeción, que he encontrado también en otros trabajos que dejo de lado, se explica sólo por no estar en general familiarizados los citólogos con los estudios de fisi-

ca. Demuestra también que han pasado desapercibidas mis afirmaciones respecto de la exacta coincidencia de las figuras multipolares con la disposición de las líneas de fuerza en los campos originados por varios polos, así como también la reproducción artificial de un triáster obtenido experimentalmente por medio del aparato de Faraday, cosa que por otra parte ya había conseguido Errera por la colocación conveniente de polos magnéticos imitando así las figuras acromáticas que se observan en la pluripartición de los endospermas.

Creo haber dejado satisfactoriamente contestadas las objeciones de que he tenido conocimiento.

Vamos á ver ahora las ideas que se han emitido respecto á la división celular con posterioridad á mis artículos. Se notará que ellos han contribuído por lo menos á hacer más exacta y precisa la terminología, introduciendo el lenguaje matemático en el estudio de las cuestiones biológicas.

Las vagas comparaciones con los espectros magnéticos han sido reemplazadas por la consideración de los campos de fuerza. Hoy día la mayor parte de los autores hablan de equipotenciales y de líneas de fuerza, acuden á los diagramas de Maxwell, tratan, en una palabra, la cuestión de una manera mucho más científica. Aun aquellos que, como Meves, no aceptan una interpretación dinámica en lo que ella tiene de esencial, han adoptado por lo menos el lenguaje y la terminología que tengo la creencia y la satisfacción de haber sido el primero en introducir. Esto sólo representa ya un progreso ya que demuestra que esta parte de la biología comienza á entrar, como sucede también con el estudio de la variación (1) en el período matemático que señala el más alto punto de perfección de una ciencia.

Análoga transformación han sufrido ya otros ramos de las ciencias naturales. La primera fué la astronomía que de la simple ob-

(1) Véase á este respecto mi artículo *Las matemáticas y la biología* (38).

servación de los cuerpos siderales pasó á ser una mecánica celeste. Vino luego la física que adquirió en muchos de sus ramos el carácter de una mecánica molecular. La química no ha terminado aún su transformación en mecánica atómica, cuando ya la biología comienza á entrar en su período matemático. La misma tendencia puede observarse también en las ciencias sociales, particularmente en economía política.

No se aclara con esta aplicación matemática la esencia misma de los fenómenos, que permanece tan inaccesible como antes, pero se facilita y se precisa la comprensión del funcionamiento de las causas permitiendo enlazarlas con los efectos por medio de enunciados sintéticos susceptibles de expresión matemática y dignos por consiguiente del nombre de leyes.

Se pasa, en una palabra, del análisis cualitativo de los fenómenos á un análisis cuantitativo que va convirtiendo en una hermosa realidad el intuitivo aforismo pitagórico: *Numeri regunt mundum*.

IDEAS RECIENTES ACERCA DE LA DIVISIÓN CELULAR

El malogrado sabio R. von Erlanger, prematuramente arrebatado á la ciencia á la edad de treinta años, cuando ya había producido importantes trabajos que hacían esperar mucho de su obra futura, puede considerarse como uno de los más decididos partidarios de la interpretación dinámica de la cariocinesis.

En sus últimos trabajos (19, 20, 21, 22) manifiesta, de acuerdo con Bütschli, cuyas ideas sobre la estructura alveolar del protoplasma compartía, que el huso nuclear y las radiaciones polares resultan de la exteriorización de las fuerzas físicas ó químicas que presiden á la división, adoptando la terminología matemática de líneas de fuerza, equipotenciales, etc.

Aprovecho esta oportunidad para tributar el merecido homenaje

á la simpática memoria de esta tronchada esperanza de la ciencia y para manifestar mi gratitud por la espontaneidad y benevolencia con que analizó y encomió mis primeros trabajos sobre este asunto.

En contra de las teorías fibrilares hace notar Lauterborn (63) la falta de unión de los filamentos con los cromosomas en las diatomeas y atribuye el movimiento de los segmentos gemelos á una acción excitante, probablemente quiniotáctica. La acción quimiotáctica había sido invocada hace ya muchos años por Strasburger (85, p. 185) para explicar los movimientos cariocinéticos.

Rhumbler, partidario también de la teoría de Bütschli sobre la estructura protoplasmática, ha proseguido los experimentos de este sabio, introduciendo burbujas de aire y otros cuerpos extraños en las espumas artificiales de gelatina, de aceite, etc., que sirven para simular la estructura alveolar del protoplasma.

Análogos experimentos he hecho con huevos de rana y de otros animales.

Demuestra así de nuevo la posibilidad de obtener apariencias de radiaciones y de filamentos por la orientación de filas de alvéolos. Con estos elementos experimentales ha edificado una ingeniosa teoría mecánica de la división celular (80) que peca de artificiosa pues supone que las filas de alvéolos se contraen ó no según conviene para producir los movimientos que tiene en vista. El principal defecto de la teoría de Rhumbler es que pretende explicarlo todo y suple con ingeniosidades de detalle las deficiencias de la teoría.

Su respuesta á la objeción de Meves, de que ya nos hemos ocupado (83, p. 605, 606), es muy sugestiva é interesante.

Aunque no conozco en el original el importante trabajo de His (60) creo poder incluir á este autor entre los partidarios de las interpretaciones dinámicas aunque no es este el sitio que le asigna Meves (71), si bien reconoce que los partidarios de unas y otras teorías pueden aceptar las teorías de His. En efecto, Prenant (75) atribuye á His la opinión de que las fuerzas motrices que actúan en el territorio de la astrosfera pueden ser consideradas como atraccio-

nes y repulsiones que parten del centro. Cree también que las irradiaciones que aparecen en ciertas fases del desarrollo de la vida celular pueden desaparecer de nuevo, después de haber durado cierto tiempo y que su aparición coincide con los puntos culminantes de la vida de la célula.

Además considera que la extensión de los territorios de las diversas fuerzas es medida por el diámetro de las astrosferas y que la intensidad de las fuerzas que actúan en estos territorios puede ser estimada según la tensión de los radios. Todo esto concuerda bastante bien con la interpretación dinámica. La misma impresión me producen las conclusiones de este autor que transcribe Reinke (78, p. 85-86).

Mucho más explícitamente dinámicas son las conclusiones del importante estudio del profesor Prenant sobre el protoplasma superior (75, p. 215).

Dice en efecto : *Nous inclinons à nous représenter les formations fibrillaires, kinoplasmiques, de la cellule en division, comme schématisant les lignes de forces, tendues qu'elles sont entre les deux pôles ou bien rayonnant autour d'eux comme dans tout champ où sont présents deux pôles équivalents et de nom contraire. En tant que ces figures kinoplasmiques sont formées d'une substance chromatique particulière elles nous indiquent que suivant les lignes de force qu'elles représentent se font des mouvements moléculaires, ayant pour résultat un changement dans l'agencement des molécules, un travail chimique accompli.*

En el año 1898, Houssay lanzó una interpretación de los fenómenos cariocinéticos, fundada en la consideración de los fenómenos osmóticos. No he leído el trabajo original de Houssay (61) y confieso que por los análisis que de él he visto en los artículos de Meves, Rhumbler y en *L'Année biologique* (t. IV, p. 75) no he conseguido formarme una idea clara de lo que puede ser esta interpretación. Parte del postulado de que la ósmosis debe ejercerse normalmente á las paredes de separación de ambos líquidos y obtie-

ne así unas líneas de acción osmótica en las cuales se funda para explicar las figuras de cariocinesis. Según parece, obtiene cuatro polos en vez de dos. Tengo idea de haber leído esta interpretación de Houssay en su libro *La forme et la vie*, sin conseguir entenderla bien; no me he preocupado después de ella, porque creo como Meves que la artificiosidad de las construcciones de Houssay basta para comprender que no pueden ser correctas y que no vale la pena de criticar en serio una teoría tan artificial. Esto no quiere decir que la ósmosis bien estudiada no puede dar la clave de muchos de los fenómenos que tienen lugar en la célula. Por lo demás, la interpretación de Houssay puede considerarse dinámica desde que concibe las figuras celulares como las líneas de acción de una fuerza.

Otra interpretación moderna, esencialmente dinámica, es la teoría sexual de la división celular de Félix Le Dantec. Este biólogo y filósofo de real talento, aunque algo paradójal, considera en su artículo (64) á la herencia como la clave de los fenómenos biológicos, como la principal diferencia entre los seres orgánicos é inorgánicos.

Al tratar de la cariocinesis, dice Le Dantec : *Mais ce qui nous semble le plus extraordinaire, c'est cet appareil d'asters et de fuseaux, cet ensemble de lignes de force qui semblent émaner de deux centres brusquement formés dans la cellule; tout cela a un aspect compliqué, un aspect de « mécanisme » qui nous dérouté; des auteurs ont été jusqu'à voir dans ces lignes de force des filaments élastiques qui vont se jeter sur les chromosomes pour les distribuer également dans les deux cellules filles!*

En este párrafo hace no sólo su profesión de fe dinámica sino que critica espiritualmente á los sostenedores de las teorías fibrilares.

Expone luego su interpretación sexual diciendo : *Quand on veut expliquer un phénomène, il faut chercher les cas dans lesquels il se présente avec le minimum de complications étrangères; or, nous connaissons un cas dans lequel un aster se forme sous nos yeux, dans des conditions bien faciles à déterminer expérimentalement: c'est lors*

que le spermatozoïde entre dans l'ovule : je ne reviens pas sur la description du phénomène que j'ai donnée dans cette Revue même : j'ai essayé de montrer que l'aster qui se forme autour du procentrosome mâle est le résultat de l'attraction, vers ce procentrosome mâle, des substances femelles réparties dans le cytoplasma de l'œuf. Cette simple remarque nous fait concevoir, provisoirement du moins, une interprétation sexuelle de la karyokinèse. Il suffit de se rappeler que les substances de sexe différent s'attirent chimiotactiquement pour concevoir admirablement la karyokinèse. La prophase serait déterminée par la maturation femelle du cytoplasma : je ne sais pas pourquoi cette maturation femelle se produit périodiquement dans la vie cellulaire, mais il ne serait pas difficile d'en donner des raisons. Le centrosome, au contraire, soit qu'il sorte à ce moment du noyau, soit qu'il préexiste dans le cytoplasma, aurait subi au contraire, la maturation mâle. Un aster se formerait donc naturellement autour du centrosome, comme il s'en forme un autour du procentrosome mâle quand le spermatozoïde pénètre dans l'ovule, c'est-à-dire qu'il y aurait attraction réciproque entre le centrosome et le cytoplasma femelle de l'ovule. Placé d'abord contre le noyau, le centrosome serait protégé par lui comme par un écran contre l'attraction dans toute une moitié du cytoplasma et serait tiré surtout par les attractions cytoplasmiques, dans le plan tangent au noyau au point où il en est sorti. De sorte que, sa bipartition se produisant, ses deux moitiés s'écarteraient, comme elles le font d'ailleurs, sous l'influence de ces attractions cytoplasmiques, et l'on aurait ainsi l'amphïaster, c'est-à-dire deux centres d'attraction s'écartant progressivement et réunis néanmoins par les lignes de forces faisant le fuseau. Mais, à mesure que ces deux centres d'attraction s'éloignent, ils ne sont plus protégés par le noyau contre l'attraction du reste de la cellule : aussi cessent-ils de rester dans le plan tangent au noyau et tendent-ils, au contraire, à venir dans le plan équatorial parallèle à ce plan tangent, ce qui a lieu en réalité. En même temps, sous l'influence des conditions absolument nouvelles réalisées par la maturation femelle

6 11 2

du cytoplasma. L'équilibre nucléaire change totalement, la paroi du noyau disparaît et le cytoplasma baigne directement tous les éléments contenus à son intérieur. Aussi ces éléments subissent-ils une modification très profonde, et c'est là la cause qui détermine la formation des chromosomes.

Mais du moment que la paroi du noyau a disparu et que le cytoplasma femelle a envahi son intérieur, il doit partir de là vers les centrosomes de nouvelles attractions : elles se manifestent, en effet, et c'est ce qu'on appelle le second fuseau.

Alors, tout est symétrique par rapport aux deux centres d'attraction et il est tout naturel, par conséquent, que les corps inertes (1) baignant dans le cytoplasma se réunissent dans le plan perpendiculaire à la ligne des centres (plan équatorial). Mais les chromosomes étant dedoublés longitudinalement dans le plan équatorial, la moitié de chacun d'eux obéit naturellement au mouvement d'entraînement vers les centres d'attraction, et ainsi s'explique cette seconde partie de la karyokinèse. Mais la neutralisation sexuelle finit par se produire, c'est-à-dire que la fécondation du centrosome par le cytoplasma cellulaire se termine.

Alors, sauf s'il y a eu bipartition, tout doit se retrouver comme avant la karyokinèse : c'était la maturation femelle du cytoplasma qui avait déterminé le remaniement des éléments figurés du noyau : maintenant que cette maturation a disparu, que la neutralité est revenue, le noyau reprend la forme qu'il avait d'abord dans le cytoplasma neutre : une nouvelle phase de repos recommence... et ainsi de suite, si, pour des raisons que nous ne serions peut-être pas embarrassé de trouver, il y a maturation femelle périodique du cytoplasma. La karyokinèse résulterait donc d'une fécondation périodique du cytoplasma devenant femelle par un centrosome mâle (sorti du noyau?) ; et dans les phénomènes étonnants de la prophase, dans le

(1) Je considère les chromosomes comme inertes parce que je n'ai aucune raison de supposer que, eux aussi, ont subi la maturité sexuelle.

chambardement nucléaire qui s'y produit, il faudrait voir une crise de maturité sexuelle, comme Ch. Pérez a suggéré récemment que c'était le cas pour l'histolyse des insectes!

En términos generales estoy de acuerdo con la interpretación sexual de Le Dantec.

En su esencia es completamente análoga a la mía, con la diferencia de invocar una maduración sexual allí donde yo hablo de polarización. Ahora bien, desde mi primer artículo he dicho que considero como una diferencia de polaridad la diferencia entre ambos sexos.

Decía, en efecto, entre otras cosas, (32, p. 19): « *L'attraction du spermocentre et de l'ovocentre serait due à sa différente polarité qui produit un spectre kariokinétique après la formation du cône d'attraction et de l'entrée du spermocentre dans l'ovule* ». En mis artículos ulteriores acentué más este concepto. « La atracción del spermocentro sería debida a la diferente polaridad de éste y del ovocentro, de manera que la atracción sexual sería una fuerza de la misma especie que la carioquinética, puesto que la fecundación termina por la formación del anfiáster de la primera segmentación »: (33, p. 25), y más adelante agregaba (33, p. 27): « Lo que si consideramos probable, es que los fenómenos carioquinéticos y los de fecundación sean producidos por una misma fuerza a juzgar por las apariencias análogas que se observan en ellos ».

Por fin, en otro artículo, llegaba a la siguiente conclusión que es bien explícita (34, p. 15-16): « El mejor conocimiento de los fenómenos de la fecundación y la prosecución de los estudios iniciados por Roux sobre el citotropismo, han de arrojar gran luz sobre todas estas cuestiones, pues considero muy probable que el llamado citotropismo del cual puede considerarse la atracción sexual como un caso particular, no sea otra cosa que la manifestación extracelular de las atracciones y repulsiones de la fuerza cariocinética, la cual intervendría así, según su grado, en tres órdenes de fenómenos importantísimos: división celular, fecundación y ontogénesis ».

He querido citar textualmente la interpretación de Le Dantec y

los párrafos apuntados de mis artículos precedentes para que se vea con evidencia que basta adaptar la terminología polar á la exposición de Le Dantec para convertir su interpretación sexual en una interpretación dinámica, del mismo modo que si se sustituye en mi interpretación el concepto de polaridad por el de sexualidad se obtiene con eso sólo una interpretación sexual. Como ambos conceptos son igualmente incomprensibles en su esencia, hay derecho de considerar á cualquiera de ellos como fundamental y tan lejos estamos de comprender el mecanismo íntimo de la fecundación cuando decimos que los sexos resultan de una polaridad contraria como lo estamos de concebir la esencia de la cariocinesis afirmando que resulta de una fecundación periódica del citoplasma femenino por un centrosoma masculino.

Por mi parte, me atengo al término de polarización, que es más general, más fácil de comprender por analogía con las polarizaciones físicas y que tiene además la gran ventaja de ser más vago, lo que es sin duda muy conveniente cuando se trata de cuestiones poco conocidas, para cuya exposición son más adecuados los términos latos y comprensivos que los muy precisos y de sentido estricto.

Pero si bien estoy conforme, en general, con la interpretación de Le Dantec, no puedo admitir la artificiosidad de los mecanismos que pone en juego para explicar los movimientos cariocinéticos, como cuando supone que el núcleo puede obrar como una pantalla que protege al centrosoma contra la atracción de una mitad del citoplasma para dar lugar á que las atracciones de la mitad libre los separen según el plano tangente (?) al núcleo, etc.

Esta mecánica artificial es producto de la grande ingeniosidad de Le Dantec, que he tenido ocasión de apreciar en las interesantísimas lecciones dictadas en 1900 en el curso de Evolución de los Seres Organizados, en la Sorbona de París.

Desgraciadamente una larga enfermedad del joven profesor nos privó á sus numerosos oyentes del encanto de su elocuencia y de su talento.

En un reciente artículo de Wilson (93), á que he aludido varias veces, encuentro con placer que el distinguido profesor de Nueva York se ha convertido á la teoría dinámica después de haber sido decidido partidario de la teoría fibrilar. Sus interesantes estudios experimentales de citología, en los que ha observado las modificaciones que experimentan los huevos fecundados de equinodermo cuando son tratados por soluciones de éter ó cuando se borra por medio de brascas sacudidas el primer repliegue de segmentación, lo han conducido á opiniones decididamente dinámicas.

En vista de la importancia de estas conclusiones, me permito transcribirlas textualmente, omitiendo sólo las notas y ciertas indicaciones bibliográficas.

« When to the foregoing facts are added those brought forward in my preceding paper we have, I think, an extremely convincing body of evidence to add to that already existing in favor of the early view that the asters are concerned in cytoplasmic division. My observations seem further somewhat to simplify the problem of the mechanism of division as it appeared after the publication of Boveri's paper on the physiology of cell-division. I have shown that the nuclear spindle (as distinguished from the asters) is probably not directly concerned in cytoplasmic cleavage, the most convincing evidence being the fact that « a monaster lying at one side of the egg and not connected at any period with other centers », may nevertheless « form the center of a complete and permanent cleavage-furrow ». When this is placed beside the fact that in the magnesium-eggs, an aster wholly unconnected with nuclear material may likewise form a center of division we have something near to demonstrative evidence that the aster, is in some manner an expression of the forces operative in cytoplasmic division, though it is probable that these same forces are concerned also with division of the nucleus. The existing evidence seems to me, on the whole, to sustain the widely accepted view that the astral rays must be regarded as « lines of traction »; and an important additional datum in favor of this view

is here brought forward in the observation that a monaster, unconnected with another center, is capable of causing complete division about itself. This fact seems wholly inexplicable under the hypothesis advocated by Watase, Drüner und Meves, that the astral rays are lines of thrust instead of pull: while the highly instructive artificial models of Heidenhain and Rhumbler have demonstrated that tractive forces, arranged in such a system as that shown in an amphias-ter are capable of causing division.

The principal difficulty encountered under this view is to reconcile it with the viscous liquid nature of protoplasm and with the fact of « a centripetal movement of the hyaloplasm or continuous substance » towards the astral centers to form the hyaloplasm-spheres, on which I have especially laid weight in the preceding paper. The occurrence of such a centripetal movement, early recognized by Bütschli, O. Hertwig and Fol, has been more recently emphasized by Ziegler and especially by Rhumbler, following Bütschli.

No one who continuously follows the formation and growth of the asters in the living « *Toxopneustes* » egg can, I think, doubt that such a centripetal movement occurs, or that the clear hyaloplasm flows inwards to form the growing hyaloplasm-spheres, while the alveolar spheres or « yolk-granules » are crowded outwards and arrange themselves in radiating lines between, the tracts of flow. Nevertheless as Meves has rightly insisted, the configuration of the amphias-ter is not in general that of a flow-figure, though there are some figures in the literature that approach such a configuration. Bütschli and especially Rhumbler have however, sufficiently pointed out that the high degree of viscosity of the alveolar protoplasm in which the action takes place, renders the problem a widely different one from that of a mere flow figure in a freely moving liquid. When we regard the differences in the configuration of the amphias-ter at different periods of its development we must admit that the problem of its formation and activity is a highly complex one that is probably not to be solved by a single

or a simple mechanical principle. At the height of its development—*i. e.*, in the late anaphase or telophase—the configuration of the amphiaster agrees closely with that of a system due to tractive or attractive forces centering in the centrosomes, as may be seen by a comparison of my figures 53-57, with Ziegler's photographic figures of the magnetic field, with Bütschli's bubble-figures or Rhumbler's gum-ring models. In this figures I have endeavored to show as accurately as possible the course of the astrol rays as seen in the living object. The most striking point in the living amphiaster is the « marked curvature of the rays » not only of the « spindle », but also of the asters lying outside the spindleregion, which becomes more and more marked in the later stages. This curvature, towards the equatorial plane, is in the latter stages almost identical with that of the lines of force in the magnetic or electric field (*cf.* the photographic figures of Ziegler and Gallardo) and agrees also with the lines of a bipolar or multipolar traction figure (*cf.* Bütschli's bubble-figures, Rhumbler's gum-ring models; see also Reinke, 1900). The existence of tripolar figures, as Reinke points out, is inconsistent with the assumption that the amphiastral figure is due to polarized attractive forces (analogous to those of the magnetic field). Since this objection does not apply to the assumption of tractive forces, I think the curvature of the rays may be regarded as forming an additional support to the traction-hypothesis. It is, however, important not to lose sight of the fact that this configuration of the amphiaster is characteristic of only the later phases of mitosis. The crossing of the rays in earlier phases still remains to be explained; and while Reinke has shown that such crossing is explicable under the assumption of an intermitent or non-synchronous activity of the centers, we have no evidence of such activity apart from the very fact to be explained.

The general interpretation that best harmonizes with the facts observed in the living object seems to me that of Bütschli, especially as developed in the suggestive works of Rhumbler; though this inter-

pretation still remains hardly more than a suggestion. The assumption by these authors of an absorption of liquid at the astral centers (and perhaps its conversion by chemical change into material occupying less bulk) is quite hypothetical. but it gives, I believe, an adequate explanation of the tractive effect on the surrounding viscid material while also assuming a centripetal movement of material in the hyaloplasm.

Whether the simple hypothesis of an absorption of liquid is adequate to account for the extensive accumulation of hyaloplasm about the centrosomes is an open question, and it seems quite probable that a more complex action is involved: but any hypothesis must I believe reckon with the fact of such centripetal movement. As pointed out in my preceding paper (1901) this fact is difficult to reconcile with the conception of the astral rays as fibrillar formations. There are two additional weighty arguments against their fibrillar nature. One is the active movement of the sperm-aster through the viscid alveolar egg protoplasm during fertilization when it sometimes traverses nearly half the diameter of the egg. Such movement, as I have elsewhere urged, involves a mechanical problem of extreme difficulty if the rays be fibrillar structures (to say nothing of Kostanecki's contention that they are permanent fibrillar organic radii), while it is much easier to understand if the rays be radiating tracts of hyaloplasm which shift their direction as the center moves. The second and no less weighty argument is the rapid and complete disappearance of the rays upon cooling or etherization and their reappearance on recovery. This again is easily intelligible if the aster be only a radial configuration of the alveolar meshwork caused by an activity in the cytoplasm that is diminished or suspended by lowered temperature or etherization and renewed upon recovery (cf. O. and R. Hertwig) while it is difficult to assume that a definite fibrillar system can so quickly vanish through the action of an agent that causes no disorganization of the protoplasm but only a suspension of its activity. These considerations seem to me to add weight to Bütschli's old

contention, which has been supported by Erlanger, Ziegler, Rhumbler and others, that the aster is essentially a radially disposed alveolar structure and that the fibrillar rays, « as they appear in sections », are coagulation products. The rays of the living asters are, however, not mere lines of flow, as is proved by the configuration of the system as a whole and by the fact that the rays change their physical character as shown by the staining-reaction. As pointed out in the preceding paper the actual movement of translation is probably extremely small in the more peripheral part of the rays, and the configuration of the system as a whole may be regarded as primarily an effect of traction, in accordance with Bütschli's hypothesis ».

En vista de la importancia que tiene para la causa de la teoría dinámica el haber ganado tan poderoso partidario como el profesor Wilson, se me disculpará esta larga transcripción que he querido hacer en su idioma original para que no perdiera nada en la traducción.

No tengo para qué decir que estoy conforme en general con esta nueva opinión de Wilson que está de acuerdo en lo esencial con las ideas que vengo sosteniendo desde hace seis años. Sus objeciones contra la teoría fibrilar están muy bien presentadas, agregando á las ya conocidas la imposibilidad del movimiento de un complicado aparato fibrilar al través de la estructura alveolar del protoplasma. Wilson no acepta mi interpretación, fundándose en las dos objeciones relativas al cruzamiento de los rayos y á la supuesta imposibilidad de obtener figuras multipolares con una fuerza susceptible de dos polaridades, objeciones que creo haber contestado de una manera satisfactoria en las páginas precedentes. Se adhiere en cambio á la interpretación de Bütschli, con la cual estoy de acuerdo en lo esencial, pues soy partidario de la teoría alveolar del protoplasma y creo que las figuras acromáticas resultan de la orientación de los alvéolos por efecto de la polarización de la fuerza cariocinética. Insisto en la idea de la polarización, pues considero que una simple fuerza de tracción, tal como la invocada por Bütschli, no explica la

orientación de los anfiásteres, de acuerdo con las leyes de Sachs y Hertwig que veremos más adelante.

Las figuras de contracción de Bütschli podrían formarse en cualquier punto de la célula y toda la ingeniosidad desplegada por Rhumbler no produce la evidencia de que los anfiásteres deban ocupar en esta interpretación la posición que les corresponde.

De todas maneras, y dejando de lado estas divergencias de detalle, me congratulo de que Wilson haya modificado sus opiniones anteriores, lo que considero como un triunfo de la teoría dinámica, por tratarse de un citologista tan distinguido como el profesor de la Universidad Columbia.

Al corregir las pruebas de esta tesis he podido agregar la opinión del doctor Vignon, que he hallado en su importante trabajo sobre los epitelios, que acaba de aparecer (89).

Transcribo á continuación lo que dice en la página 586, á propósito del llamado protoplasma superior.

« Quelle est tout d'abord, la signification des fibres du fuseau karyokinétique? »

De deux choses l'une, ou ces fibres sont faites d'une substance particulière qui effectue un travail spécifique; ou elles sont l'expression de l'état dynamique de la cellule et nous indiquent simplement la direction des forces qui agissent aux différents points du champ biologique. — Cf. Gallardo.

Mais si nous adoptons l'interprétation de Gallardo, laquelle est tout à fait plausible, il n'y a plus en jeu, dans la cinèse, de protoplasma spécifique. Or, nous ne pouvons guère faire autrement que d'accepter cette interprétation dynamique. En effet, supposons que les fibres du fuseau soient faites d'un protoplasma spécifique émané, par exemple, du noyau. Puisque cette substance nouvelle va occuper la place où nous la trouvons, c'est que des forces l'y auront conduite. La direction de ces forces est indiquée par l'orientation même des fibrilles.

Or, Gallardo ne dit pas autre chose; seulement il se passe du pro-

toplasma spécial, que nous n'avons aucune raison de faire intervenir, et dont l'apparition ne fait que surajouter un second mystère au premier : s'il se formait un protoplasma spécial, c'est qu'une force spéciale lui aurait donné son existence et ses propriétés. Donc, ici, la notion du protoplasma supérieur est inapplicable et stérile. »

Por mi parte sólo me resta agradecer al doctor Vignon sus favorables conceptos.

Puede verse en lo que antecede, que las nuevas ideas acerca de la cariocinesis son todas más ó menos francamente dinámicas. En efecto, los sostenedores de las teorías fibrilares disminuyen de día en día y creo que pronto serán definitivamente abandonadas.

Podemos, pues, llegar á la conclusión de que la división celular es producida por el juego de cierta fuerza y que las figuras que se observan en la cariocinesis y la fecundación son la exteriorización de las líneas de fuerza del campo engendrado por dicha fuerza de división.

Esta fuerza es aparentemente central newtoniana y se pueden aplicar á su estudio las leyes generales encontradas por la física matemática para todas las fuerzas newtonianas, sea cual fuere su esencia.

En particular, los diagramas que nos indican la disposición de las equipotenciales y de las líneas de fuerza para un sistema dado de fuerzas, son de grande utilidad para darnos cuenta de la distribución de los potenciales en los fenómenos celulares y poder así preveer los movimientos que deben tener lugar en cada caso bajo la influencia de dicho sistema de fuerzas.

Así hemos mostrado ya la exacta coincidencia en la forma de las radiaciones de un centro único con las aureolas que rodean á los centrosomas ó núcleos aislados, de los espectros producidos por dos centros capaces de igual potencial y de signos contrarios con las figuras de cariocinesis; de los espectros formados por dos centros de fuerza de igual carga y del mismo signo con los ásteres que ro-

dean á dos espermocentros que se alejan sin formar huso, como lo ha observado Mac Farland (69).

En páginas anteriores hemos mostrado también la coincidencia de los poliásteres con los espectros de fuerza producidos por la acción simultánea de varios polos.

En cuanto á la forma de los monásteres, coincide bastante aproximadamente con la disposición de las líneas de fuerza originadas por un centro único en un campo uniforme; como puede comprobarse comparando las figuras de los monásteres con los diagramas de Maxwell (8, pl. III). Se explicaría así cómo un monáster puede causar la división de la célula según lo ha observado Wilson en sus interesantes experimentos (93).

Vamos á ver ahora un caso interesantísimo, publicado últimamente por Reinke (78, p. 92-94), que tiene todo el valor de una comprobación experimental de la teoría dinámica.

Se trata de dos centros de signo diferente y de carga desigual.

Por el diagrama que he dibujado en la figura 4, de acuerdo con las indicaciones de Maxwell, se ve que el sistema de las líneas de fuerza y de las equipotenciales del campo originado por dos centros de diferente potencial y de signo contrario, está caracterizado especialmente por las siguientes particularidades:

1° Las radiaciones son más fuertes, largas y nutridas alrededor del centro de potencial más alto que las que rodean al centro más débil;

2° El huso es más afilado hacia el centro más fuerte, mientras que es más grueso y achatado hacia el centro débil;

3° La superficie de equilibrio ó de potencial nulo, que en el caso de dos centros es un plano equidistante de los centros, se convierte en este caso en una superficie esférica *nn* cóncava hacia el centro más débil. Su curvatura aumenta cuando la diferencia de los centros es mayor.

Además, la distancia del centro más fuerte hasta la superficie de equilibrio, es mayor que la distancia de dicha superficie al centro

más debil, es decir, que á un centro más fuerte corresponde una mayor porción de huso que á un centro más débil.

Ahora bien, reproducimos en la figura 5 el aspecto de la división cariocinética asimétrica que ha observado Reinke en una célula de tejido conjuntivo de una larva de Salamandra, en rápido crecimiento. Reinke hace observar que se trata de una preparación que se ve

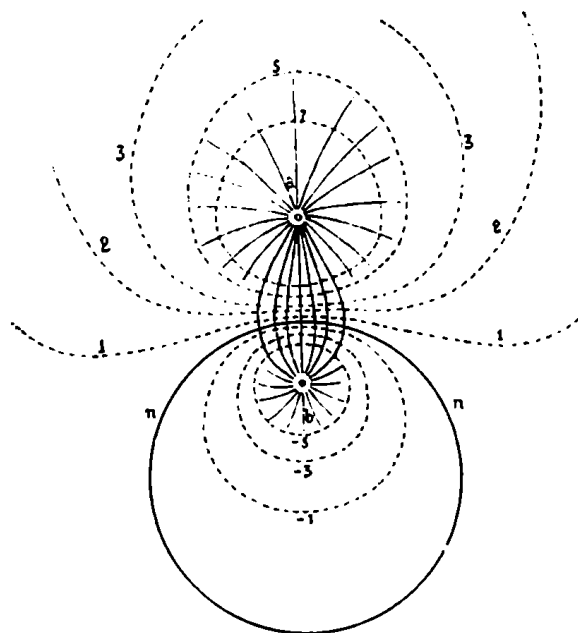


FIG. 4. — Disposición de las equipotenciales y líneas de fuerza en el campo engendrado por de cargas + 5 y - 3

por transparencia y que no se ha hecho ningún corte que pueda deformarla.

La célula es muy achatada, de manera que el huso aplanado tiene su eje completamente paralelo al plano del portaobjetos, es decir que no hay que temer ninguna falsa perspectiva y ambos centros rodeados de sus radiaciones polares pueden verse muy distintamente.

La figura ha sido dibujada con la cámara clara con toda exactitud, habiéndose hecho muy correctamente la fijación y coloración del objeto. Esta clase de células corresponden á los llamados sin-

citios (His) que tan frecuentemente se encuentran en el tejido conjuntivo.

La división se halla en la metafase ó mesofase en, la cual, como se sabe, los cromosomas se disponen en el ecuador del huso, cuando éste es simétrico, estando en el caso actual en la superficie de potencial nulo que corresponde al ecuador en el caso ordinario de la división equipolar. Esta preparación muestra notables é importantes

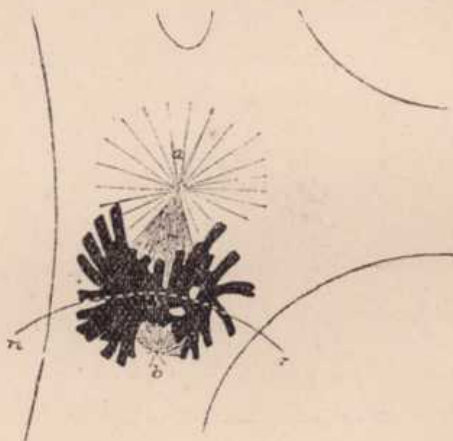


FIG. 5. — Anfiáster asimétrico observado en el tejido conjuntivo de una larva de Salamandra en rápido crecimiento. (Según Reinke.)

diferencias con una metafase ordinaria. Reinke las caracteriza de la manera siguiente :

Primeramente las radiaciones polares están desigualmente desarrolladas; en uno de los centrosomas se ha desarrollado una radiación hermosa y regularmente formada mientras que alrededor del otro corpúsculo central se encuentran solamente algunos radios cortos que dan apenas la indicación de una radiación polar.

En segundo lugar la porción del huso que corresponde al polo de radiación más fuerte es más larga y más aguda, mientras que la porción próxima á la radiación más debil es más ancha y más corta. Se trata, pues, de una figura simétrica con relación á su eje pero desigualmente bipolar.

En tercer lugar, el anillo de los cromosomas está desigualmente situado, pues aparece alejado del corpúsculo central que posee la radiación más fuerte. Además, los cromosomas están agrupados de tal manera que la superficie de simetría del conjunto de los cromosomas no se presenta como un plano sino como una superficie curva *nn* cóncava hacia *b*.

Basta comparar esta figura con el diagrama de Maxwell, calculado para dos centros de cargas $a = + 5$ y $b = - 3$ (fig. 4) para notar que ambas figuras coinciden por completo. La superficie *nn* presenta la misma curvatura y puede decirse con toda verosimilitud que las fuerzas que actuaban en la preparación están también en la relación 5 : 3.

Continúa diciendo Reinke que si se pregunta á qué resultado conduce esta mitosis desigual, se halla en condiciones de responder, por la inspección de sus preparaciones, que ella da lugar á una división desigual de los cromosomas, sin separación de los segmentos gemelos.

Encuentra, en efecto, con frecuencia, figuras como la representada en la figura 6, en la cual se ven dos grupos desiguales de cromosomas, cada uno de los cuales está formado de sus dos mitades gemelas. En la vecindad de uno de los corpúsculos centrales se hallan 15 pares de segmentos gemelos y 9 cerca del otro.

Por consiguiente, los 24 pares de segmentos cromáticos gemelos del núcleo de la célula madre se han dividido desigualmente en la relación de 15 : 9, es decir, precisamente según la razón 5 : 3 que existe entre las cargas de los centros respectivos, según se deduce de la forma del diagrama. Agrega Reinke que los cromosomas se ven y se cuentan más fácilmente en la preparación que en el dibujo, en el cual parcialmente se recubren. Dice luego textualmente : *Der Umstand, dass die Doppelschleifen, ohne sich zu spalten, einfach in Verhältniss von 5 : 3 auseinandergerückt sind, ist sehr merkwürdig.* Por maravilloso que sea este hecho es sin embargo perfectamente lógico en la interpretación dinámica que he propuesto y hubiese

podido ser previsto por ella, salvo la falta de desdoblamiento de cada cromosoma.

Llega por fin Reinke á las conclusiones siguientes, que están de acuerdo por completo con mi interpretación de la cariocinesis, menos en la acción intermitente de los centros, que no creo necesario admitir, como lo hace Reinke, para la interpretación de los cruza- mientos de las radiaciones polares, que son debidos á un simple efecto de perspectiva.



FIG. 6. — Desigual repartición de los cromosomas, sin hendimiento longitudinal, observada en el tejido conjuntivo de una larva de Salamandra en rápido crecimiento (según Reinke).

1. Die Plasmastrahlungen der Mitose decken sich mit den Trajektorien elektrischer Kräftepaare aufs genaueste auch in den Varietäten und es muss deshalb eine trajektorielle Natur der Strahlungen anerkannt werden.

2. Während der Mesophase liegen die Scheitel der Chromosomen in der Gleichgewichtsfläche.

3. Die Kräftecentren der regelrechten Mitose sind gleich stark aber mit entgegengesetzten Vorzeichen. Sie können gleichzeitig oder ungleichzeitig (intermittierend) wirken.

4. Es giebt in seltenen Fällen Mitosen mit ungleich starken Kräf-

tecentren und entgegengesetzten Vorzeichen. In diesem Fall bildet die « Gleichgewichtsfläche » eine Kugelschale. Diese Stärkedifferenz der Kräftecentren führt zu keiner regelrechten, sondern zu einer inäqualen Teilung der Chromosomen (ohne Längsspaltung), deren Zahl direkt proportional der Differenz der Kräftecentren ist.

Se ve, pues, que con la teoría dinámica no sólo se puede interpretar correctamente las cariocinesis asimétricas sino que se puede aún prever cómo será la repartición futura de los cromosomas.

Galeotti (31) ya había indicado que la desigual distribución de la cromatina que se observa en las mitosis asimétricas de las células del cáncer humano y que había conseguido reproducir experimentalmente por el empleo de soluciones diluídas de venenos (antipirina, cocaína, quinina) en las células epiteliales de salamandras, se relacionaba y era probablemente originada por una desigualdad correspondiente de los centrosomas que venían así á causar un desarrollo asimétrico del anfiáster. Ahora esta desigualdad de acción de los centrosomas, que depende de su diferente carga, puede medirse matemáticamente y permite apreciar la relación exacta de las fuerzas que presiden el fenómeno. En las figuras de Galeotti se ve perfectamente la forma característica del anfiáster que corresponde á un campo de fuerza cuyos polos tienen diferentes potenciales. En varias de estas figuras las cargas están en la relación de $4 : 1$.

Vemos, pues, que la teoría dinámica interpreta correctamente no sólo la cariocinesis normal sino también las formas anormales que se observan en las mitosis asimétricas que ocurren en los crecimientos rápidos y patológicos, como en los tumores (Klebs, Hansemann y Galeotti) ó que son producidas artificialmente por el tratamiento con soluciones venenosas como de cloral, quinina, nicotina, etc., (Hertwig, Galeotti).

Los fenómenos de división de la célula son, pues, mucho más variables de lo que generalmente se dice, pero su variabilidad es siempre regida por las leyes de las fuerzas centrales newtonianas que gobiernan desde las revoluciones de los astros hasta las atracciones

moleculares. Si se tienen en cuenta estas divisiones anormales, así métricas y multipolares, ¿en qué queda el aserto corriente de que el complicado mecanismo de la cariocinesis tiene por objeto asegurar la repartición en partes iguales de la cromatina entre los dos núcleos procedentes de la división?

Los autores se empeñan en hacer resaltar que aunque la división celular sea frecuentemente desigual, la división nuclear es exactamente equitativa.

Creo que en casi todos los tratados de citología se insiste en que si bien no comprendemos el mecanismo de la cariocinesis, su objeto evidente es producir la división exacta cualitativa y cuantitativa de los elementos nucleares.

Inútil complicación desde que en la amitosis se obtiene una repartición igual sin anfiáster visible.

He aquí las conclusiones de un excelente libro moderno que traduzco textualmente para que no se crea que exagero: « Estos hechos muestran que la mitosis es debida al juego coordinado de un sistema de fuerzas extremadamente complejo que es hasta ahora apenas comprendido. Su significado general es, sin embargo, obvio. *El efecto de la mitosis es producir una división merística, por oposición á una simple división en masa, de la cromatina de la célula madre, y su igual distribución en los núcleos de las células hijas (1).* »

« Á este resultado están subordinadas todas las operaciones de la mitosis; y es un hecho significativo que este proceso sea característico de todas las células embrionarias y en activo crecimiento, mientras que la división en masa, como muestra la amitosis, es igualmente característica de las células altamente especializadas ó en degeneración en las cuales el desarrollo se aproxima á su fin ». Tales conclusiones, que son las corrientes en la citología moderna, son absolutamente falsas.

En primer lugar, no es cierto que el sistema de fuerzas sea extre-

(1) Subrayado por el autor de las conclusiones, no por mí.

madamente complicado é incomprendible, pues con ayuda de la noción de los campos de fuerza resulta clarísimo y perfectamente inteligible.

En segundo lugar, es falso que las operaciones y mecanismos de la cariocinesis den por resultado fatal la división igual de la cromatina. Los núcleos se dividen según la relación de las fuerzas polares. Es cierto que en la mayor parte de los casos, en los que podemos considerar normales, la polarización se realiza de una manera simétrica que da por resultado una repartición igual de las substancias nucleares; pero no es menos cierto que bajo la influencia de acciones anormales ó de un crecimiento excesivamente rápido pueden producirse polos de carga diferente que acarrear una división desigual de la cromatina, proporcional á la intensidad de las fuerzas polares. Tampoco es exacto que en las células embrionarias y de crecimiento activo sea la cariocinesis normal la regla absoluta.

Acabamos de ver que las divisiones asimétricas se producen en células de crecimiento rápido.

Por otra parte, la división indirecta produce también divisiones equitativas sin el aparato de la cariocinesis, que no puede tener entonces por objeto el determinarlas desde que se pueden obtener sin necesidad de él. La amitosis no falta tampoco en células embrionarias y recientemente se ha comprobado que las células que la ofrecen pueden pasar después á dividirse por cariocinesis. Dejemos para más adelante lo que se refiere á la división indirecta, sobre la cual, de todas maneras, debo volver á hablar, y retengamos sólo por ahora la falsedad de las conclusiones corrientes en citología.

Á estos resultados estrechos y limitados, á estas conclusiones erizadas de excepciones ha conducido la artificiosa teoría fibrilar.

En cambio, la teoría dinámica hace entrar sin esfuerzo todos los hechos observados en una misma ley común, en una gran ley de la naturaleza, que es la expresión matemática de las relaciones que ligan á las fuerzas centrales newtonianas que gobiernan el universo desde las trayectorias siderales hasta las fuerzas moleculares.

CONSECUENCIAS DE LA APLICACIÓN

DE LA INTERPRETACIÓN DINÁMICA DE LA CARIOCINESIS A LOS PRINCIPALES
PROBLEMAS CITOLÓGICOS

Creo haber dejado claramente demostrada la facilidad con que se adapta la teoría dinámica á la interpretación de los fenómenos normales y anormales de la cariocinesis.

Voy á pasar ahora en rápida revista algunas de las consecuencias de la aplicación de esta teoría á la solución de los principales problemas de la biología celular.

La premura del tiempo me impide dar á esta parte del trabajo el mismo desarrollo que tienen las anteriores. Además, las soluciones no pueden ser aquí tan netas y precisas, pues á medida que nos alejamos del punto de partida de una hipótesis las incertidumbres son cada vez mayores. Todos los que han dibujado saben cuán difícil es prolongar una recta determinada por dos puntos próximos. Análoga dificultad se experimenta en el presente caso. Al afrontar esta parte de mi trabajo tengo la seguridad de deducir algunas consecuencias falsas sin que ello demuestre necesariamente la falsedad de las premisas. Con estas reservas voy á señalar sin embargo las consecuencias que me parecen más probables, pues creo un deber de conciencia científica llegar hasta las más remotas deducciones de mi teoría. Si ellas le son desfavorables, peor para la teoría; el amor á nuestras ideas no debe primar sobre el culto debido á la verdad.

DIVISIÓN INDIRECTA Ó AMITÓTICA

Es sabido que hasta 1873 ésta era la única forma de división nuclear conocida. Se creía que la división se llevaba á cabo según el

llamado esquema de Remak ; el núcleo se estiraba, tomaba una forma de halterio ó de maní y acababa por dividirse sin formación de cromosomas ni de anfiáster. Á esta división directa del núcleo pronto seguía la de la célula. El descubrimiento de la cariocinesis relegó durante mucho tiempo la amitosis al segundo plano y hasta llegó á creerse que eran inexactas las observaciones en que se veía efectuarse la división nuclear por un procedimiento distinto de la cariocinesis.

Sin embargo, se fueron encontrando casos indiscutibles de división directa y fué necesario admitir dos formas de división del núcleo : la indirecta, cariocinética ó mitótica y la directa ó amitótica.

Impuesta esta dualidad, los citólogos trataron de elevar una barrera infranqueable entre ambas formas, aunque la mayor parte descuidaron la forma directa, cuyos casos presentan diferencias de detalle que impiden reducirlas á una fórmula común.

Al mismo tiempo se iniciaron discusiones acerca de la relación que existe entre ambas formas de división y de la significación biológica que les corresponde. No pretendo hacer aquí la historia de las muchas observaciones y opiniones contradictorias que se conocen acerca de la división indirecta. Puede acudirse para conocerlas á las obras generales de Hetwig (57), Delage (9), Zimmermann (97), Wilson (92) y especialmente al reciente artículo de Nathansolin (72), que trae un completo resumen de los trabajos precedentes.

Indicaré sin embargo que una de las opiniones que ha predominado por más tiempo en la ciencia es la de von Rath (90), quien dice que la división directa de una célula demuestra la proximidad de su muerte y que suena para ella su campanada fúnebre : *Wenn eine Zelle sich einmal direct getheilt hat, so ist damit ihr Todesurtheil gesprochen.*

Las observaciones modernas no están sin embargo de acuerdo con la fatídica y dramática sentencia de von Rath.

Gerassimow había encontrado en los filamentos de *Spirogyra* (39)

que ciertas divisiones comenzadas cariocinéticamente é interrumpidas por la acción del frío podían proseguir en forma directa.

Balbiani y Henneguy (1) han visto que las células cicatriciales que cierran una herida en la cola de un renacuajo se dividen directamente, lo que no impide hallar divisiones cariocinéticas en las células resultantes de esta división.

R. Hertwig (59) ha llegado á la conclusión de que no existe límite alguno entre la división directa é indirecta del núcleo, siendo la división nuclear un proceso unitario, resultado con el cual está de acuerdo Sand y otros autores modernos.

Por fin Nathansohn (72), siguiendo las indicaciones de su maestro Pfeffer (73), ha obtenido experimentalmente amitosis en filamentos de *Spirogyra*, de *Tradescantia*, y en células de otras plantas, tratadas por soluciones muy diluidas de éter, y, lo que es aún más sorprendente, que los mismos individuos colocados en agua, vuelven de nuevo á dividirse por cariocinesis.

Häcker (46) ha hallado también en *Cyclops* formas intermedias entre la mitosis y la amitosis que ha llamado pseudomitosis. En un trabajo reciente de Gerassimow (40) se encuentran confirmados sus estudios anteriores, lo que le permite afirmar que, por lo menos en el caso de *Spirogyra*, ambas formas de división no difieren esencialmente entre sí y son solamente modificaciones diversas de un mismo proceso fundamental.

Wilson (93) ha visto también, en sus interesantes experimentos sobre huevos de Equinodermos, la desaparición del anfiáster por efecto de soluciones de éter, lo que no obsta para que se dividan los núcleos de una manera análoga á lo que se observa en la amitosis, aunque no se produce en este caso la división celular.

Aun cuando es difícil formarse una opinión en materia tan controvertida y en medio de las observaciones de formas tan diferentes involucradas bajo el título común de divisiones directas, creo que todas ellas son simples modificaciones de la división llamada cariocinética. La falta del anfiáster se explica perfectamente en la teoría

dinámica con suponer que ciertas condiciones del protoplasma (su homogeneidad, por ejemplo) ó la debilidad de la fuerza de división impiden ver la exteriorización del campo de fuerza que determina la división. Esto no quiere decir que el campo de fuerza no exista, falta sólo su manifestación exterior y visible, el anfiáster. Una comparación aclarará nuestro pensamiento. El campo de fuerza de un imán se hace visible por la orientación de las partículas de limadura de hierro. Si retiramos la limadura el espectro desaparece pero el campo subsiste. Del mismo modo creo que la principal diferencia entre la división directa é indirecta estriba en que en el primer caso, por falta de condiciones adecuadas, no se produce la exteriorización visible de las líneas de fuerza que actúan en la división.

En las mitosis asimétricas hemos visto que no se produce el hendidamiento longitudinal de los cromosomas; en la división directa no se forman en muchos casos ni los cromosomas mismos. La mitosis asimétrica es, pues, á este respecto, una forma intermedia que establece la transición entre las divisiones directa é indirecta, en lo que á la cromatina se refiere. De todos modos la esencia de la fuerza que produce la cariocinesis y la división directa debe ser la misma.

El abismo que se ha pretendido excavar entre ambas formas de división está fundado exclusivamente en la importancia excesiva que se atribuye á la morfología en los actuales estudios citológicos.

Y cuán poco importante resulta la morfología citológica cuando se reflexiona que muchas apariencias se observan sólo después de seguir complicados procedimientos de técnica micrográfica. Es indudable que muchas supuestas estructuras celulares son simples artefactos. Muy instructiva es á este respecto la lectura de los trabajos de Fischer (26) y de Hardy (47).

DIVISIÓN DEL CUERPO DE LA CÉLULA

Producida la división del núcleo por la acción de la fuerza cariocinética, esta misma fuerza, que ya hemos dicho reside en toda la masa protoplasmática, acarrea la división de la célula misma. No es necesario inventar para ello nuevos mecanismos. Las mismas atracciones y repulsiones que dieron origen á la formación del anfiáster y á la división del núcleo deben agrupar el protoplasma alrededor de los dos nuevos núcleos y determinar la segmentación de la célula total. Los detalles varían al infinito, según la composición química de las substancias que forman la célula, su estructura, su mayor ó menor fluidez, ó mil otras particularidades ligadas con el estado de cohesión de estas substancias. También contribuyen á diversificar estos fenómenos las diferencias de intensidad de la fuerza cariocinética y las diversas modalidades que ella puede presentar.

No pretendo entrar en la explicación detallada de las particularidades que puede presentar cada caso especial. Caería así en las ingeniosidades que reprocho á las teorías fibrilares. La verdad es que ignoramos la razón de ser de casi todos estos procesos y debemos aceptarlos como propiedades de estas fuerzas que la observación nos revela.

Insisto sí sobre la necesidad de afrontar el estudio de estos fenómenos como efectos de la actividad de la fuerza de división combinada con mil acciones interiores á la célula ó exteriores á ella.

Casi nada se sabe á este respecto. Contribuye á perpetuar esta ignorancia el prurito de inventar para cada caso mecanismos particulares en vez de considerarlos como manifestaciones especiales de una ley común. En medio de los muchos casos particulares que en la división celular se observan se ha conseguido sin embargo descubrir un cierto número de leyes generales que paso á exponer.

Sachs formuló dos de ellas :

1ª La célula tiende típicamente á dividirse en partes iguales.

2ª Cada nuevo plano de división tiende á interceptar al precedente en ángulo recto.

Estas reglas fueron completadas por O. Hertwig, quien ha formulado las cuatro leyes siguientes que rigen, en efecto, las divisiones celulares, salvo ciertas aparentes excepciones que un estudio más detenido hará desaparecer tal vez :

1ª La consecuencia de las acciones recíprocas entre el núcleo y el protoplasma celular, es que el núcleo trata siempre de ocupar el centro de su esfera de acción.

2ª Los dos polos de la figura de división vienen á colocarse en la dirección de la mayor masa de protoplasma, casi de la misma manera que la posición de los polos de un imán es influenciada por las partículas de hierro que lo rodean.

3ª El principio de la intersección perpendicular de los planos de división en la bipartición, de Sachs.

4ª La rapidez con que una célula se divide es proporcional á la concentración del protoplasma que contiene. Las células ricas en protoplasma, se dividen más rápidamente que las células que tienen poco protoplasma y más vitelo.

Estas cuatro leyes son simples corolarios de la teoría dinámica. Basta decir que para fundarlas dice Hertwig (57, p. 202) :

« Para servirme de una metáfora, diré que, durante la división tienen lugar acciones recíprocas entre el protoplasma y el núcleo, análogas á las que existen entre las limaduras de hierro y un imán. Gracias á la fuerza magnética, las limaduras de hierro se polarizan y son capaces de agruparse radialmente alrededor de los polos del imán.

« Por otra parte, la repartición del fierro ejerce también sobre la posición del imán una influencia dirigente.

« En la célula las acciones recíprocas entre protoplasma y núcleo se expresan de una manera significativa por la formación de los

centros polares y de las figuras radiadas que hemos descrito. »

Ahora bien, lo que O. Hertwig considera simplemente una metáfora, es para mí la expresión misma de la ley de los campos de fuerza que rige tanto á los espectros magnéticos como á los cariocinéticos.

El temor de alargar excesivamente esta tesis, me impide analizar en detalle estas leyes, siguiendo á Hertwig, para que se viera con cuánta exactitud coinciden hasta en sus menores particularidades con los corolarios que pueden deducirse de la aplicación de los teoremas relativos á las fuerzas centrales newtonianas.

Me limitaré á indicar rápidamente, que según la primera ley, el núcleo en actividad y poco antes de la división debe ocupar próximamente el centro de gravedad de la masa protoplasmática, que no se debe confundir con el centro de gravedad de la célula total, donde hay frecuentemente otras substancias, además del protoplasma, que es el único que debe tenerse en cuenta para la determinación de dicho centro.

Por la segunda ley, la línea de los polos de la figura de división, viene á colocarse en la dirección de la mayor masa de protoplasma. De acuerdo con esta ley, en una célula esférica, el eje del huso nuclear, situado en el centro de la célula, puede coincidir con un diámetro cualquiera, mientras que en un cuerpo protoplasmático ovoide debe coincidir con el eje mayor de dicho cuerpo.

En un disco protoplasmático, el eje del huso se sitúa paralelamente á la superficie ; si el disco es circular, el eje del huso corresponde á un diámetro cualquiera, mientras que debe coincidir forzozamente con el eje mayor, en caso que el disco sea elíptico ó alargado.

De esta ley deduce Hertwig el principio de intersección perpendicular que halló Sachs en el estudio de la anatomía vegetal.

En efecto, generalmente sucede en la división de una célula madre cualquiera, que los ejes de las células hijas, que son paralelos al eje mayor de la célula madre, son en ellas los más cortos. El eje del

segundo huso de división no se encontrará, pues, nunca en la dirección del eje de división precedente sino que le será perpendicular. de acuerdo con la forma de los nuevos cuerpos protoplasmáticos.

El segundo plano de división, que debe ser normal á los nuevos ejes, cortará pues, al primero en ángulo recto.

En general, los planos de las biparticiones sucesivas que dividen á una célula en 2, 4, 8, etc., células hijas, se hallan alternativamente según las tres direcciones del espacio, es decir, que son próximamente ortogonales entre sí.

Así explica muy ingeniosamente Sachs la disposición de las células en el punto vegetativo de una planta superior cualquiera, en donde las células forman en corte longitudinal dos sistemas de parábolas confocales con un eje común pero dirigido cada sistema en sentido inverso. Es sabido que tales sistemas son ortogonales.

En botánica, se designan bajo los nombres de tangencial ó periclina, de transversal ó anticlina y de radial las direcciones que se cortan según las tres dimensiones del espacio.

En cuanto á la cuarta ley ó de Balfour, se explica por el hecho de que la fuerza de división reside únicamente en el protoplasma y no en el vitelo ó deutoplasma que se comporta como una substancia pasiva, cuya inercia debe ser vencida por la fuerza cariocinética.

Cuanto mayor sea la proporción de vitelo con relación al protoplasma, tanto más lenta será la división y recíprocamente.

Esta ley de Balfour, es de escasa aplicación general, pues sus efectos se presentan velados, en la mayor parte de los casos, por los de otros factores internos ó externos, muchos de los cuales no se han determinado aún con exactitud.

Las principales causas que modifican en la realidad la estricta aplicación de las leyes antedichas, son según Wilson (92, p. 366), las tres siguientes :

1ª La variación en el ritmo de la división;

2ª Desplazamiento de las células, lo que incluye variaciones correlativas en las direcciones del clivaje;

3ª División desigual de las células.

Habría que extractar todo el interesantísimo capítulo octavo del excelente libro de Wilson (92), para comprobar cuán de acuerdo con la teoría dinámica se hallan las relaciones geométricas de las formas de clivaje y las relaciones promorfológicas de los blastomeros y de los planos de clivaje con las partes del cuerpo adulto á que dan origen por su desarrollo.

Recomiendo calurosamente á los que se interesan por estos desarrollos, la lectura de tan importante capítulo, profusa y admirablemente ilustrado, con demostrativas figuras originales ó tomadas de los mejores autores.

FECUNDACIÓN

No es mi intención presentar un resumen de los conocimientos actuales, relativos á la fecundación, ni mucho menos discutir las numerosas ideas teóricas que han sido emitidas para interpretar estos curiosos fenómenos. Semejante tarea saldría por completo de los límites de esta tesis, pues requiere para su exposición, por somera que sea, dedicarle numerosas páginas, sobre todo si se tienen en cuenta las diversas teorías relativas á la sexualidad.

Problema es éste que ha ejercitado desde hace muchísimos años la sagacidad y la ingeniosidad de los pensadores, sin haber encontrado solución completa.

Dejando de lado la esencia misma de la sexualidad, me limitaré á apuntar algunas de las consecuencias que, á mi modo de ver, se deducen de la aplicación de la teoría dinámica á la interpretación tan controvertida de los fenómenos de la fecundación.

Según la opinión más generalmente admitida en la ciencia hasta estos últimos años, la fecundación consistiría esencialmente en la conjugación del núcleo del germen masculino con el núcleo del ger-

men femenino, para formar así el primer núcleo del embrión, que por sus divisiones sucesivas origina todos los demás núcleos del cuerpo, de manera que cada núcleo del hijo contiene substancia nuclear procedente de ambos progenitores.

En términos generales, se puede decir que se considera al germen masculino como el elemento activo que inicia el desarrollo del germen femenino. Fundándose en las ideas teóricas que atribuyen al centrosoma el papel del elemento activo de la célula, Boveri sostiene que la fecundación consiste esencialmente en la substitución del centrosoma ovular por el centrosoma paterno que vendrá así á presidir las primeras segmentaciones del óvulo fecundado.

El óvulo virgen no podría dividirse por ausencia ó degeneración de su centrosoma.

En páginas anteriores, hemos visto cuán exagerada importancia se ha atribuído al centrosoma, á pesar de los vagos y contradictorios datos que sobre él se tienen. Es curioso que muchos autores se declaran satisfechos con sólo atribuir propiedades maravillosas á unos corpúsculos que no se sabe bien lo que son.

Todas las interpretaciones morfológicas de la fecundación que aún son corrientemente admitidas, encuentran graves obstáculos en los modernos experimentos de partenogénesis experimental y en las fecundaciones experimentales de fragmentos de huevos privados de núcleo, fenómeno que ha recibido el nombre de merogonía ó de efebogénesis.

La partenogénesis experimental, consiste en determinar la segmentación y el desarrollo de un óvulo virgen.

Ya hace algunos años que se conocían hechos de esta clase, pues se había provocado artificialmente la partenogénesis en huevos de gusano de seda y de rana, frotando á los primeros con un cepillo y sumergiendo momentáneamente á los últimos en agua acidulada con ácido sulfúrico.

Pero como en el gusano de seda la partenogénesis suele presentarse naturalmente, quedaba siempre la duda de que los huevos fro-

tados hubieran podido también desarrollarse sin necesidad de tal tratamiento. En cuanto á los huevos de rana, sólo se producían unas pocas segmentaciones que podían ser consideradas como una desorganización causada en el huevo por la acción del ácido sulfúrico.

Loeb (65, 66, 67, 68), consiguió producir divisiones de huevos vírgenes de Equinodermos (*Arbacia*) que daban por resultado la formación de embriones *pluteus* sin necesidad de fecundación.

Para ello colocaba estos huevos maduros y vírgenes en soluciones de sales alcalinas (KCl, NaCl, Mg Cl²) y luego los volvía al agua de mar, donde se desarrollaban sin necesidad de ser fecundados.

Estos experimentos fueron recibidos con cierta incredulidad, tanto en los círculos científicos como entre el público, no faltando periódicos que echaran la cosa á la broma, publicando artículos burlescos acerca de la inutilidad de los padres que serían substituídos con ventaja en lo futuro por soluciones salinas adecuadas.

La repetición de los experimentos de Loeb, realizados por el mismo autor y por muchos otros sabios de varias partes del mundo en huevos de diversos animales, disipó las dudas, pues se rodearon de todas las precauciones necesarias para asegurarse de la ausencia de espermatozoides en el agua de mar, así como también para que no se creyera que estas fecundaciones artificiales, eran sólo desarrollos partenogénéticos accidentales de los huevos con que se experimentaba.

Pero si no se discute ya el hecho mismo, no pasa lo mismo con su interpretación.

Loeb creyó al principio en una acción de los iones metálicos introducidos en el huevo por las soluciones salinas.

Extendió esta curiosa interpretación á la fecundación normal, creyendo que el papel del espermatozoide se reducía á servir de vehículo á ciertos iones particulares.

La primera interpretación de Loeb levantó muchas objeciones y fué definitivamente rechazada cuando Delage y su hijo demostraron

que la proporción de magnesio es menor en la esperma que en los huevos de erizo de mar, y que sin embargo el cloruro de magnesio determina en ellos la partenogénesis.

Por su parte, Loeb se había adelantado á este rechazo, abandonando su primitiva interpretación y admitiendo que las soluciones salinas no actúan por sus iones metálicos sino por su presión osmótica, substrayendo agua del huevo. Esta opinión ha sido generalmente admitida. El profesor Giard, en su curso de 1900, nos dijo que la explicación de estos casos de partenogénesis reside en las acciones osmóticas desarrolladas en el huevo por el empobrecimiento en agua que le causa la solución salina.

Esta interpretación ha sido también extendida á la fecundación normal, de manera que uno de los efectos de la entrada del espermatozoide sería la absorción de líquido ovular requerido por el crecimiento del núcleo masculino. Así, Delage (14) agrega las palabras *pobre en agua* á la definición clásica del espermatozoide, que es, como se sabe, una célula pequeña, móvil y sin reservas; mientras que el óvulo no sería sólo una célula grande, inmóvil y provista de abundantes reservas, sino también *rica en agua*.

Para conciliar esta interpretación puramente física de la fecundación con las ideas clásicas acerca de la necesidad de la conjugación de un núcleo masculino con otro femenino, agregan los autores que debe distinguirse dos fenómenos en la fecundación: la embriogénesis ó segmentación del óvulo para formar el embrión y la anfimixia, que mezcla las substancias de los dos progenitores. La ósmosis bastaría para determinar la embriogénesis, pero no puede producir la anfimixia. De todos modos, el maravilloso centrosoma paterno queda eliminado del concepto esencial de la fecundación.

Por los experimentos de merogonía vino á verse que el núcleo femenino tampoco es indispensable, de manera que va quedando poca cosa de la definición clásica que se aceptaba unánimemente hace pocos años.

El nombre de merogonía se debe á Delage, quien, desde 1898

ha conseguido fecundar pequeñas porciones de huevos de equinodermos, de anélidos y de moluscos, obteniendo el desarrollo de embriones ó por lo menos de gástrulas, sin necesidad de que en el fragmento de óvulo existiera núcleo femenino.

Ya Rostafinski, en 1877, consiguió fecundar trozos anucleados de oosfera de *Fucus vesiculosus*, pero sus trabajos habían pasado casi desapercibidos por haber publicado sus resultados en polonés. Esta es una nueva prueba de la inconveniencia del empleo de lenguas poco conocidas en la producción científica. El profesor Giard ha resucitado, por decirlo así, el artículo de Rostafinski, dando una traducción francesa de sus conclusiones (43).

En 1887 los hermanos Hertwig anunciaron que los huevos de erizo de mar privados de núcleo por medio de violentos sacudimientos del agua de mar que los contiene, podían atraer los espermatozoides, cuya entrada determinaba la formación del primer anfiáster de segmentación.

Más tarde, Boveri (3) demostró que estas fecundaciones de huevos de erizo de mar sin núcleo, podían dar por resultado un *pluteus* enano y aún hizo experimentos de hibridación con óvulos anucleados y espermatozoides de especies diferentes.

Estos resultados fueron comprobados por Morgan, Seeliger y otros autores.

Pero no puede negarse que se debe á Delage la extensión de estos experimentos á varias especies de otros grupos zoológicos, con procedimientos perfeccionados que disipan las dudas que disminuían la importancia teórica de los experimentos anteriores (10, 11, 12, 13).

Después han sido comprobados estos estudios experimentales por varios autores y recientemente fueron extendidos, de nuevo, al reino vegetal por Hans Winkler (94).

No queda, pues, duda alguna respecto á la posibilidad de obtener el desarrollo embrionario de pequeñas porciones de óvulo desprovistas de núcleo.

La interpretación de estos hechos es absolutamente imposible dentro del concepto morfológico de la fecundación que la define como la conjugación de dos núcleos.

Delage ha deducido de sus experimentos, la inutilidad del núcleo femenino, en la embriogénesis por lo menos, y llega casi á considerarlo nocivo, lo que es excesivo, al comprobar que la fecundación se realiza más fácilmente en los fragmentos sin núcleo que en los huevos enteros que le servían como testigos.

Le Dantec dió á la merogonía una interpretación química suponiendo que el fenómeno esencial de la fecundación consiste en la unión de una substancia masculina con otra femenina.

Estas substancias se distinguen entre sí, por algo que puede compararse, según Le Dantec, con la disimetría molecular.

Giard, en un trabajo que nos ha sido de mucha utilidad en la redacción de las presentes páginas (42), emite la hipótesis de que las divisiones merogónicas pueden considerarse como un desarrollo partenogénético del espermatozoide á expensas de las substancias alimenticias suministradas por el fragmento de óvulo.

Ultimamente Delage (14) parece inclinarse á una interpretación osmótica de estos fenómenos, en los cuales entrarían en juego una serie de hidrataciones y deshidrataciones sucesivas.

De todas maneras, la merogonía y la partenogénesis experimental, demuestran cuán limitada era la definición morfológica de la fecundación é imponen la necesidad de tener en cuenta factores dinámicos, el aporte de una cierta forma de energía.

Varios años antes de los experimentos de Loeb y Delage, yo había llegado por mi parte á un concepto dinámico de la fecundación (32, 33) que recibe ahora singular apoyo por estas modernas investigaciones.

Es sabido que la fecundación, según Strasburger, da por resultado obtener una célula completa por medio de dos células incompletas.

Ahora bien, en la teoría dinámica que sostengo, cada una de las

células sexuales sería susceptible de una sola polaridad y la fecundación regeneraría una célula completa capaz de dos polaridades y apta por consiguiente para dividirse.

La introducción del espermatozoide determina normalmente, por un proceso que escapa hasta ahora á nuestra investigación, la posibilidad de desarrollar la polaridad que falta en el óvulo.

La substancia masculina será, pues, el vehículo de la energía necesaria para obtener una célula capaz de dos polaridades. Puede compararse esta idea con la teoría sexual de Le Dan̄tec, que dejo anteriormente expuesta y que ha sido publicada después de mis artículos.

El fenómeno esencial de la fecundación sería, pues, dinámico y consistiría en completar la fuerza cariocinética del óvulo con la del espermatozoide. No puedo precisar los detalles de la interpretación con el estado actual de nuestros conocimientos, pero no sería aventurado suponer que la pérdida de una de las polaridades tiene lugar en los complicados y curiosos procesos de maduración de los gérmenes sexuales y que algo pueden tener que ver con ella la reducción cromática.

Admitidas estas ideas, se explica de una manera satisfactoria la imposibilidad en que se encuentran los gérmenes femeninos para dividirse, mientras la fecundación, en el caso normal, ó alguna otra forma de introducción de energía (como sucede en la partenogénesis espontánea y experimental), no permita el desarrollo de la polaridad de que no es susceptible.

En la merogonía, el espermatozoide encuentra en el fragmento ovular la posibilidad de polarizarse y de constituir así un anfiáster que segmente su propio núcleo.

Pero no basta la fecundación para determinar la formación del embrión. En la mayor parte de los casos se necesita además para provocar la primera división un nuevo aporte de energía que es introducida generalmente en el huevo fecundado en forma de calórico, pero que puede revestir otras formas.

Es curioso que se olvide con frecuencia, que no es suficiente que un huevo sea fecundado para que comience á dividirse y forme el embrión.

Ordinariamente los citologistas representan al óvulo como un mecanismo montado, cuyo resorte de escape es tocado por el espermatozoide, el cual, al conjugarse, determina, sin más trámite, las divisiones embriogénicas, sin recordar que un huevo de gallina, para tomar un ejemplo bien familiar, no puede formar un embrión, por más que esté fecundado, si no recibe una cierta suma de energía calorífica.

Es, pues, necesario estudiar los fenómenos dinámicos de la fecundación y no atenerse exclusivamente á la investigación de las apariencias morfológicas y de las transformaciones químicas que en ella tienen lugar.

Los fenómenos cariocinéticos y los de fecundación deben ser producidos por la misma fuerza.

La maduración de los gérmenes sexuales, ó productos incapaces por sí solos de ulterior desarrollo, tiene lugar por una serie de divisiones cariocinéticas y el efecto de la fecundación es hacer desaparecer esta incapacidad regenerando una célula susceptible de continuar dividiéndose por cariocinesis. Vemos, pues, que la fecundación está íntimamente ligada con las cariocinesis que la preceden y que la siguen. Ambos fenómenos deben ser manifestaciones de una misma fuerza.

La atracción sexual será una manifestación extracelular de la fuerza cariocinética. Si el óvulo y el espermatozoide poseen polaridades contrarias, es natural que se atraigan recíprocamente.

Ahora bien, Engelmann, citado por Delage (9, p. 139, en nota) ha comprobado experimentalmente que los gérmenes sexuales se aproximan con una fuerza cuya intensidad es inversamente proporcional á los cuadrados de las distancias.

Esto ratifica el carácter de fuerza newtoniana que le atribuyo.

El citotropismo de Roux será también una manifestación extracelular de la fuerza cariocinética.

Recapitulando, diré cómo concibo la reproducción sexual.

Cada especie posee una fuerza cariocinética particular que se distingue por caracteres especiales (potencial, carga, ritmo vibratorio, por ejemplo) de las fuerzas cariocinéticas de otras especies. Dentro de la especie cada individuo posee también una fuerza cariocinética que presenta ciertas diferencias con las de los otros individuos de su especie, aunque todas ellas tienen los caracteres generales propios de su especie.

Cada célula tiene su fuerza cariocinética ligeramente diferenciada, de acuerdo con su diferenciación celular, pero con los caracteres de conjunto propios del individuo, del cual la célula forma parte.

En la reproducción asexual, una ó varias células del cuerpo se separan y producen, por una serie de divisiones sucesivas, un nuevo individuo, cuya fuerza cariocinética será idéntica á la del individuo de que procede.

En el caso de la reproducción sexual, cada uno de los progenitores forma, en el proceso de maduración de los gérmenes sexuales, células susceptibles de una sola polaridad é incapaces por consiguiente de desarrollo ulterior, mientras no se le suministre la polaridad de que carecen.

Normalmente, la fecundación regenera una célula completa, cuya fuerza cariocinética será la resultante de las fuerzas cariocinéticas de sus padres. La fuerza cariocinética del hijo participará, pues, de los caracteres de las fuerzas paternas en la proporción que resulta de la composición de fuerzas que se ha operado. Es evidente que tiene los caracteres de la especie, puesto que éstos eran comunes á ambos progenitores. Los caracteres individuales del hijo resultan de una suma vectorial de los caracteres paternos y maternos ya que se trata de una composición de fuerzas y no de una simple suma algebraica como generalmente se considera en los estudios sobre la herencia.

No se trata de una adición ó substracción de caracteres colineales

susceptible de calcularse algebraicamente sino de una composición de vectores para la cual deberá aplicarse el cálculo de los cuaterniones, si algún día pueden llegar á ser sometidos al cálculo.

Esta fuerza cariocinética resultante determina desde el instante mismo de la fecundación, los caracteres del nuevo individuo, que pueden ser tal vez algo modificados por las influencias del ambiente.

Pero como las acciones exteriores deben ser próximamente las que corresponden á la especie, so pena de que el nuevo individuo perezca, las modificaciones no pueden nunca llegar á ser fundamentales.

En algo pueden modificar, sin embargo, á la fuerza resultante, sobre todo si actúan constantemente en un mismo sentido y así se explican la adaptación al medio y la herencia de los caracteres adquiridos.

El óvulo fecundado comienza á dividirse de acuerdo con esta fuerza cariocinética que le es propia y según ella y las influencias externas se forman los primeros blastómeros. Continúa así el desarrollo, caracterizado en sus líneas generales y esenciales por la fuerza cariocinética inicial, que determina los caracteres individuales del nuevo sér, y modificado por las influencias externas, que no pueden, como he dicho, variar fuera de ciertos límites sin acarrear la muerte del individuo.

El camino de la vida está así estrechamente jaloneado por la muerte; el desarrollo no puede apartarse fundamentalmente de su dirección normal, sin caer en el abismo de la muerte.

Ciertas desviaciones son sin embargo posibles, lo que explica los casos teratológicos, que representan una especie de ramales de la vía normal, en los cuales el sér adopta formas particulares, muy diferentes á veces de la normal, pero que, por razones que nos escapan, no son incompatibles con la vida.

Representan en cierto modo, nuevos estados de equilibrio estable aun cuando de estabilidad menor que la forma normal á la cual tienen tendencia á volver.

La arquitectura del cuerpo está determinada por la serie, el ritmo y la dirección de las divisiones celulares. Ella resulta, pues, de los caracteres especiales de la fuerza cariocinética del óvulo, en combinación con las acciones externas.

El óvulo, por ejemplo, se divide en sus dos primeros blastómeros. Las condiciones de cada uno de ellos ya no son las mismas que aquellas en que se encontraba el óvulo aislado, aunque no sea más que por la presencia de la otra célula. Cuando el número de células es mayor, las diferencias de medio van siendo también mayores. Unas se encuentran en el interior, otras en el exterior, etc.

El medio ambiente, las atracciones citotáxicas de las otras células serán pues diferentes para cada uno de los blastómeros.

Esta serie de acciones y reacciones determina las diferenciaciones embriogénicas. Si las condiciones exteriores son en cada caso las que convienen al desarrollo normal de la especie, obtendremos por fin, un individuo también normal; si se modifican en cierto grado, el desarrollo cambia (embriones líticos, magnésicos, etc.); por fin, si la modificación del medio es profunda, el embrión no puede responder á estos estímulos externos tan diferentes de lo que debieran ser y perece.

GENERALIDADES

Por las líneas que preceden puede verse que la extensión de mi interpretación, me conduce á una teoría dinámica del desarrollo y de la herencia.

Hace muchos años que reflexiono sobre estas ideas sin animarme á formularlas en público, porque escapan á la comprobación experimental y salen por consiguiente del terreno estrictamente científico positivo.

Me determino sin embargo hoy á darlas á luz, sin la pretensión de solucionar un problema que considero insoluble en el estado ac-

tual de la ciencia, por haber llegado á mi conocimiento una teoría dinámica de la herencia, de J. Reinke, que tiene muchos puntos de semejanza con las ideas que acabo de apuntar y que profeso desde hace seis años.

En el interesante libro de Federico Reinke (78), que he citado varias veces, he encontrado un extracto de las ideas de su hermano Juan Reinke, expuestas en una obra fundamental *Die Welt as That* (79), libro que no conozco más que por las referencias que he citado, las cuales han despertado poderosamente mi interés.

Dice Fr. Reinke (78, p. 177), después de exponer las principales teorías de la herencia, que su hermano J. Reinke, en contraposición á todas las teorías que se fundan en una trasmisión puramente material de los caracteres, ha llegado, por una generalización de los hechos hereditarios observados, á considerar á la herencia como la trasmisión dinámica de las propiedades de los padres á sus hijos. Las acciones dinámicas ordenan á las células en la ontogénesis como un albañil dispone las piedras de una casa.

La herencia consiste así en una trasmisión de movimiento.

Después de varias consideraciones sumamente interesantes, introduce para explicar la acción, en cierto modo inteligente, de las fuerzas constructoras del cuerpo, la noción de superfuerzas, ó fuerzas de orden superior (*Kräfte zweiter Hand*, de Lotze) á las que llama *dominantes*, las cuales dirigen la actividad de las diversas formas de la energía.

La exposición detallada del concepto filosófico de estas fuerzas inteligentes ó dominantes de Reinke me llevaría demasiado lejos.

Para evitar falsas interpretaciones, diré sólo que no debe considerarse esta concepción como una hipótesis. Las dominantes son una abstracción del espíritu.

Un ejemplo aclarará la idea.

La elasticidad del resorte, pone en movimiento un reloj, por ejemplo, pero esta fuerza sería incapaz de hacer que el reloj señalara con exactitud las horas, minutos y segundos, si la construcción del

aparato no estuviera especialmente calculada para ese objeto. Ahora bien, la disposición del mecanismo del reloj es obra de la inteligencia del relojero, inteligencia que será en el reloj la fuerza dominante que gobierna las manifestaciones de la energía física, dirigiéndola á su fin, que es en este caso particular la medida del tiempo.

Distingue además dominantes de diferentes órdenes: los que rigen las acciones de detalle ó dominantes diferenciales que dan por integración un dominante integral que preside las acciones de conjunto.

Aplica Reinke este concepto, no sólo á los mecanismos, sino también á los seres orgánicos, á la constitución del universo todo y llega así á aceptar una inteligencia cósmica que será el dominante integral absoluto.

Dejemos de lado estas interesantísimas vistas filosóficas para seguir ocupándonos de la hipótesis dinámica de la herencia.

Ella escapa por lo pronto al grave obstáculo que se presenta en las teorías materiales de la herencia para alojar sus partículas representativas en la escasa cantidad de materia transmitida en la fecundación: lo cual no es objeción para la transmisión de una modalidad dinámica. Sabido es que la fuerza de cohesión de una molécula cristalina basta, en principio, para hacer cristalizar según sus leyes propias, el inmenso número de moléculas de una solución saturada de su propia substancia.

Así también por el foco de una lente pasan todas las vibraciones luminosas, con todas sus propiedades, que se extienden luego en las napas infinitas del cono, cuyo vértice es dicho foco. De análoga manera, los gérmenes sexuales, á pesar de ser muy pequeños, pueden transmitir una modalidad dinámica capaz de agrupar según formas determinadas, las substancias de que se apodera el organismo durante el curso de la ontogénesis.

A las teorías materialistas de la herencia, puede objetársele también que no es concebible la permanencia en las células y su transmisión á sus descendientes celulares, de ciertas agrupaciones

moleculares individualizadas, pues es incompatible con la renovación constante de la materia que tiene lugar en todos los cuerpos vivos.

La individualidad de los seres vivientes, es puramente dinámica.

Podemos concebirla como la individualidad de una llama que conserva aproximadamente su forma, temperatura, brillo, color y propiedades químicas, aunque está formada por una corriente gaseosa que trae continuamente nuevas moléculas para combinarlas con nuevo oxígeno. Esta comparación, que he empleado ya en un artículo anterior (35), es bastante sugestiva aunque incompleta.

He sabido después que Roux ha hecho uso de la misma imagen.

Un río que conserva aparentemente la misma forma á pesar de la continua renovación del agua que corre por él, nos ofrece también un ejemplo de individualidad dinámica con cambio continuo de materia.

Tan natural en el espíritu humano es este concepto de la individualidad puramente dinámica de los seres vivos, que vemos cuan frecuente uso de las mismas comparaciones que he citado se hace en las obras literarias que mencionan, desde la más remota antigüedad, la llama de la vida y el curso de la existencia que se desliza como un río.

Pero es tiempo de terminar esta tesis, pues no ha sido mi intención formular una teoría dinámica de la vida, sino esbozar algunas de las consecuencias de la teoría de la división celular.

No hay que olvidar el gran peligro que se corre acumulando hipótesis sobre hipótesis como un niño que levanta una torre de piedras. Llega un momento en que la colocación de cierto trozo, destruye el equilibrio y desmorona todo el edificio.

En un artículo anterior (35) me he ocupado de la teoría de la vida de Bard y subsidiariamente de otras análogas que consideran á la vida como una forma particular de movimiento.

Por mi parte, creo que es necesario estudiar con mayor atención que lo que se ha hecho hasta hoy las manifestaciones vitales de la

energía y que puede llegarse por ese camino á un concepto más claro de la vida que el que nos ofrecen las doctrinas materialistas que han dominado en la ciencia durante el pasado siglo.

Seductoras cuestiones, sin duda, pero que escapan por hoy á la investigación estrictamente científica y salen por consiguiente de nuestro cuadro.

Para abordar este trascendental problema filosófico tendríamos que ponernos previamente de acuerdo acerca de las nociones fundamentales de *energía* y *materia*. Indestructibles ambas y sometidas al mismo principio de conservación, la energía tiende á ocupar hoy día en la ciencia, rango más elevado que la materia. Al fin y al cabo, conocemos sólo á la materia por las impresiones de nuestros sentidos que son debidas á manifestaciones de la energía.

En este orden de ideas ha llegado Lord Kelvin á concebir la materia como una cierta manifestación de la energía en un medio elástico que llena el universo. Pero es tiempo de terminar estas consideraciones generales que nos alejan demasiado de nuestro modesto punto de partida y de formular las conclusiones que se desprenden de las precedentes páginas.

CONCLUSIONES

La introducción de la teoría dinámica simplifica de una manera notable la interpretación de muchos fenómenos biológicos.

Hemos visto que en ellas carecen de interés las largas é intrincadas discusiones acerca del origen y permanencia de los centrosomas.

La misma cosa sucede respecto del origen nuclear ó extranuclear del anfiáster, desde que éste no es un mecanismo fibrilar sino un espectro de fuerza. No hay para qué preocuparse de la aparición ó

desaparición súbita de los supuestos filamentos desde que no son otra cosa que la exteriorización de líneas de fuerza.

La división directa é indirecta constituyen diversos aspectos de un fenómeno fundamentalmente análogo. En un caso no aparecen las líneas de fuerza que son visibles en el otro, sin que por esto falten en el primero.

La fecundación es otra manifestación de la misma fuerza cariocinética, según acabamos de ver, y su interpretación dinámica, más elástica que el concepto morfológico de este interesante fenómeno, se presta con mayor facilidad á la comprensión de las investigaciones modernas que han echado por tierra la definición clásica que la consideraba como la conjugación de dos núcleos.

La extensión de estas ideas y su proyección al individuo y á la raza nos lleva á un concepto dinámico de la ontogénesis y de la herencia que no contradice los hechos de observación y que escapa á ciertas objeciones que pueden formularse á las teorías materialistas.

Tendremos así que la fuerza cariocinética interviene en tres órdenes de fenómenos : celulares, ontogenéticos y hereditarios.

La aplicación de la hipótesis á estos dos últimos órdenes de fenómenos es más vaga y conjetural dentro de la teoría, pues se hallan más alejados del punto de partida. Se encuentran, pues, más expuestos á resultar falsos sin que ello implique forzosamente la falsedad de la hipótesis inicial.

En cambio, si resulta aceptable, siquiera en parte, contribuirán á robustecer la solidez de la base.

Por mi parte, puedo declarar que, cegado tal vez por mi cariño paternal, no he encontrado hasta ahora ningún fenómeno biológico que no pueda interpretarse con facilidad ó que contradiga formalmente la hipótesis de la fuerza cariocinética.

Ahora sería el caso de preguntarse, ¿cuál es la esencia de esta fuerza cariocinética ?

Nada sabemos al respecto.

La ciencia no explica la esencia de ningún fenómeno. Estudia las relaciones de causa á efecto, establece las leyes ó enunciados sintéticos que se deducen de estas relaciones, pero no puede revelarnos la esencia íntima de las causas en juego.

Si bien puede enseñarnos *cómo* tienen lugar los fenómenos naturales, no nos dice *por qué* ellos se realizan.

La física y la química ignoran también la esencia de las fuerzas cuyos efectos nos describen con minuciosidad y exactitud.

Del mismo modo, la biología debe concretar todo su esfuerzo á estudiar las fuerzas vitales en sí mismas, sin preocuparse de su esencia y sin pretender tampoco reducirlas á simples combinaciones de las fuerzas conocidas.

¿Qué se diría de los físicos si se hubieran empeñado en no dar á la electricidad, por ejemplo, el rango de fuerza especial y quisieran estudiarla como una simple resultante de los efectos caloríficos, químicos, luminosos y mecánicos que produce?

Por mi parte, creo que debemos considerar á la fuerza cariocinética como una fuerza especial mientras no se demuestre lo contrario. Tiempo habrá de establecer la sinonimia, si llega á identificarse con alguna de las fuerzas conocidas.

Se me dirá que caigo en el misticismo introduciendo fuerzas vitales. La verdadera superstición anticientífica consiste en querer encerrar todos los fenómenos del universo en el estrecho círculo de las pocas manifestaciones de la energía que hasta hoy ha estudiado la ciencia, negando todo lo que no se comprende y cerrando los ojos para no ver cuán inmenso, cuán incommensurable es lo desconocido en comparación de lo poco que conocemos.

La física clásica renueva hoy sus cuadros para dar cabida á muchas manifestaciones de la energía que ni se sospechaban hace pocos años. La química descubre casi diariamente nuevos cuerpos, de extrañas propiedades, hasta en el aire que respiramos. Y se pretende que la biología siga apegada á las interpretaciones simplistas que buscan la explicación de todos los fenómenos vitales con ayuda de

las pocas fuerzas que hemos empezado á estudiar en el mundo inorgánico.

El dogma mecanista que pretendía reducir todas las complicadas apariencias de la vida á simples fenómenos físico-químicos, ha cauducado en vista de su absoluto fracaso.

El abismo que separa al mundo orgánico del mundo inorgánico, se ahonda cada día, como lo reconoce O. Hertwig al hacer la síntesis de los progresos de la biología en el pasado siglo.

Dice en efecto (58, p. 9) :

« Ueberhaupt, kann man sagen, ist trotz aller Fortschritte der Wissenschaft die Kluft zwischen der belebten und der unbelebten Natur anstatt allmählich ausgefüllt zu werden, viel eher tiefer und breiter geworden ».

En la aurora del siglo xx contemplamos un renacimiento neovitalista, defendido por esforzados campeones, reclutados entre sabios de universal reputación.

No es mi ánimo entrar en una discusión filosófica que no sería oportuna en este momento.

Para aquellos que se inclinan á una interpretación puramente mecánica del universo, me limitaré á repetir las bellas palabras que pone Shakespeare en boca de Hamlet :

*There are more things in heaven and earth, Horatio,
Than are dreamt of in your philosophy.*

Señores Profesores :

Os pido disculpas por las muchas imperfecciones de fondo y de forma que tienen estas páginas en que he procurado manifestar la expresión sincera de mis actuales opiniones biológicas.

Agradezco al modesto sabio, que me hace el honor de ser mi padrino, su deferencia al prestigiar en forma tan decisiva esta tesis que os presento con confianza bajo los auspicios del nombre del doctor Juan J. J. Kyle, mi querido profesor en el Colegio Nacio-

nal y en esta Facultad y primer titular del grado á que hoy aspiro.

Antes de terminar, quiero formular un voto. Desco íntimamente que aumente entre nosotros el escaso número de los que se dedican al estudio de la naturaleza.

Muchos obreros se requieren en la vasta labor que á las ciencias naturales ofrece nuestra patria.

Los jóvenes argentinos están en el deber de dedicar su esfuerzo y su inteligencia al reconocimiento de las variadas producciones de esta hermosa tierra americana, en la cual hay campo fecundo para todas las actividades.

Trabajemos con asiduidad tanto en el terreno de la ciencia pura, si á él nos conducen las tendencias de nuestro espíritu, como en el de la ciencia aplicada, de mayor utilidad inmediata y más en consonancia con las actuales necesidades del país. Se obtendrá con ello honra y provecho para nuestra patria, pues la obra científica es también obra patriótica.

La explotación metódica y racional de nuestras inmensas riquezas naturales, aumentará en proporción incalculable el poder económico del país, que se traduce no sólo en poder material sino también en poder moral. La agricultura, la ganadería, la minería, la vinicultura, la pesquería, etc., requieren cada día el auxilio, el consejo ó la dirección del naturalista para lograr buenos resultados y no desperdiciar los valiosos recursos que nos ofrece nuestra fauna, nuestra flora y nuestra gea, que tan poco nos hemos preocupado de estudiar. Necesitamos por consiguiente formar naturalistas argentinos que emprendan esta tarea bajo la doble inspiración del patriotismo y del amor á la verdad.

Los grandes problemas de la ciencia pura, de cuya solución dependen en muchos casos por encadenamientos maravillosos é inesperados, fecundas aplicaciones prácticas y utilitarias, no deben tampoco estarnos vedados. Pero el adelanto científico no se alcanza sin mucha labor. Que el trabajo sea, pues, nuestra consigna y nuestro lema. *Ignoramus, in hoc signo laboremus.*

ÍNDICE BIBLIOGRÁFICO

1. **Balbiani, E. G.** et **Hennoguy, F.**, Sur la signification physiologique de la division cellulaire directe. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, CXXIII, 264, **1896**.
2. **Boveri Th.**, Zellenstudien II. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft*, XXII, **1888**
3. — Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier und über die Möglichkeit ihrer Bastardirung. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, II, **1895**.
4. **Bütschli, O.**, Ueber die künstliche Nachahmung der karyokinetischen Figuren. *Verhandlungen der naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg*, N. F. V **1892**.
— Untersuchungen über mikroskopische Schäume und das Protoplasma. Leipzig. **1892**.
6. — Vorläufige Berichte über fortgesetzte Untersuchungen an Gerinnungsschäumen, Sphaerokristallen und die Structur von Cellulose- und Chitinnenbraue. *Verhandlungen der naturhistorisch-medizinischen Vereins zu Heidelberg*, V. **1894**.
7. — Untersuchungen über Strukturen. Leipzig. **1898**.
8. **Clerk Maxwell, J.**, Traité d'Electricité et de Magnétisme. Traducción francesa de Seligman Lui, Paris, **1885**.
9. **Dolage, Yves**, La Structure du Protoplasma et les Théories sur l'Hérédité et les grands problèmes de la Biologie générale, Paris, **1895**.
— Embryons sans noyau maternel. *Comptes-rendus de l'Académie des Sciences* CXXVII, **1898**.
— Sur la fécondation mérogonique et ses résultats. *Ibidem*, CXXIX, 645-648, **1899**.
— Etudes sur la mérogonie. *Archives de Zoologie expérimentale et générale*, VII, 383-417, **1899**
— Sur l'interprétation de la fécondation mérogonique et sur une théorie nouvelle de la fécondation normale. *Ibidem* VII, 511-517, **1899**.
14. — Les Théories de la Fécondation. *Revue générale des Sciences*, XII, 864-874, **1901**.
15. **Drünor, L.**, Studien über den Mechanismus der Zelltheilung. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft*, XXIX, **1895**.

16. **Eismond, J.**, Ueber die Verhältnisse der Kerns zum Zelleibe und über die Zellteilung. *Sitzungsberichte der biologische Gesellschaft zur Warschau*, N. 3, 1890
17. — Einige Beiträge zur Kenntniss der Attraktionssphären und der Centrosomen. *Anatomisches Anzeiger*, X, 229-239, 261-272, 1895.
18. — Ueber die Natur der sogenannten kinetischen Centren der Zellen. *Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft*, XIV, 125-140, 1900.
19. **Erlanger, R. von**. Die neusten Ansichten über die Zelltheilung. *Zoologisches Centralblatt*, III, 41-56, 1896.
20. — Beiträge zur Kenntniss der Structur des Protoplasmas, der karyokinetischen Spindel und des Centrosoms, I. Ueber die Befruchtung und erste Theilung des Ascaris. *Archiv für mikroskopische Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, XXXIX 309-440, 1897.
21. — Ueber die Spindelbildung in den Zellen der Cephalopoden Keimscheibe. *Biologisches Centralblatt*, XVII, 745-752, 1897.
22. — Ueber die Befruchtung und erste Theilung des Seeigel Eies. *Ibidem*, XVIII, 1-11, 1898.
23. **Errera, Leo**. *Bulletin de la Société Belge de Microscopie*, séance du 29 avril 1880, p. LXXI, 1880.
24. — L'aimant agit-il sur le noyau en division? *Bulletin de la Société royale de botanique de Belgique*, XXIX, 17-24, 1890.
25. **Fick, R.**, Bemerkungen zu M. Heidenhain's Spannungsgesetz. *Archiv für Anatomie und Physiologie*, Anat. Abth. 1897.
26. **Fischer, A.**, Fixirung, Färbung und Bau des Protoplasmas, Jena, 1899.
27. **Flemming, W.**, Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihre Lebenserscheinungen. *Archiv für mikroskopische Anatomie*, XIX, 1880.
28. — Neue Beiträge zur Kenntniss der Zelle. *Ibidem* XXXVIII, 1891.
29. **Fol, H.**, Die erste Entwicklung des Geryonideies. *Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft*, VII, 1873.
30. — Recherches sur la fécondation et le commencement de Théogenie. *Memoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève*, XXXI, 1879.
31. **Galeotti, Gino**, Ueber experimentelle Erzeugung von Unregelmässigkeiten des karyokinetischen Processes. *Beiträge zur Pathologischen Anatomie und zur allgemeinen Pathologie*, XIV, 1893.
32. **Gallardo Angel**, Essai d'interprétation des figures karyokinetiques. *Anales del Museo Nacional de Buenos Aires*, V, 11-22, 1896.
33. — La carioquinesis, *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, XLII, 5-34, 1896.
Extractados y citados por :
R. v. ERLANGER, en : *Zoologisches Centralblatt*, IV, 124.
KNOBLAUCH, en : *Botanisches Centralblatt*, LXXII, 400.
R. v. ERLANGER, en : (20), 404.
LAMBÉ, en : (62) p. 4, 5 y 12.
F. HENNEGY y G. POMBAULT, en : *L'Année biologique*, II, 8.
M. MOLLARD, en : *Revue générale de Botanique*, X, 492-493.
FR. MEVES, en : (70) p. 366 y 371.
S. DE MADRID, en : *Lecciones elementales de Histología é Histogenia*, Buenos Aires, 1899, 147.

34. — Significado dinámico de las figuras cariocinéticas y celulares. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, XLIV, 124, 140, 1897.
Citado y extractado, conjuntamente con (32) y (33), por :
P. MAYER en : *Zoologischer Jahresbericht für 1897*, en la parte *Allgemeine Biologie und Entwicklungslehre*, p. 9-10.
A. PRENANT en : *L'Année biologique*, III, 45-49.
V. HAEGKER en : (45), 76-78.
A. PRENANT en : (75), 214.
E. B. WILSON en : (92), 109.
FR. REINKE en : (78), 91.
35. — Problemas biológicos. Algunas reflexiones sobre la especificidad celular y la teoría física de la vida, de Bard. *Revista de Derecho, Historia y Letras*, IV, 540-565, 1899.
36. — À propos des figures karyokinétiques. Réponse à M. le Professeur E. B. Wilson. *Comptes-rendus des séances de la Société de Biologie*, LII, 732-735, 1900.
37. — Les croisements des radiations polaires et l'interprétation dynamique des figures de karyokinèse. *Ibidem*, LIII, 454-455, 1901.
Analizado por : LUDWIG en : *Botanisches Centralblatt*, LXXXVIII, 234 y conjuntamente con (32) y (33) por VIGSON en : (89), p. 586.
38. — Las matemáticas y la biología. *Anales de la Sociedad Científica Argentina*, LI, 112-122.
Analizado por LUDWIG en : *Botanisches Centralblatt*, LXXXIX, 113.
39. GERASSIMOW, Die kernlosen Zellen der Conjugaten. *Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou*, N. 1, 109-131, 1892.
40. — Ueber den Einfluss des Kerns auf das Wachsthum der Zelle. *Ibidem*, N. 1 y 2, 185-220, 1901.
41. GIARD, A., L'œuf et les débuts de l'évolution. *Bulletin scientifique du Nord de la France*, VIII, 257-258, 1876.
42. — Parthénogénèse de la macrogamète et de la microgamète des organismes pluricellulaires. *Volume jubilaire du Cinquantenaire de la Société de Biologie de Paris*, 654-667, 1900.
43. — Pour l'histoire de la mérogonie. *Comptes rendus des séances de la Société de Biologie* (séance du 19 octobre) 1901.
44. GUÉBhard, A., Figuration électrochimique des lignes équipotentielles sur des portions quelconques du plan. *Journal de Physique*, 2^e série, I, 205-222, 1882.
45. HAEGKER, V., Praxis und Theorie der Zellen und Befruchtungslehre. Jena, 1899.
46. — Mitosen in Gefolge amitosenähnlicher Kerntheilungen, *Anatomischer Anzeiger*, XVII, 9, 1900.
47. HARDY, W. B., On the Structure of cell protoplasm. *The Journal of Physiology*, XXIV, 158-210, 1899.
48. HEIDENHAIN, M., Cytomechanischen Studien. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, I, 4, 1895.
49. — Ein neues Modell zum Spannungsgesetz der centrirten Systeme *Verhandlungen der anatomischen Gesellschaft*, X, 67-80, 1896.
50. — Neue Erläuterungen zum Spannungsgesetz der centrirten Systeme. *Morphologischen Arbeiten*, VII, 281-365, 1897.

51. **Henking, H.**, Ueber plasmatische Strahlungen. *Verhandlungen der deutschen zoologischen Gesellschaft*, 1891.
52. — Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, LIV, 198, 1892.
53. — Künstliche Nachbildung von Kerntheilungsfiguren. *Archiv für mikroskopische Anatomie*, VII, 28-39, 1893.
54. **Henneguy, F.**, Nouvelles recherches sur la division cellulaire indirecte. *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, XXVII, 397-423, 1891.
55. — Leçons sur la cellule, Paris, 1896.
56. **Hermann, F.**, Beitrag zur Lehre von der Entstehung der karyokinetischen Spindel. *Archiv für mikroskopische Anatomie*, XXXVII, 1891.
57. **Hertwig, O.**, La Cellule et les Tissus. Traducción francesa de Julin, Paris, 1894.
58. — Die Entwicklung der Biologie im 19 Jahrhundert, Jena, 1900.
59. **Hertwig, R.**, Kerntheilung, Richtungkörperbildung und Befruchtung von Actinosphaerium. *Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königlich-Bayerischen Akademie der Wissenschaft*, XIX, 1898.
60. **His, W.**, Ueber Zellen- und Syncytienbildung. *Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe, der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, XXIV, N. 5, 1898.
61. **Houssay, F.**, Le rôle des phénomènes osmotiques dans la division cellulaire et les débuts de la mitose. *Anatomischer Anzeiger*, XIV, 305-310, 1898.
62. **Labbé, A.**, La cytologie expérimentale, Paris, 1898.
63. **Lauterborn, R.**, Untersuchungen über Bau, Kerntheilung und Bewegung der Diatomeen, Leipzig, 1896.
64. **Le Dantec, F.**, L'Hérédité, clef des phénomènes biologiques. *Revue générale des Sciences*, XI, 798-806, 1900.
65. **Loeb, J.**, On the nature of the process of fertilization and the artificial production of normal larvae (plutei) from the unfertilized eggs of the sea-urchin. *American Journal of Physiology*, III, 135-138 y *Natural Science*, XV, 382-383, 1899.
66. — Further experiments on artificial parthenogenesis and the nature of the process of fertilization. *Ibidem*, 178-184, 1900.
67. — On the artificial production of normal larvae from the unfertilized eggs of the sea-urchin (*Arbacia*). *Ibidem*, 434-471, 1900.
68. — Experiments on artificial parthenogenesis in Annelids and the nature of the process of fertilization. *Ibidem*, IV, 423-459, 1901.
69. **Mac Farland, F. M.**, Celluläre Studien an Molluskeneiern. *Zoologisches Jahrbücher (Abtheilung für Anatomie und Ontogenie der Thiere)*, X, 2^a parte, 1897.
70. **Meves F.**, Zellteilung. *Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte*, Merkel und Bonnet, *Anatomische Hefte*, VI, 284-390, 1897.
71. — Zellteilung, *Ibidem*, VIII, 430-542, 1899.
72. **Nathansohn, A.**, Physiologische Untersuchungen über amitotische Kerntheilung. *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXXV, 48-79, 1900.
73. **Pfeffer, W.**, Ueber die Erzeugung und die physiologische Bedeutung der Amitose. *Berichte der mathematisch-physischen Classe der K. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, (3 de Julio), 1899.

74. **Pronant, A.**, Sur le corpuscule central. *Bulletin de la Société des Sciences de Nancy*, 1894, 2^e S., XIII, 1895
75. — Sur le protoplasma supérieur (archoplasme, kinoplasme, ergastoplasme). *Journal de l'Anatomie et de la Physiologie*, XXXIV, XXXV, 1898 et 1899.
76. **Rabl, C.**, Ueber Zellteilung. *Anatomischer Anzeiger*, IV, 1889.
77. **Reinke, Fr.**, Zum Beweis der trajektorischen Natur der Plasmastrahlungen. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, IX, 1900.
78. — Grundzüge der allgemeinen Anatomie. Wiesbaden, 1901.
79. **Reinke, J.**, Die Welt als That. Umriss einer Weltansicht auf naturwissenschaftliche Grundlage. Berlin, 1899.
80. **Rhumbler, L.**, Versuch einer mechanischen Erklärung der indirekten Zell- und Kernteilung. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, III, 527-613, 1896.
81. — Stammen die Strahlen der Astrosphäre oder ziehen sie? *Ibidem*, IV, 657-730, 1896
82. — Die Mechanik der Zelldurchschnürung nach Meves und nach meiner Auffassung. *Ibidem*, VIII, 535-556, 1898.
83. — Allgemeine Zellmechanik. *Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte* (Merkel und Bonnet), VIII, 545-625, 1899.
84. **Rostafinski, J.**, O podzielnosci jaja (dividua ovi natura) i zaptodnienin u morszcynów. *Osobne odlicie z Rozpraw Akademii Umiejet*, 1877.
85. **Strasburger, Ed.**, Zellbildung und Zelltheilung, 1^{re} edición, Jena, 1875.
86. — Karyokinetiche Probleme. *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXVIII, 1895.
87. **Van Beneden, Ed.**, Recherches sur la maturation de l'œuf, la fécondation et la division cellulaire. *Archives de Biologie*, IV, 1883.
88. — Nouvelles recherches sur la fécondation et la division mitotique chez l'Ascaride mégaloécéphale. *Bulletin de l'Académie Royale de Belgique*, 1887.
89. **Vignon, P.**, Recherches de Cytologie générale sur les épithéliums. *Archives de Zoologie expérimentale*, 3^e série, IX, 371-715, 1901.
90. **Von Rath, O.**, Ueber die Bedeutung der amitotischen Kernteilung in Hoden. *Zoologischer Anzeiger*, XIV, 1891.
91. **Watasé, S.**, On the nature of cell-organization. *Wood's Holl Biological Lectures*, 1893.
92. **Wilson, E. B.**, The Cell in development and inheritance, 2^a edición, New York, 1900.
93. — Experimental Studies in Cytology, II. Some phenomena of fertilization and cell-division in etherized Eggs. III. The effect on cleavage of artificial obliteration of the first cleavage-furrow. *Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen*, XIII, 353-395, 1901.
94. **Winkler Hans.** Ueber Merogonie und Befruchtung. *Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, XXVI, 4^a parte, 1901
95. **Ziegler, H. E.**, Untersuchungen über die Zelltheilung. *Verhandlungen der deutschen zoologischen Gesellschaft*, 62-83, 1895.
96. — Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge der Nematoden. Zugleich ein Beitrag zur Zellenlehre. *Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, LX, 351-410, 1895.
97. **Zimmermann, A.**, Die Morphologie und Physiologie des pflanzlichen Zellkernes, Jena, 1896.

PROPOSICIONES ACCESORIAS

1ª Fisonomía de la vegetación argentina en cada una de sus provincias ó formaciones litogeográficas.

2ª Importancia de los descubrimientos paleontológicos realizados en los últimos años en la Patagonia.

3ª El pampeano es pleistocénico.

4ª Determinación del Azoé en los principios proteicos de los vegetales.

5ª Relaciones que existen entre las soluciones isohídricas.

En la ciudad de Buenos Aires, á veintiseis de marzo de mil novecientos dos, la Comisión examinadora respectiva procedió á examinar la tesis presentada por el ex-alumno ingeniero civil Angel Gallardo para optar el grado de doctor en ciencias naturales, y resolvió aceptarla.

LUIS A. HUERGO.

JUAN J. J. KYLE. — ATANASIO QUIROGA. — E. L. HOLMBERG. — E. AGUIRRE. — M. PUIGGARÍ.

Pedro J. Coni,
Secretario.