

das á reaccionar en el interior del protoplasma.

El *ázo*e predomina en las sustancias plásmicas, á las que se reducen todas las sustancias albuminosas. Sería indudablemente aventurado asimilar las albuminosas á las explosivas, porque la composición de unas y otras es absolutamente diferente; es, sin embargo, un fenómeno digno de ser notado, que la mayor parte de nuestras sustancias explosivas, la pólvora, los fulminantes, están formadas por compuestos *ázo*es.

El *oxígeno*, el más pujante de todos los reactivos, es introducido constantemente en la célula por el proceso respiratorio.

Además, hay en el protoplasma compuestos *isómeros* y *polímeros*, en gran número: formados de los mismos elementos, en igual cantidad absoluta ó relativa, ellos préstanse á múltiples y variadas coordinaciones moleculares, dando así origen, según el común sentir de los químicos, á las propiedades físicas y químicas más diversas.

Finalmente, los compuestos químicos de las sustancias protoplásmicas, son generalmente endotérmicos, siendo por consiguiente de su naturaleza, restituir al medio externo el calórico que debieron absorber para combinarse.

Estas causas, que nosotros no hacemos más que indicar, nos explican cuál debe ser la *extensión* é *intensidad* de esta doble corriente de asi-

milación y desasimilación que constituye la *nutrición* del protoplasma.

No es éste, en su consecuencia, todo el movimiento vital de la vida celular.

El movimiento vital de la nutrición es principalmente de un orden *químico*, y, por tanto, *atómico*, aunque los fenómenos de *polimeria* é *isomeria* que en él se confunden, sean considerados mejor como coordinaciones ó movimientos moleculares.

Existen no obstante otros movimientos *físicos* ó *moleculares* que se producen sin interrupción en el interior de la célula viviente. Es suficiente fijar durante algunos segundos nuestra consideración en el microscopio sobre una porción de la sustancia protoplásmica, para verla cambiar de forma y de sitio, circular por el seno de la célula, probablemente para llevar á todas las partes del tejido celular su alimento apropiado.

A decir verdad, estos movimientos giratorios del protoplasma debieran ser llamados ya *movimientos de la masa*; mas, existen en los seres vivos otros que reclaman con mayor justicia semejante denominación: estos son los movimientos extremadamente varios que los fisiólogos atribuyen á la *irritabilidad del protoplasma*. Tales son las evoluciones de mutación de ciertos seres monocelulares, el amibo, por ejemplo, ó los movimientos «amiboidianos» de organismos

más complicados; tales son los movimientos de contracción de los músculos, las secreciones de las glándulas, las reflexiones que responden á las excitaciones de los términos nerviosos: y otros fenómenos, notablemente extraños, que los biólogos refieren á una propiedad fundamental del protoplasma, á su *excitabilidad* ó *irritabilidad*.

La noción de irritabilidad.

¿En qué consiste la *irritabilidad*?

No es este un término de fácil definición, aunque los filósofos estén generalmente acordes acerca de sus aplicaciones.

La *irritabilidad*, dice Richet, es la propiedad de responder por medio de un movimiento á una fuerza exterior (1).

Ahora bien, la piedra que tropezamos con el

(1) «Este es, prosigue el fisiólogo francés, el carácter fundamental de todo ente viviente. Glisson, y sobre todo Haller, se han valido de esta excelente denominación. Bien comprendida, ella nos dá, en todos sentidos, la explicación de toda la fisiología y, por consiguiente, de la psicología general.»

»La vida de relación de los animales reduce á un término único: la *irritabilidad*, es decir, respuesta á la excitación exterior. La irritabilidad es la *ley* general de la vida: ella comprende á la vez la sensibilidad, ya que un sér no es sensible más que en cuanto es irritable, y el movimiento, admitido que todo movimiento del animal supone la provocación de este movimiento por un agente exterior.»

RICHET. *Essai de psychologie générale*, pág. 9.

pie, responde también con un movimiento á una fuerza exterior. Ella no es, sin embargo, irritable.

Todo lo que vive es *irritable*, escribe Beaunis, es decir, reacciona en presencia de una excitación (1).

Mas, ¿qué no reacciona en presencia de una excitación?

No es la reacción, en cuanto tal, sino modo *especial* de su reacción, lo que caracteriza el tejido viviente.

Se ha dicho que la irritabilidad consiste en poder desarrollar una cantidad considerable de energía bajo la influencia de una causa mínima, que dejaría sensiblemente indiferente una substancia inorgánica.

Podría replicarse: Y la pólvora ¿es irritable? Ella desarrolla, sin embargo, una cantidad considerable de energía bajo una influencia que parece fuera de toda proporción con el resultado que ella determina.

La *cantidad* de la reacción no caracteriza la actividad de los tejidos organizados, sino la *cuantidad*.

¿De dónde este modo de expresarse los fisiólogos?

Considerando más profundamente las cosas, el

(1) *Nouveaux éléments de physiologie humaine*, I, página 361.

tejido orgánico es contráctil. La manifestación más aparente de la contractilidad es la de la fibra muscular. Esta, bajo la influencia de ciertas excitaciones mecánicas, físicas ó químicas, tiene el poder de disminuir su diámetro longitudinal, y aumentar el transversal; este movimiento de la fibra denominase una *contracción* muscular. La fibra contraída puede, en las condiciones normales, volver por sí misma á su estado primitivo, es decir, *aflojarse*. Hay pues, en la actividad del músculo, una alternativa de contracción y aflojamiento, un ritmo muy característico que ha hecho dar al poder característico de la fibra muscular, el nombre de *contractilidad*. Es suficiente conceder á los filamentos del protoplasma celular ó molecular, la facultad de contraerse de una manera análoga á la del músculo, para llegar á atribuir de un modo general á la materia fundamental de la vida orgánica en sus dos reinos, la propiedad denominada *contractilidad*, ó en un término más ámplio, *irritabilidad*.

Irritabilidad del protoplasma.

Afirmándose que, todos los fenómenos producidos en los organismos vivientes, contracción propiamente dicha, secreciones, actividad nerviosa, etc., deben su origen al protoplasma primitivo, más ó menos distinto, parece natural investigar la justificación de las manifestaciones

más variadas de la vida de los organismos superiores por una propiedad atribuida generalmente al protoplasma: ésta es la que se conoce con la elástica denominación de *irritabilidad*. Esta propiedad nada explica verdaderamente; es la designación englobada de un conjunto de propiedades, las propiedades de los tejidos orgánicos, mejor que una definición y aún que una denominación precisa de una propiedad determinada. «La irritabilidad no pertenece, según se ha creído, observa Beaunis, exclusivamente á los elementos contráctiles, es general; todos los elementos dotados de vida la poseen; solamente la reacción, es decir, la manifestación consecutiva á la irritación, varía según la naturaleza del elemento irritado; para la fibra muscular es una contracción; para la célula glandular, una secreción; para la célula epithelial ó connexa, una multiplicación celular; para la célula nerviosa, uno de los diversos modos de su actividad, percepción, sensación ó cualquier otro».

Fases de la vida celular.—Tesis de Weismann.

Cerremos este paréntesis sobre la definición de la irritabilidad para proseguir nuestro análisis del movimiento vital.

Verificanse, pues, en la célula viviente, además de los movimientos *químicos* de la nutrición y de los *físicos* intracelulares del protoplasma, las

mencionadas evoluciones de *la masa* extremadamente variadas y debidas á la irritableidad del protoplasma.

Mas estos mismos movimientos no constituyen todavía un último fin en el funcionamiento de la vida; son *medios* puestos al servicio de la célula que, nutriéndose y haciendo obrar sus tejidos, crece, se divide, se desarrolla, en una palabra, recorre las diferentes fases que constituyen *el curso de la vida en un sér orgánico*.

¿Cuáles son estas diversas fases?

La vida de la célula tiene por término, en los protozoos, una simple división celular. La célula se nutre, crece por la nutrición, y, en un momento determinado, se divide en dos mitades, en todo semejantes á ella, y capaces de multiplicarse á su vez.

Esta parece ser la vida sin término, la vida inmortal. La célula—madre no muere; las dos células—hijas no son más que partes de la célula primitiva que se perpetúa en su descendencia. Tal es la tesis de Weismann (1). Los organismos unicelulares, ha escrito este sabio, son in-

(1) WEISMANN: *La Question de la transmissibilité héréditaire des caractères acquis*. BILOGISCHES CENTRALBLATT, B.^a VI, n. 2. Véase la colección de las principales memorias de Weismann, publicada por Poulton, etc. Oxford, 1891, *Life and Death*, p. 160. Consulte á Delbœuf, *Revue philosophique*, de París, Marzo y Abril de 1891.

mortales; la muerte se presenta solamente en los metazoos; aquellos no tienen más que ciertas células privilegiadas, como son las células reproductoras, que pueden ser consideradas inmortales: las otras, es decir, las células «somáticas» están dotadas únicamente de una existencia efímera; ellas perecen con el individuo á cuya formación han concurrido. Además, en los seres que se reproducen por fecundación, la célula primitiva es el fruto de la unión de dos células—padres, de las que cada una aisladamente sería estéril: la vida de la célula fecundada no está resumida en un número más ó menos considerable de simples divisiones, sino que comprende una serie extremadamente complicada de fenómenos de diferenciación y desenvolvimiento designados en su conjunto con el nombre de evolución embrionaria.

Nosotros estudiaremos más adelante los fenómenos del desenvolvimiento del embrión.

Queremos, sin embargo, considerar ahora el fenómeno primordial de la división celular; poco importa desde luego que la célula que se divide, constituya ella sólo un sér unicelular completo ó que ella sea la primera célula de segmentación de un sér multicelular.

La vida, si hemos de decir verdad, parece, aun en los protozoos, no tener la perpetuidad soñada por Weismann; en efecto, los productos de la

división de la célula primitiva son, tarde ó temprano, impotentes para reproducirse, sino regeneran por medio de un fenómeno de ayuntamiento, su agotada vitalidad (1).

Mas, esto importa poco: lo esencial es notar, que para los que estudiamos los fenómenos de la vida en su conjunto, hay motivo de distinguir en *el curso de la vida de los seres vivientes en general*, los fenómenos de *la división celular*, los

(1) Mr. Maupas ha publicado en los *Archives de Zoologie expérimentale et generale* de Lacaze-Duthiers, año 1888, una Memoria digna de ser recomendada, intitulada *Recherches expérimentales sur la multiplication des infusoires ciliés*, en la que describe los resultados de sus investigaciones sobre los fenómenos sexuales en los protozoos. El ha experimentado singularmente sobre los Styloniquios, *Stylonichia pustulata*. Ha seguido la división de este infusorio hasta la 316 división. Ha visto reducirse cada vez más los productos sucesivos de la división, y á partir de un cierto momento manifestarse menos inclinados á la conjunción, y las uniones, cuando ellas tienen efecto, mostrarse menos afortunadas: hacia la 230 generación, las uniones son ordinariamente estériles; en las subsiguientes, atrofianse los individuos y no se buscan para unirse.

Para que la vida de la especie se perpetúe, es necesario que dos individuos diferentes, que puedan ser considerados como sexuales, se unan y fusionen parcialmente. Estos individuos, llamados sexuales, aparecen hacia la 130 generación. Durante cerca de cincuenta generaciones subsiguientes, las conjunciones son numerosas, y realizada la conjunción, los conjuntos parecen revivificados, pudiendo entonces volver á comenzar el ciclo de las generaciones agotadas.

La inmortalidad de los protozoos es, por consiguiente, sólo aparente. Aquí, como en los dos reinos de la vida orgánica, el individuo nace, vive y muere; únicamente la especie se perpetúa.

de *la fecundación* y los de *la evolución de los embriones*.

Comencemos por la *division celular*.

División celular.—Cariocinesis.

Los citologistas distinguen dos clases principales de división celular: la división *directa* y la división *indirecta*.

La división *directa* nada ofrece de verdadera consideración: es simplemente la escisión de la célula en dos por una especie de extrangulamiento del citoplasma y del núcleo, sin que estos elementos padezcan, en su constitución íntima, ningún cambio notable. La división directa es por lo demás, un estado de excepción en la naturaleza: ciertos biólogos la consideran como una expresión de degeneración patológica de la vida normal de la célula.

Muy otra es la división *indirecta*, denominada también *cariocinesis* (κάρων, núcleo y κίνησις, movimiento), por razón de los extraordinarios fenómenos que se efectúan en el núcleo durante el momento de la división.

¡Qué maravilla! Si no hubiéramos seguido con nuestras observaciones estas sorprendentes fases de la división y multiplicación de la célula, nos resistiríamos á creer en ellas. No es, pues, una fábula: es la historia que repítese á diario millares y millares de veces en la Naturaleza.

«La primera vez que yo fuí testigo de ellas, dice Rindfleisch (1), gracias á la cortesía del profesor Flemming, que puso sus experiencias á mi disposición, hube de preguntarme á mí mismo con estupefacción: ¿Qué es este espíritu que obra allí? ¿Es inteligente la célula?».

Los filamentos de nucleína que, en un núcleo en el estado quiescente, parecen no tener orientación particular, adoptan en el momento en que el núcleo va á dividirse, una disposición determinada; ellos pierden su aspecto habitual y se enrollan en forma de *pelotón*, más ó menos ajustados ó separados, según el grado de adelantamiento de esta *primera fase*, que puede denominarse *de la forma apelonada*.

La concentración, y según todas las apariencias, el aumento de la nucleína determinan una enérgica reacción del elemento nucloso sobre las materias colorantes; esto ayuda á explicar los estadios sucesivos del proceso. En el segundo estadio el *pelotón* se segmenta, plegándose los productos de la segmentación habitualmente en forma de *asas*, lo que ha hecho se les denomine *asas cromáticas*; otros autores los llaman *chromosomas*. Este es el *estadio de segmentación* ó si

(1) RINDFLEISCH: *Arztliche Philosophie*, Festrede gehalten am 2. ten Januar, 1888, im Würzburg. S. 16.

se quiere, de individualización de las cromosomas (1).

Estadio de segmentación.

Esta fase está caracterizada por la formación de una *corona* ó *placa ecuatorial*. En el curso de las dos fases precedentes, un cierto número de filamentos muy ténues, insensibles á las materias colorantes del elemento nucloso, llamados por esto *filamentos acromáticos*, se reúnen en forma de huso. Las *asas cromáticas* deslízanse á lo largo de los filos del huso, ordenándose de dos en dos en torno del huso nucloso. La figura formada por estas *asas* entrecruzadas, simula una especie de estrella ó corona, ó una *placa*, según el aspecto bajo el cual se la considere; esto justifica la denominación adoptada por los biólogos para caracterizar esta parte del proceso de la división celular, *fase de la corona* ó *de la placa ecuatorial*.

Es digno de notarse que, los brazos de estas *asas cromáticas* agrupadas en torno del ecuador, son iguales numéricamente en ambos lados suyos, ocho, doce, diez y seis, veinte y cuatro; generalmente, sino siempre, dice Mr. Ed. Van Beneden, múltiplos de cuatro.

(1) Mr. Vialleton usa esta denominación en un artículo publicado en la *Revue scientifique*, con fecha 28 de Mayo de 1892.

Hemos hasta aquí concentrado toda nuestra atención sobre el núcleo; fijémosla ahora un instante en la célula, porque junto á la cariocinesis, existe en ella la citodieresis, y nada autoriza á afirmar que los fenómenos de la división del núcleo, por ser más aparentes gracias á las substancias colorantes que ha podido encontrarse para explicarlos con claridad, sobrepujen en importancia real á los fenómenos que se verifican en el seno del protoplasma. Acaso pudiera sostenerse todo lo contrario.

Sucede siempre que, en concurrencia con las figuras cariocinéticas descritas hasta el presente, se forman en los polos del huso estrellas acromáticas brillantes, *astros*, según se les ha denominado; ellas se encuentran en las dos extremidades de un asa perpendicular al plano ecuatorial, siendo unidas entre sí por medio del huso acromático. Los dos *astros* serían según la interpretación de Mr. Ed. Van Beneden (1), dos centros de atracción comparables á dos polos magnéticos. El hecho es que su aparición coincide con una regular coordinación de las fibrillas entrecruzadas del protoplasma y de la substancia nuclosa acromática por relación á dichos centros, de la misma manera que un imán provoca la aproximación de la limadura de hierro sobre la hoja de papel en que se encuentra colocado.

(1) *Archives de biologie*, IV, pág. 550.

Por muy numerosos y variados que sean los fenómenos descritos hasta ahora por nosotros, no constituyen una división celular, ni aún una división nuclosa propiamente dicha: estos son los fenómenos *preliminares* á la división del núcleo.

La división del núcleo solo se produce, propiamente hablando, después de la disposición de los filamentos de la redcilla nuclosa en pelotón, y trás de la segmentación de este y de la reunión de los segmentos, en forma de corona, en el ecuador del huso nuclosa.

Las asas cromáticas seccionanse *longitudinalmente*, de modo que cada una de ellas es el origen de dos asas de iguales dimensiones (1).

Proceso de separación.

Este es el fenómeno central de la división celular.

Las fases precedentes estaban destinadas á prepararla: las que siguen tienen por objeto utilizarla para la reconstitución de dos nuevos núcleos y ulteriormente de dos nuevas células.

(1) «Este es, observa Mr. Vialleton, en el artículo anteriormente mencionado, un medio tan elegante como seguro, de dividir la cromatina de las asas en mitades rigurosamente iguales; sería, en efecto, demasiado difícil llegar por otros procedimientos á este fin, siendo ambos brazos de una misma asa con mucha frecuencia desiguales en longitud: y su seccionamiento al nivel del pliegue del asa dará necesariamente fragmentos desiguales. El mecanismo de esta división es acaso favorecido por el

Las asas cromáticas desdobladas aléjanse á partir de este momento del ecuador, doblándose de manera á volver su convexidad hacia los polos, su concavidad hacia el plano ecuatorial: dispuestas de esta suerte, cara á cara, caminan hacia los polos, intentando formar dos coronas análogas á la que formaron juntas en el ecuador; estas son las *coronas polares*, ó para decirlo en una sola palabra, el *dyaster* de Flemming.

Es suficiente entonces que los segmentos se reunan para reformar los filamentos nucleos; fórmase una membrana envolvente, que aísla del cuerpo celular ó citoplasma, la parte central de la célula; entonces queda constituido el nuevo núcleo.

De este modo, se opera la multiplicación del núcleo, bien que la célula permanezca única, dando su nacimiento así á una célula binúclea ó

hecho que las asas serían constituidas por dos líneas paralelas de granos (microsomas de Balbiani) demasiado fácilmente separables: tal vez él reside únicamente en la tracción, en dos opuestos sentidos, ejercida sobre un asa por los filos del huso, conforme veremos luego. Lejos de hacer sin embargo de esta división, el resultado de acciones puramente mecánicas, Boveri, que ha estudiado cuidadosamente la división celular, considera la formación de las asas gemelas, como una manifestación vital personal, un acto de reproducción de los elementos cromáticos; opinión es esta que parece totalmente sostenible, si se considera que la división de un cuerpo preexistente en dos es ciertamente el modo de reproducción más simple y primitivo.

sucesivamente multinúclea, ó ya que la división del núcleo vaya seguida de la división del protoplasma celular y que la célula primitiva engendre de esta suerte, por la formación de un surco circular transversal y como por una especie de estrangulación, dos células distintas y completas (1).

Los núcleos jóvenes y el protoplasma de las células hijas crecen entonces por nutrición, hasta que, en un momento determinado, cada una de ellas vuelve á comenzar por sí propia la serie de transformaciones.

Este proceso de la división celular es el modo elemental de reproducción de los seres inferiores.

En los entes más elevados en la escala de la vida que demandan el concurso de los dos sexos para reproducirse, el fenómeno complicadísimo de la división celular va precedido, conforme hemos notado anteriormente, de una serie de

(1) Mr. Carnoy ha propuesto que se denomine citodiéresis, el fenómeno completo de la división celular; este fenómeno así entendido abraza dos períodos, la división del núcleo ó cariodiéresis y la división parcial ó total del protoplasma ó plasmodiéresis. Los tan notables movimientos de la cariodiéresis son llamados por él, cariocinesis, figuras cariocinéticas, en oposición al modo menos complicado de la división por estrangulamiento ó estenosis. Mr. Carnoy estima además que estas dos maneras de división no son opuestas una á otra más que en apariencia; entre ambas maneras extremas, él establece todas las transiciones y grados de combinación imaginables.