

Estructura de la Materia Viva

Por el Prof.

DR. JOSE LOUSTAU GOMEZ DE MEMBRILLERA

Catedrático de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Murcia

«Si te parece que sabes mucho y entiendes muy bien,
ten por cierto que es aún mucho más lo que ignoras.»

(KEMPS: *Imitación de Cristo*, lib. I, cap. II.)

LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES Y LA BIOLOGIA EN EL SIGLO XIX

En todas las Ciencias experimentales, durante los años transcurridos del actual siglo XX, el trabajo constante y paciente de numerosos investigadores y los nuevos métodos empleados para la exploración del mundo natural, han conducido a resultados sorprendentes. La Ciencia contemporánea alcanza un grado de profundidad, de exactitud y de precisión insospechado para los científicos del siglo XIX.

Hace próximamente cincuenta años, todos creían que las Ciencias físicas y químicas estaban definitivamente constituidas y que, en lo sucesivo, la labor científica quedaría reducida a perfilar algunos detalles, aplicar las leyes y principios generales a los variados y diversos fenómenos naturales, extender y perfeccionar sus aplicaciones prácticas y elaborar una filosofía y una ética congruentes con aquel inmenso y notable progreso científico, del cual se esperaba redimiera a la Humanidad de todas sus miserias morales y materiales.

Los biólogos consideraban que la aplicación de los principios y leyes de la Física y de la Química al estudio de la actividad especial de los organismos resolvería los múltiples y enigmáticos problemas que presentan los seres vivientes.

Para la Ciencia, la vida sólo puede ser considerada como una actividad, extremadamente compleja, pero siempre de naturaleza físico-química. El análisis de cada uno de sus fenómenos indudablemente demuestra que ellos no son distintos a los físicos y químicos cuando se consideran aisladamente; pero se presentan de tal manera enlazados y coordinados que, la mayor parte de las veces, parecen no obedecer a las mismas reglas y leyes aplicables a la Naturaleza inorgánica, sin que, por otra parte, pueda en ellos descubrirse indicio alguno de la existencia de fuerzas o formas de energía especiales del ser viviente.

Muchos naturalistas, sin embargo, aceptaban la existencia de una *fuerza vital* propia de los organismos, pero sin poder revelar, definir ni caracterizar tal hipotética fuerza, que de esta manera no pasaba de ser una idea cómoda para resolver todas las dificultades y explicar todo lo inexplicable.

Pero los más célebres naturalistas del pasado siglo, ante el colosal avance científico de su tiempo, no admitieron esta hipotética fuerza vital y encaminaron sus trabajos a demostrar la no existencia de fenómeno alguno del ser viviente que no pueda ser explicado en los términos materiales y energéticos de las Ciencias físico-químicas. Las investigaciones proseguidas con este propósito fueron realmente fructíferas y, sucesivamente, entraron en el cuadro de los físicos y químicos muchos fenómenos antes atribuidos a la especial acción de la fuerza vital. Sin embargo, todavía hoy, algunos permanecen inexplicables.

A medida que perdían sus puntos de apoyo, las ideas vitalistas retrocedían. Sus adeptos eran cada vez más escasos. Pero la victoria plena no ha podido ser alcanzada por los partidarios o defensores de las teorías físico-químicas de la vida. Subsiste, pues, el vitalismo; pero a costa del abandono del antiguo concepto de fuerza vital, que ha sido sustituido por una *entelequia* o principio espiritual.

De esta manera su posición resulta inatacable, por cuanto las Ciencias naturales son ajenas a estudios o investigaciones de orden metafísico, y no puede existir incompatibilidad entre ideas y explicaciones físicas y metafísicas, si se mantienen dentro de sus respectivas esferas.

En nuestro siglo, el más destacado biólogo antivitalista ha sido LOEB. El más ilustre defensor de este especial vitalismo moderno fué DRIESCH. Ambos, biólogos de primera fila. En España, en estos últimos años, ha gozado de cierto crédito, bien que no entre nuestros naturalistas, el alemán VON OESKÜL, de exageradas ideas ultravitalistas, halagadoras para

ciertos filósofos, pero incurriendo en graves errores de interpretación y falta completa de objetividad, por lo que sus publicaciones carecen de valor científico y han sido justamente censuradas por sus propios compatriotas.

La explicación de los fenómenos de la vida sólo podrá conseguirse si la Ciencia llega a averiguar la estructura de la materia viviente. Cuando sea conocida en todos sus detalles la complicada máquina viva, será posible comprender su funcionamiento. El apasionado debate entre vitalistas y antivitalistas llegará entonces a su fin. Al quedar resuelta la cuestión, en uno o en otro sentido, pasará a los archivos históricos de la Biología, como ha ocurrido con las teorías en pugna de la epigénesis y la preformación, o la de fijeza de las especies y la de evolución, etc.

En la estructura de los seres vivos, se pueden considerar diversos grados, comprendidos en escala progresiva, desde la organización macroscópica hasta la estructura inframicroscópica. Los biólogos, en la medida que lo han permitido los medios de estudio y el ambiente científico de cada época; han investigado sucesivamente estos distintos grados o etapas, persiguiendo alcanzar aquella meta, sin conseguirlo. Falta, para ello, determinar la estructura inframicroscópica de las máquinas vivas, objeto hoy de interesantes estudios.

II

LA ESTRUCTURA CELULAR DE LOS ORGANISMOS

En la antigüedad, hasta bien entrada la Edad Moderna, por falta de elementos técnicos, el hombre sólo pudo investigar la organografía macroscópica, y aun esto con dificultades sin cuento. En el siglo XVI, sin embargo, se había llegado a un conocimiento bastante completo de la Anatomía macroscópica del hombre y de otros muchos seres.

Es ésta la época de difusión por toda Europa de la gran cultura hispánica. Durante la Edad Media, en contraste con la barbarie que reinaba en Europa, se desenvolvió en España una notable civilización científica, gracias a la convivencia de musulmanes, judíos y cristianos, con la consiguiente tolerancia, condición indispensable para todo avance científico. Toda la Ciencia antigua y oriental fué entonces renovada y perfeccionada en nuestra Península, y el progreso en Medicina e Historia Natural alcanzó un grado sorprendente en aquellos tiempos de general ignorancia.

Ya en el siglo XII la civilización científica hispánica inició su expansión. Atraídos por su brillo, vinieron a nuestro país numerosos profesores extranjeros, para estudiar en las escuelas de Córdoba, Sevilla, Toledo, Barcelona, etc. Ante la demanda de publicaciones, se desarrollaron, en estas ciudades, activas escuelas de traductores, ocupados en verter obras y artículos en árabe y español vulgar al latín científico usado entonces. Aquellos estudiosos extranjeros, con los conocimientos adquiridos aquí y cargados de libros, regresaban a sus respectivos países con un bagaje científico nuevo para ellos.

Más tarde, los españoles mismos, especialmente los médicos, en sus excursiones y viajes, llevaron nuestra Ciencia por toda la Cristiandad, lo que en gran parte determinó el resurgir científico del Renacimiento.

Las Universidades de aquellos tiempos, aunque hoy se pretenda en-



salzarlas, no fueron centros de investigación, sino de simple enseñanza de la antigua cultura. En ellas se rechazaba toda innovación, por evidente que fuera, y en realidad sólo sirvieron para mantener el Saber y la Ciencia en un estado de estancamiento lamentable.

Así MIGUEL SERVET y su amigo VESALIO disputaron con los profesores de Medicina de la Universidad de París; que aferrados a la Anatomía de GALENO, se obstinaban en no querer ver lo que nuestros compatriotas claramente les mostraban. (SERVET era valenciano. VESALIO, de familia de médicos, era de Bruselas, ciudad de los Países Bajos españoles, y gracias a su amistad con MIGUEL SERVET y con otros médicos hispanos, sus conocimientos anatómicos rayaron a gran altura. Estuvo después en Italia, donde fué maestro de HARVEY, y pasó a España, donde fué médico de Carlos I—el emperador Carlos V—y de Felipe II).

Tratados completos de Anatomía, que revelan cómo la estructura macroscópica de los organismos llegó a ser bastante bien conocida en el siglo XVI, son el de VESALIO: *Humanis Corporis Fabrica*, juntamente con la *Historia de la Composición del Cuerpo Humano*, de JUAN VALVERDE, que corrige diversos errores de su compañero y amigo VESALIO, según observaciones propias y muy exactas, recogidas en las numerosas disecciones y autópsias por él practicadas.

Después, FABRICIO DE AGUAPENDENTE se propone realizar la coordinación entre Anatomía y Fisiología, para explicar el funcionamiento orgánico como consecuencia de la estructura anatómica macroscópica. Esta labor fué brillantemente continuada, ya en el siglo XVII, por el famoso médico inglés HARVEY, al cual los anglosajones atribuyen el descubrimiento de la circulación de la sangre. Pero esta gran función orgánica era conocida por los españoles hacía ya un siglo, y publicada como noción corriente, por MIGUEL SERVET en 1543 y por FRANCISCO REYNA en 1523, veinte años antes que SERVET y un siglo antes que HARVEY; sin duda éste conoció tal función por VESALIO, la explicó en sus lecciones y la publicó en su país, donde era una novedad, sin indicar la fuente de su conocimiento.

De esta manera la Fisiología se desarrollaba como consecuencia del avance en los estudios de la estructura organográfica; pero el conocimiento de ésta no basta para poder explicar el funcionamiento de los organismos.

Al comenzar el siglo XVII, los hermanos JANSEN inventaron el microscopio compuesto, instrumento muy defectuoso al principio y considerado entonces como objeto curioso. Fué en la segunda mitad de este siglo cuando se le empleó para estudiar la estructura de los seres.

El botánico inglés ROBERT HOOKE perfeccionó en 1660 el microscopio primitivo, al ser encargado por la Real Sociedad de Londres de

comprobar la exactitud de los descubrimientos de LEEUWENHOEK. Observando HOOKE con su instrumento laminillas de corcho y otros tejidos vegetales, descubrió que estaban constituidos por pequeñas celdillas yuxtapuestas, a las que llamó células, por compararlas a las celdas de los panales de abejas. En 1661, HENSHAW, con el microscopio de HOOKE, descubrió los vasos anulares y espirales. En 1667 publicó HOOKE su libro de *Micrographia*, el primero de estos estudios.

Después, en 1671, el sabio inglés GREW y el italiano MALPICHİ comunicaron a la R. S. de Londres sus trabajos y descubrimientos acerca de la estructura celular de los seres. GREW estudió, sobre todo, la estructura de los vegetales. MALPICHİ comparaba la estructura de las plantas con la de los animales. Estos sabios del siglo XVII fueron, realmente, los que establecieron el principio fundamental de que los seres y todos sus tejidos están constituidos por células, pero incurrieron en grandes errores en sus interpretaciones fisiológicas.

Por la misma época, el comerciante holandés LEEUWENHOEK se hizo famoso por su descubrimiento de los microorganismos. No utilizaba el microscopio de JANSEN, sino lentes y combinaciones de lentes, que él mismo construía para sus observaciones; y no sólo descubrió las bacterias, los infusorios, las algas unicelulares, etc., sino también los glóbulos de la sangre, los espermatozoos y otros muchos elementos orgánicos.

Tan sensacionales descubrimientos se divulgaron lentamente entre médicos y biólogos; la mayoría los acogía con desconfianza; y en las discusiones y controversias que se suscitaban, muchos defendían las concepciones anatómicas antiguas. Los microscopios, muy escasos e imperfectos, eran considerados como curiosos aparatos, para distraer el ocio de los magnates (el marqués de Spínola adquirió dos en Holanda, para regalar uno al Papa y el otro al rey de España). No es, pues, extraño que los biólogos no pudieran usar este fundamental instrumento de investigación, sino en casos excepcionales, y que la técnica micrográfica fuera rudimentaria.

En el siglo XVIII fué ya considerable el número de investigadores dedicados a las Ciencias biológicas; pero cultivaron preferentemente la Morfología general, Organografía, Zoografía, Botánica descriptiva, etc. Avanzó mucho la Fisiología vegetal y animal y la exploración científica de las diversas regiones de la Tierra fué muy intenta y fructífera, como consecuencia de la obra sistematizadora del gran naturalista LINNEO.

Comenzaron a establecerse los primeros laboratorios de Biología, llamados entonces gabinetes. En ellos se celebraban reuniones de científicos, para comunicarse entre sí sus impresiones, descubrimientos, interpretaciones de los hechos y fenómenos observados, etc. Pero los aparatos eran todavía muy escasos. Un gran Centro universitario o una gran



Sociedad científica, en su gabinete biológico, poseía un solo microscopio, al cual, por riguroso turno, se asomaban todos los asistentes para gozar de los portentos que mostraba el compañero que había conseguido obtener una preparación extraordinaria.

A los ojos atónitos de aquellos románticos de la Ciencia se presentaban insospechadas maravillas, tales como los infusorios que viven en una gota de agua, la disposición de las células de un epitelio pavimentoso, el delicado encaje que dibujan las de un parénquima vegetal, las formas y esculturas de los granos de polen, las escamillas de las alas de Lepidópteros, el fino labrado de las frústulas silíceas de las Diatomeas, las fantásticas de los esqueletos concéntricos de Radiolarios y tantas otras estructuras extraordinarias.

Así se despertó un gran interés por la micrografía y, entre los biólogos, se generalizó la idea de que el microscopio, perfeccionándose y con ayuda de una técnica adecuada, constituiría el instrumento de investigación que, plenamente, revelara al hombre la estructura íntima de los seres vivos, y de ello, lógicamente se obtendría la explicación completa de los fenómenos de la vida.

III

LA ESTRUCTURA MICROSCOPICA DE LAS CELULAS

En el siglo XIX, después de terminadas las guerras napoleónicas y coincidiendo con el resurgir de todas las ciencias experimentales, comienza el desenvolvimiento de la técnica micrográfica moderna, con los métodos de inclusiones, de coloración, micromanipulación, etc. Y se llegó a alcanzar tal grado de perfección en la óptica y mecánica de los microscopios y en sus aparatos auxiliares (tales como cámaras claras, microtomos, micromanipuladores, etc.), así como en el empleo de reactivos fijadores, colorantes, etc., y recursos varios de la micrografía, que todo parecía indicar se llegaría rápidamente a conocer, en todos sus detalles, la organización protoplásmica.

Pero, a la vez, quedó plenamente demostrado el limitado poder amplificante de los aparatos, imposible de sobrepasar, por depender de las longitudes de onda de las radiaciones luminosas. El ultramicroscopio revela corpúsculos o partículas mucho más pequeñas, pero sin precisión morfológica.

El avance conseguido con el empleo de los métodos micrográficos fué extraordinario. La *teoría celular*, realmente establecida ya por MALPIGHI, fué plenamente comprobada y aceptada. La paternidad de esta teoría la atribuyen los alemanes (y cuantos no conocen más ciencia que la alemana) a su botánico SCHLEIDEN, en 1838, y a su zoólogo SCHWAN, en 1839. No es ocasión de indicar aquí los errores en que incurrieron estos científicos alemanes al pretender explicar el origen de las células.

EHRENBERG, en 1838, publica sus notables trabajos sobre organismos unicelulares, y sucesivamente, ilustres investigadores descubren diversas estructuras intracelulares y estudian una verdadera fisiología celular. Mención especial merecen VIRCHOW, que demostró que una célula procede siempre de otra anterior (refutando las ideas de SCHLEIDEN

y de SCHWAN) y PASTEUR, que, definitivamente, alejó de la Ciencia toda idea de generación espontánea, demostrando que hasta los microorganismos más sencillos proceden de gérmenes preexistentes.

Estableciendo sólidamente el principio de la constitución celular de los seres vivos, se demostró igualmente que la célula es la unidad viviente mínima. La materia viva que constituye un ser siempre está distribuída en estas unidades microscópicas o células. Si el ser es de gran tamaño, está formado de millones o billones de estas unidades. Los pequeños organismos sólo constan de una célula o de un corto número de células.

El ser unicelular presenta y desarrolla todas las actividades y fenómenos especiales de la vida, como el pluricelular. Pero en éste puede alcanzarse mayor perfección y complicación en su funcionamiento o en alguna particular actividad, gracias a la diferenciación celular, cuyo efecto se compara al de la distribución del trabajo en una gran fábrica moderna, que se traduce en mayor rendimiento y mayor perfección en el trabajo realizado.

La morfología y fisiología celular fueron activamente investigadas durante la segunda mitad del pasado siglo, con sujeción a estos fundamentales principios. La Histología alcanzó todo su gran desarrollo. La multiplicación celular, génesis de los tejidos, Embriología, etc., se estudiaron detalladamente, consiguiéndose, mediante ingeniosos recursos técnicos, vencer las numerosas dificultades que ofrecía tal estudio. A la vez, se observaban y analizaban, por todos los medios posibles, los seres unicelulares, surgiendo como consecuencia ciencias nuevas y vigorosas, tan importantes como la Bacteriología y Microbiología.

En el curso de estos tan fecundos y notables trabajos, esforzábanse los biólogos por revelar, en todos sus detalles, la estructura fundamental del protoplasma o materia viva que ocupa la cavidad celular. La observación *in vivo* de esta detallada morfología del protoplasma resulta en extremo difícil, cuando no imposible, por la escasa o nula diferencia entre los índices de refracción de sus diferentes partes o regiones, así como por la extraordinaria inestabilidad de la materia viviente, tan embarazosa para la microdissección y, en general, para toda micromanipulación.

Por esto, los citólogos no pudieron prescindir del empleo de reactivos fijadores y de colorantes histológicos, que al matar al protoplasma determinan en él alteraciones estructurales más o menos intensas. El solo hecho de la muerte implica ya una profunda e instantánea alteración estructural. Analizando las posibles alteraciones provocadas por los procedimientos técnicos seguidos en cada caso, aquellos citólogos



del pasado siglo llegaron a concebir la estructura microscópica del protoplasma, aunque no unánimemente, expresándola en teorías.

Las más conocidas, por ser las que gozaron de más boga y tuvieron más partidarios, son: la teoría *reticular* del gran botánico STRASBURGER, la *filar* o *fibrilar* de FLEMMING (derivada de la anterior y perfeccionada por RETZIUS), la *alveolar* o *esponjosa* de BÜTSCHLI, la *esferular* de KUNSTLER y de HABERLAND, la *granular* de ALTMAN, la *micelar* de NAEGELI (perfeccionada por WEISSMANN y HERTWIG), la *simbiótica* de PORTIER (de la que deriva la reciente de PIERANTONI), y la de WIENER y otras menos importantes.

En la última década del siglo XIX se adquiere plenamente el concepto de célula o unidad viva mínima, como asociación complicada y coordinada de diversas partes u orgánulos, que gozan de una cierta autonomía dentro del conjunto armónico celular. La célula es una máquina compuesta de numerosas pequeñas piezas que, teniendo cada una sus características morfológicas y funcionales propias, no pueden existir ni funcionar aisladamente. La vida es una actividad compleja, resultante del funcionamiento especial, pero armónicamente combinado, de estas distintas piezas, indisolublemente ligadas.

También los grandes progresos de la Química permitieron determinar la compleja composición del protoplasma, en la que intervienen numerosas especies de proteínas, de lipoides, de hidratos de carbono, otras sustancias orgánicas diversas, sales minerales y gran proporción de agua. La físico-química de la materia viva se investiga con intensidad, estudiándose el protoplasma como complejo coloidal; pero, en este orden, los conocimientos no alcanzan aún el grado suficiente para relacionar cumplidamente la estructura y composición con la actividad o funcionamiento total de la materia viviente.

Tan numerosas e intensas investigaciones citológicas no sólo hicieron avanzar en proporciones gigantescas los conocimientos morfológicos e histológicos del mundo viviente, sino los de Fisiología general, Ecología y actividad vital, en todas sus manifestaciones.

Las observaciones de estructuras de células en distintos tejidos orgánicos y en diferentes seres permitieron la explicación de muchos fenómenos biológicos, antes enigmáticos. Entre los más notables estudios de esta naturaleza sobresalen los del famoso histólogo español SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL (1852-1933) acerca del sistema nervioso de los animales Vertebrados e Invertebrados, las neuronas, sus relaciones y conexiones, marcha de la corriente nerviosa, terminaciones sensitivas, motrices, glandulares, etc. Todos los numerosos y geniales estudios de este biólogo español, que sin disputa es el más eminente histólogo del mundo moderno, fueron micrográficos. El microscopio y la técnica, que de manera

insuperable él supo manejar, le revelaron la estructura de las neuronas, de sus axones y prolongaciones citoplásmicas, sus conexiones en sinapsis y tantos otros descubrimientos, que permitieron comprender y aun deducir el funcionamiento complejo de este sistema. Entre sus notables discípulos destaca, como otra gran gloria española, RÍO HORTEGA (1892-1945), que estudió las neuroglías.

Del mismo modo, en numerosos casos, las investigaciones micrográficas proporcionaron a la Ciencia la explicación de otros muchos fenómenos de la vida, antes enigmáticos, en los seres de ambos reinos, y tanto en los unicelulares como en los pluricelulares. Por brevedad, no indicamos en detalle cuánto deben a estos métodos micrográficos nuestros actuales conocimientos biológicos sobre la actividad fisiológica y ecológica de los organismos.

A pesar de su limitado poder amplificante, el microscopio, como instrumento de observación e investigación en las Ciencias Naturales, no sólo no ha defraudado las esperanzas que su empleo, al generalizarse y perfeccionarse, hizo concebir, sino que ha ensanchado y ampliado el concepto de actividad viviente al revelar múltiples fenómenos, sin él imposibles de percibir.

Sin embargo, esto no es más que un resultado parcial. La actividad viviente se nos muestra aún enigmática en muchas de sus esenciales características. La maravillosa máquina química natural que es la célula se nos ha revelado como un conjunto complicado, pero armónico, compuesto de diversas y variadas piezas. Funciones y actividades especiales de estas piezas han podido ser observadas y analizadas. Pero todo parece demostrar que ellas, a su vez, constituyen mecanismos complicados, cuya trama no puede ser percibida por el microscopio ni, hasta hoy, por instrumento conocido de exploración. No obstante su enorme poder amplificante, el hipermicroscopio o microscopio electrónico no es utilizable para la observación de la materia viviente, por cuanto los rayos electrónicos, y el vacío necesario en el aparato, determinan inmediatamente la muerte de la célula y el consiguiente cambio brusco de su estructura. Y es indudable que detrás o más allá de la estructura microscópica hay otra inframicroscópica desconocida, donde se oculta la clave explicativa de los fenómenos fundamentales de la vida.

IV

**LA CRÍTICA DE LA ESTRUCTURA PROTOPLÁSMICA
Y LA IDEA DE LA HOMOGENEIDAD**

Lo anteriormente dicho acerca de las limitaciones de los métodos micrográficos y, sobre todo, las inexplicables discordancias entre las leyes físico-químicas y los fenómenos vitales, fueron, sin duda, los determinantes de la crítica de los métodos de investigación empleados por los biólogos. Esta crítica, de carácter negativo, fué iniciada en 1899 por HARDY y FISCHER, continuada poco después por MAYER y SCHÄEFFER y extendida progresivamente por otros muchos. Así, al comenzar el siglo XX, la mayoría de los biólogos llegaron a desechar todas las teorías del XIX sobre la estructura citoplásmica, generalizándose, en cambio, el dogma de la homogeneidad.

Las teorías del siglo XIX sobre la estructura protoplásmica se basaron en las imágenes microscópicas obtenidas tras el empleo de fijadores y colorantes. La observación *in vivo* sólo revela, por su distinta refringencia, el núcleo, el nucleolo, los plastidios, las vacuolas y los productos varios que constituyen el llamado paraplasma, y todo ello sin grandes detalles morfológicos. El citoplasma vivo, que rodea e incluye a todos estos elementos, aparece perfectamente homogéneo ópticamente.

En ensayos de laboratorio, consistentes en coagular soluciones de proteínas mediante los reactivos fijadores, aparecen imágenes microscópicas muy semejantes a las ofrecidas por el citoplasma celular, previamente tratado por el mismo reactivo. Trabajos de microdissección y micromanipulación parecían demostrar, muchas veces, tal falta de definida estructura; y como otras experiencias y observaciones lo corroboraban, fueron abandonadas las teorías sobre la estructura citoplásmica, generalizándose la creencia en la homogeneidad.



Otro tanto ocurrió respecto al núcleo y al nucleolo. Detalladamente hemos tratado de ello en nuestro trabajo *Estudios sobre el Nucleolo en Células Vegetales*, publicado en *Anales de la Universidad de Murcia*, año 1943, págs. 1-130.

Al terminar el siglo XIX ocurre, pues, en el campo de la Citología un fenómeno parecido al que conmovió entonces a todas las Ciencias experimentales.

En las físico-químicas, el punto de partida de la crisis de la Ciencia del siglo XIX fué el descubrimiento, en diciembre de 1895, de los rayos ROENGENT y el de la radioactividad, por BECQUEREL, en el año siguiente.

Las investigaciones subsiguientes determinaron el abandono del concepto de átomo como unidad última e indivisible de la materia. Se demostró que tiene una estructura complicada. Se investigó la naturaleza de las radiaciones. Se establecieron las relaciones entre materia y energía, etc., y, recientemente, se llegó a la transformación de unos elementos en otros, obtención de elementos nuevos y liberación de la energía atómica. Por otra parte, el empleo de los rayos X o Roengent como instrumento de investigación ha obligado a cambiar radicalmente las ideas del siglo pasado sobre la estructura molecular.

Radioactividad y rayos Roengent, diestramente manejados mediante aparatos, no sólo potentes, sino de gran precisión, han sido los determinantes de una verdadera revolución en el campo de las ideas científicas. El empleo de los rayos X para el estudio de la estructura molecular comenzó en 1912, como consecuencia de trabajos de LAUE y sus discípulos, que trataban de obtener espectros de difracción de estos rayos.

Ante la imposibilidad de conseguir artificialmente retículos suficientemente finos para ello, LAUE imaginó utilizar los retículos naturales, que constituyen las redes cristalinas, de ser cierta la teoría de HAÜY, perfeccionada por BRAVAIS, sobre la estructura de los cristales. El éxito coronó la experiencia, y los retículos cristalinos determinaron el espectro de difracción, que hasta entonces no había sido conseguido. A la vez, quedaba demostrada la legitimidad de la teoría reticular de los cristales.

Pero la sorpresa la constituyó el hecho, inesperado, de revelarse que no eran moléculas cristalinas ni moléculas químicas las que formaban la red, sino que los nudos de ésta estaban ocupados por iones o por átomos. Inmediatamente BRAGG, con su famoso espectrógrafo, comenzó el estudio estructural de los más diversos cristales, mediante los espectros de difracción de los rayos X. Más tarde, perfeccionada la técnica, se han estudiado otras estructuras iónicas, monoatómicas, amorfas y coloidales.

El resultado más sorprendente y fecundo de las investigaciones científicas de nuestro siglo es, seguramente, el haber revelado la estruc-



tura de la materia y la naturaleza de las radiaciones. Se ha determinado la estructura y forma de moléculas orgánicas complejísimas, las variadas que ofrecen las partículas coloidales, globosas, cateniformes, ramificadas, cíclicas, etc., con modalidades muy diversas, que dan perfecta razón de muchas de las propiedades, antes inexplicables, de tales sustancias. Para los físicos y químicos actuales no existe secreto alguno en este orden.

No es extraño, pues, que los pocos versados en estudios de fisiología celular se extrañen de que esté aún por determinar la estructura de la materia viva. Algunos hasta consideran que las Ciencias biológicas se hallan en estado de gran retraso y que, en su campo, el avance o progreso del siglo XX apenas se ha hecho notar.

La realidad es que en las ciencias de la vida los avances conseguidos en nuestro siglo, y precisamente mediante métodos biológicos y no físico-químicos, son de proporciones colosales, aunque no revestidos de los caracteres espectaculares que tanta popularidad han dado a ciertas investigaciones físicas de estos últimos años.

En el siglo XX ha nacido y se ha desarrollado plenamente una nueva y vigorosa rama de la Biología, la Genética, cuya importancia y trascendencia es enorme para el futuro de la vida humana. Pero, por esto mismo, al conmover profundamente los cimientos sobre los que se asientan muchas concepciones sociales, morales y aun políticas, inspira un especial recelo y se procura, por todos los medios, ocultar sus progresos y sus conclusiones.

Pero además, en lo que afecta al objeto especial de este artículo, a la Genética se deben nuestros conocimientos de la estructura nuclear y especialmente de la cromosómica, y la razón de ser de un gran número de fenómenos celulares, antes completamente inexplicables.

La Microbiología, que nació en la segunda mitad del pasado siglo, iniciada entusiásticamente por PASTEUR y KOCH, con sus eminentes discípulos, colaboradores y continuadores, entre los que descuellan españoles como FERRÁN, LETAMENDI, TURRÓ y otros, ha experimentado en la presente centuria progresos notabilísimos, que han afectado tanto a la Medicina y a la Agricultura como a la Química y aplicaciones a las numerosas industrias que se sirven de las fermentaciones.

El estudio de la naturaleza y acción de los fermentos, tan útil en la ciencia y en la práctica, arrancó de estudios biológicos en microorganismos y es hoy fundamental en toda investigación fisiológica y en la exploración estructural de la materia viva. Estos y otros descubrimientos análogos han convertido la Fisiología vegetal y animal de nuestro tiempo en una ciencia nueva, si se compara con la Fisiología del siglo XIX.



Otros casos podríamos citar demostrativos del insuperable avance de las Ciencias biológicas durante el siglo XX. Progreso logrado a pesar de que el camino seguido por los investigadores en Ciencias Naturales no siempre es el que lógicamente convendría elegir para evitar obstáculos y tropiezos perturbadores. De antiguo, en efecto, el natural deseo de conocerse a sí mismo y necesidad de atender la salud, tan frecuentemente perturbada, ha obligado a abordar el estudio de la vida precisamente donde sus fenómenos ofrecen caracteres secundarios, que ocultan o velan los esenciales y fundamentales. O, en otros casos, por intereses económicos o industriales, la investigación se ha dirigido solamente a determinados fenómenos y en ciertas especies.

V

ACTUAL CONCEPTO ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL DE LA CELULA

En las Ciencias físico-químicas, las nuevas concepciones de la materia han sustituido a las antiguas, porque los perfeccionamientos en los medios de investigación revelaron una realidad estructural diferente a la admitida por la ciencia del siglo XIX. Una idea más exacta ha reemplazado a la anterior, sin dejar un hiato o vacío entre ellas.

Pero no ha sido éste el caso tratándose de la estructura de la materia viva. Aquí la crítica fué, meramente negativa, proponiéndose destruir los conceptos del XIX, sin reemplazarlos por otros, sino simplemente negándolos. De este modo, los investigadores, ofuscados por los razonamientos de aquella crítica, se encontraron en un estado especial de perplejidad. Por una parte, observaciones y experiencias repetidas y diversas demostraban la falsedad de las antiguas concepciones; pero, por otra, hechos y experiencias distintas contradecían la teoría negativa de la homogeneidad, sin que fuera posible armonizar una y otra cosa.

Es natural, pues, que los cultivadores de la Citología se dividieran en partidarios y en contradictores de la homogeneidad; pero reconociendo todos que numerosos fenómenos resultaban enigmáticos y misteriosos si la materia viva era homogénea.

La revisión se emprendió multiplicando las observaciones *in vivo*, los trabajos de micromanipulación y el estudio detallado de la acción de muy distintos fijadores. No cabe duda que estos reactivos, al matar el protoplasma, provocan una gran alteración; pero de esto a suponer que crean una estructura, con notable constancia, donde no la hay, media un abismo. Los micrografos emprendieron la difícil labor de deducir, en cada caso y especie, cuál es la parte real y cuál la aparente que el reactivo provoca. Se combinan observaciones *in vivo* e *in vitro*, y lentamente, desde 1930, se va reconstruyendo el concepto de estruc-



tura microscópica de la célula, poco diferente del profesado en el siglo XIX, sin que por ello dejen sus posiciones varios acérrimos partidarios de la homogeneidad.

Ya en la primera decena de nuestro siglo los estudios de BENDA y de MEVES demostraron la realidad de la existencia de los elementos del

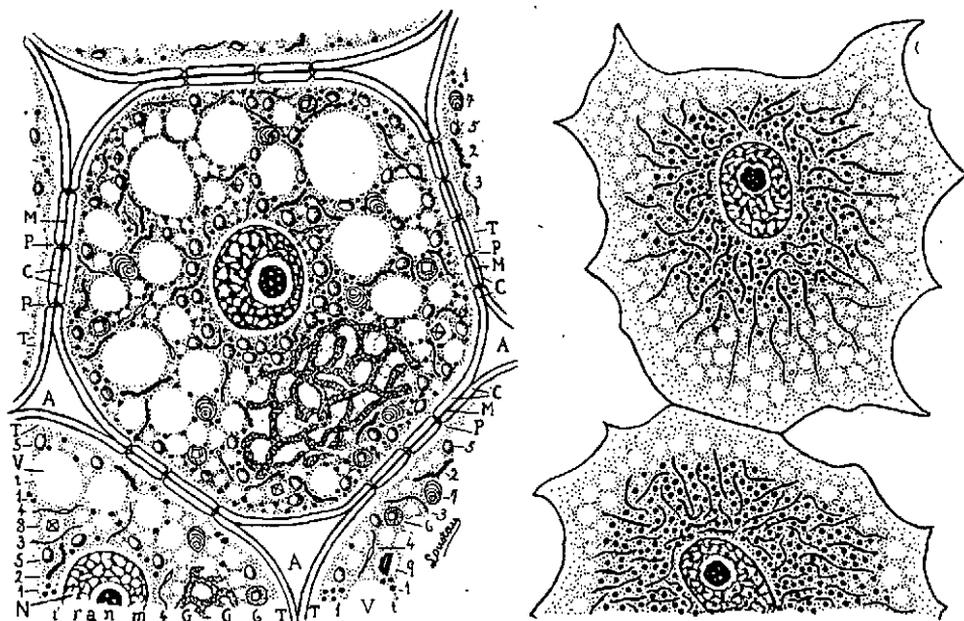


FIGURA 1.—Célula vegetal parenquimatosa y sus conexiones con las células adyuntas del mismo tejido ($\times 700$). En el centro, el núcleo, mostrando la red cromática, el nucleolo y la aureola que lo bordea.—A, meatus o pequeños espacios intercelulares ocupados por el aire.—M, membrana péctica, interpuesta entre las membranas celulósicas, C, propias de cada célula.—P, plasmodesmo, que establecen la continuidad entre los citoplasmas de las células adyuntas.—T, capa hialina, periférica, de tonoplasto.—G, aparato de Golgi.—V, vacuolas.—N, núcleo, con: r, red cromática; a, aureola del nucleolo; n, nucleolo, y m, membrana nuclear.—I, mitocondrias.—2, condriocentos.—3, condriomitos.—4, mitocondrias transformándose en plastidios.—5, plastidios.—6, granos de aleurona (reserva albuminoidea) con cristaloides.—7, granos de almidón.—8, cristales de oxalato cálcico.—9, oxalato cálcico en rafides (haz de agujas).—Los microsomas están representados por finos puntos.

FIGURA 2.—Células de un cultivo de tejidos animales (corazón embrionario de pollo), mostrando el aspecto y desarrollo del condrioma (mitocondrias y condriocentos), los microsomas (pequeños gránulos) y núcleo (con su red cromática y nucleolo).

condrioma, con observaciones *in vivo*; resultaban, pues, exactas las conclusiones de ALTMANN, en 1890, sobre los bioblastos por él descubiertos y rotundamente negados después. Pero fueron SEIFRITZ en 1925 y 1930, WILSON en 1926, LEBLOND en 1928, COSMOVICI en 1934 y CHADEFAUD

en 1933 y 1935, los que, con múltiples observaciones, demostraban la realidad de la estructura protoplásmica. Por otra parte, los más eminentes citólogos, como RAMÓN Y CAJAL, nunca aceptaron la idea de la homogeneidad.

Con nuevos métodos HIRT y sus colaboradores, en 1938 y 1939, observaron al microscopio de luminiscencia tejidos vivos de animales de sangre caliente y de animales de sangre fría. Sus observaciones demostraron que las células vivas poseen realmente la estructura que presentan en las preparaciones fijadas. Por consiguiente, estas estructuras, que tan discutidas fueron, son formaciones reales y no artefactos provocados por la acción química de los fijadores.

La rápida reseña expuesta basta para comprender que, desde 1890 hasta 1940, los trabajos sobre morfología y funcionamiento del protoplasma han estado influidos por la duda acerca de la realidad de la existencia de todos o de algunos de los orgánulos o piezas vivas celulares. Aunque la cuestión está hoy resuelta en el sentido afirmativo, aún restan algunos contradictorios.

Se comprende que sin el previo conocimiento de la estructura microscópica no era posible investigar con fruto la inframicroscópica. Plenamente conocida y ya aceptada la primera, los investigadores pueden abordar resueltamente el estudio de la segunda, que es la fundamental y más fina, cuyo conocimiento, cuando se alcance, descubrirá el mecanismo de fenómenos vitales, envueltos hoy en el más oscuro misterio.

Brevemente, y sin detalles, indicaremos la estructura microscópica, ya bien demostrada y admitida. Común en lo fundamental, se presentan variaciones de unas células a otras, según el ser o tejido a que pertenezcan. Esto, que dió lugar a las distintas teorías del siglo pasado, se debe al desarrollo, más o menos preponderante, de unos u otros orgánulos, según la actividad especial que la célula desenvuelva o según sus condiciones de vida, en el caso de los seres unicelulares.

En la FIG. 1 representamos la estructura microscópica de una célula parenquimatosa vegetal y sus relaciones y conexiones con las adjuntas del mismo tejido. La FIG. 2 expresa el aspecto de células de un cultivo de corazón embrionario de pollo.

En el *protoplasma* o conjunto vivo que ocupa toda la cavidad celular, se destaca claramente, tanto *in vivo* como *in vitro*, un gran corpúsculo, el *núcleo*, redondeado u oval y claramente separado, por una fina membrana, del protoplasma que lo incluye y circunda. La realidad de la existencia del núcleo, como órgano celular bien distinto y característico, ha sido siempre reconocida. Si al protoplasma se le priva del núcleo, no tarda en morir. En las Bacterias y en las Oscilariáceas no se percibe un núcleo bien distinto morfológicamente; pero se ha recono-



cido que no falta en ellas la materia nuclear, pues se halla fragmentada y esparcida.

En el seno del núcleo se halla un corpúsculo, el *nucleolo*, bien perceptible aun *in vivo*; con frecuencia hay dos, tres y aun más nucleolos. Con fijación y coloración adecuadas, se percibe bien el retículo nuclear. Este retículo está formado por los elementos más interesantes de los constituyentes del núcleo, los *cromosomas*. Poco ostensibles en la fase de la vida celular representada en las Figs. 1 y 2, lo son mucho en las fases *cinéticas*, que representamos en las Figs. 6 y 7. Más tarde hemos de aludir a las relaciones del núcleo con el resto del protoplasma o *citoplasma*.

En este *citoplasma*, es decir, el protoplasma fuera del núcleo, se distingue una materia viva fundamental, que engloba a varios otros orgánulos celulares. Un conjunto de ellos constituyen el sistema denominado *condrioma*; sus elementos se llaman *condriosomas* y son corpúsculos de varias formas y tamaños, diciéndose *mitocondrias* si son redondeados, *condriomitos* si aparecen como gránulos dispuestos en cadena o rosario y *condriocontos* si son bacilares, más o menos alargados, ya rectos, ya flexuosos y aun ramificados. La realidad de la existencia del condrioma fué muy discutida, no obstante ser muchas veces perceptible *in vivo*; pero, plenamente demostrada, ha sido objeto de importantes estudios.

En las células vegetales, el citoplasma contiene otros corpúsculos, de ordinarios redondeados u ovals, de mayor tamaño que las mitocondrias y siempre muy perceptibles. Tales son los *Plastidios*, llamados también *plasmitos*, *leucitos*, etc. Ellos desempeñan importantes funciones asimiladoras, y eminentes citólogos, como GUILLIERMOND, MANGENOT y otros, han demostrado que derivan de condriosomas especiales del Reino vegetal.

Los *dictiosomas* son los elementos que constituyen otro importante sistema citoplásmico, el llamado *Aparato de Golgi*, que puede presentar aspectos muy distintos, entre ellos el que, fragmentariamente, representamos en la célula de la FIG. 1.

Las *vacuolas* se muestran como cavidades redondeadas, ovals o elípticas, a veces muy grandes, especialmente en los vegetales. En general, están ocupadas por un líquido, jugo vacuolar o celular; pero es indudable que las hay de muy diversa naturaleza. Son órganos vivientes dentro del conjunto celular. Unas son productoras de enzimas, otras son acuíferas, o reservorios de ácidos o de otras sustancias, o bien constituyen lugares de acumulación de materias elaboradas para reservas o de sustancias de desasimilación, etc. Las vacuolas alimenticias de los Protozoarios y de los Espongiarios son verdaderos estómagos intracelulares, circu-



lantes por el citoplasma, que desaparecen cuando termina su función digestiva, formándose otras nuevas, a medida que lo requieren las necesidades de esta alimentación vacuolar.

En la materia fundamental citoplásmica se pueden percibir tenues fibrillas y, además, numerosos y pequeños gránulos, llamados *microsommas*, no perceptibles *in vivo* sino únicamente tras fijación y coloración. Aunque muchos los consideran como artefactos provocados por los reactivos fijadores, la realidad de su existencia se ha demostrado indirectamente por interesantes fenómenos biológicos.

Otras formaciones que se hallan en el seno del citoplasma se designan con el término general de *paraplasma*, considerándolas como sustancias de reserva no vivientes o como productos de desecho. Tal ocurre con los granos de almidón, aleurona, etc., tan frecuentes en las células vegetales; los glóbulos de grasa, que son más comunes en las animales; cristalitas, ciertas sales concrecionadas, etc. En muchos casos es discutible si deben considerarse como no vivientes todas las distintas formaciones que se califican de paraplasma.

Pero en la descripción de una máquina no basta enumerar y reseñar las distintas y variadas piezas que la integran, sino que es fundamental la indicación del modo cómo tales piezas se relacionan unas con otras para formar la unidad, constituida por su conjunto.

Tal descripción no es posible en la célula. Es ésta una máquina química natural y automática, en la cual el engarce y las relaciones entre sus diferentes piezas varía continuamente; de tal modo, que las relaciones y posiciones respectivas de sus variados orgánulos cambia de un momento a otro. Por consiguiente, la estructura se transforma sucesivamente. La velocidad de la transformación es distinta de unos seres a otros y, para el mismo ser, varía según el estado o momento de su existencia.

La célula es una máquina que evoluciona de un modo continuo e irreversible. Su duración es limitada, aunque con grandes diferencias de tiempo, según las especies. Cada célula, considerada como individuo, tiene un marcado tiempo de vida, del que no puede pasar. Desde que comienza hasta que termina, su organización y, por consiguiente, su actividad varía, siguiendo las etapas de aquel ciclo irreversible. Su estructura, momento a momento, va cambiando. Nunca es idéntica a la que fué en un instante anterior. Al describirla y estudiarla nos referimos, pues, o a un momento determinado o a lo que nos parece el aspecto medianó o modal de una serie de fases sucesivas.

La estructura protoplásmica es, pues, dinámica. No es representable por el dibujo o la fotografía, sino por la cinta cinematográfica. No cabe duda de que, si ya la estructura microscópica ofrece estos caracte-

res dinámicos, la inframicroscópica ha de acusarlos más profundamente, y nunca podrá ser comparable a la que presenta un cristal, una molécula de celulosa o una gran micela de esta o aquella proteína inerte. Esta es la razón de que los métodos, tan perfectos, que han permitido a los investigadores determinar con precisión la estructura de las sustancias inertes más complejas, sean inaplicables para el estudio de la materia viviente.

Interésa desde ahora hacer constar que esta evolución irreversible de toda materia viva no implica precisamente su muerte. Aunque nos parezca extraño, la muerte de los organismos es un carácter adquirido, como consecuencia de la diferenciación, en los seres pluricelulares; por consiguiente, no existe como hecho natural en los unicelulares.

El ciclo normal de vida celular llega necesariamente a un estado en el cual se manifiesta un cambio profundo en la actividad vital, con modificaciones morfológicas extraordinarias y sucesivas, que dan por resultado final la formación de nuevas células jóvenes a expensas de la antigua, que en tal momento desaparece, al repartir su sustancia entre sus hijas. Estas jóvenes células así engendradas seguirán un ciclo análogo, que termina con la formación de nuevas células, nietas de la primera, y así sucesivamente. De esta manera, la materia viva, en todos los seres, crece indefinidamente por multiplicación celular.

Si esta actividad multiplicadora es impedida—y los seres pluricelulares poseen mecanismos harmónicos coordinadores que así lo realizan en muchos de sus tejidos—la célula muere; es decir, su materia viva se desorganiza y pasa a materia inerte. Pero si en estos mismos tejidos, destinados naturalmente a morir, se suprime aquella acción inhibidora de la multiplicación celular y se los mantiene en medio adecuado, las células se multiplican indefinidamente y nunca llegan al estado de cadáver..

Los cultivos de tejidos, en cuyo estudio y técnica tanto se distinguió CARREL, lo han demostrado plenamente. La materia viva, si las condiciones de medio no se oponen, es inmortal; pero en cada unidad, cada célula tiene una existencia limitada, cuyo fin es formar nuevas células. En las Figs. 6 y 7 representamos algunas de las fases de este proceso reproductor. Obsérvese el profundo cambio en la estructura microscópica, que caracteriza a cada una de las fases representadas.

VI

COMPOSICION QUIMICA Y ESTADO FISICO DEL PROTOPLASMA

La teoría de la homogeneidad protoplásmica, que predominó durante las tres primeras décadas de nuestro siglo, estuvo influida, y en gran parte sostenida, por ideas muy aventuradas y prematuras, que sugerían a los biólogos los notables progresos de la Química orgánica y de la Físico-química.

La materia viva ha sido sometida a múltiples y notables estudios en los laboratorios de Bioquímica. No podemos detenernos en enumerar las numerosas sustancias que hoy se conocen como constituyentes o integrantes de los protoplasmas. Pero es preciso advertir que al ser obtenidas de los organismos, aislándolas y purificándolas, estas sustancias perdieron su cualidad viviente. Hasta hoy no se conocen métodos para su estudio particular, respetando aquella cualidad.

En laboratorios biológicos, especialmente con fines medicinales, se estudia la acción o influencia de compuestos varios sobre organismos (tales como conejillos de Indias, ratas, ranas, etc.), bien inyectándolas o introduciéndolas por vía digestiva o por otros medios, según los casos. La observación de sus efectos y el estudio de las modificaciones que pueden producirse en este o en aquel órgano y los varios fenómenos provocados por la experiencia proporcionan datos de gran interés sobre las reacciones de la materia viva.

Muchos y laboriosos trabajos se han efectuado por estos métodos. Con gran precisión se ha estudiado la acción de los venenos de serpientes, de escorpiones, de actinias y otros animales, así como los de origen vegetal (alcaloides, glucósidos, etc.) y los de naturaleza inorgánica. Especial atención se ha prestado a las reacciones anafiláxicas, a las alérgicas, etc., no sólo por su interés práctico, sino por los datos que pueden proporcionar para el conocimiento de las propiedades de la materia viva.



En general, los resultados son desconcertantes. No cabe predecir cuál será la reacción producida por cualquier agente químico, sino atenderse a lo que enseñe la experiencia particular para cada caso; y así es preciso hacerlo en la preparación de todo nuevo medicamento. Después, se puede emitir una teoría para relacionar el caso particular con las ideas en boga sobre la materia viva. Y así, un conjunto de teorías sobre alergia, sobre anafilaxia, sobre inmunidad o receptividad, etc., tratan de explicar los fenómenos observados, apelando a supuestas estructuras protoplásmicas.

El caso es idéntico si se trata de agentes físicos. No podía predecirse la acción de rayos ultravioletas o X de mayor o menor longitud de onda o de vibraciones ultrasonoras, etc., sino tras la experimentación en cada caso particular. Nada podía hacer preveer que el radium o los rayos X de cierta dureza provocaran la fragmentación de los cromosomas y originaran mutaciones inducidas, y menos podía sospecharse que este mismo efecto se consiguiera con la colchicina.

Actualmente, el empleo de isotopos en sustancias nutricias o en adecuados inyectables, al permitir observar la marcha orgánica del elemento así señalado, promete revelar muchos aspectos del metabolismo, hoy desconocidos, y ampliar nuestros conocimientos sobre la química del protoplasma.

No obstante todos estos progresos, la Bioquímica aún no es más que la Química orgánica de las materias elaboradas o producidas por los organismos y no la Química de los organismos; pero hoy avanza aceleradamente, tendiendo a transformarse en una verdadera Química fisiológica.

La materia viva no es un compuesto químico definido, sino una asociación de numerosas sustancias, muchas de las cuales son típicas de los organismos. Proteínas complejas y variadas (albúminas, globulinas, fosfoproteidos, nucleoproteidos, etc.), lipoides diversos, grasas, hidratos de carbono, compuestos orgánicos más o menos complicados de otros grupos, ácidos y sales, son los cuerpos químicos que, asociados en un medio acuoso, integran el protoplasma.

Entre tan diversas sustancias, las proteínas son las consideradas como fundamentales o básicas en la formación de la materia viviente. Desde los notables trabajos de FISHER, está bien establecida la constitución química de tales materias albuminoideas. Sus grandes moléculas, cuyos pesos son del orden de 50, 100 ó 200.000, están formadas por aminoácidos enlazados en largas cadenas, más o menos ramificadas.

El número de especies distintas de albuminoides o proteínas es inmenso. Como difieren unas de otras por el número, proporción y disposición de los aminoácidos enlazados para constituir las y por los grupos

fosfóricos, sulfurados, etc., que pueden ligar en su gran cadena, resulta posible la existencia de un número prácticamente infinito de especies albuminoideas distintas. Esta es la razón de la especificidad en la composición de la materia viva. Cada especie orgánica y aun cada tejido dentro del mismo ser tienen su composición propia, exclusiva, específica; porque sus albuminoides son distintos de los de otras especies y de los de otros tejidos.

Pero las proteínas tienen un gran número de propiedades generales, comunes. Sobre éstas, presentan otras propiedades genéricas que permiten clasificarlas en grupos bien definidos y características de variedad y específicas, por último. En ellas, pues, pudiera establecerse una taxonomía, semejante a la empleada por los naturalistas para el estudio descriptivo de animales y vegetales.

Los albuminoides son sustancias típicamente coloidales, y también otras muchas de las que entran en la composición del protoplasma. Por consiguiente, éste debe ser considerado como un complejo coloidal. FISCHER y HARDY, en 1899, en su crítica de la estructura celular, demostraron plenamente que la materia viva es un coloide, y, desde entonces, nadie ha puesto en duda la constitución coloidal del protoplasma.

Físicos y químicos han estudiado detalladamente los coloides, sus diferentes tipos, sus propiedades, su conducta frente a los electrolitos y a las modificaciones físicas de su medio dispersante, causas de floculación, cambios del estado sol al de gel y viceversa, etc. Llegándose, en lo que va de siglo, a una gran perfección en la física y en la química del estado coloidal de la materia.

Ante ello, los biólogos, ya sugestionados por la teoría de la homogeneidad, fácilmente creyeron que estos trabajos resolverían todos los enigmas de la vida orgánica. Bastaría aplicar al caso especial de la materia viva los conocimientos y leyes referentes al estado coloidal.

Y así se multiplicaron los trabajos y publicaciones en este sentido y las teorías coloidales de la Biología, aplicándolas incluso a fenómenos de evolución y origen de especies, se abrieron camino, como también las que explicaban análogamente los fenómenos patológicos. Estas teorías determinaron numerosas investigaciones, fructíferas sin duda, aunque sin el alcance que sus partidarios esperaban. Entre éstos se distinguió especialmente LUMIERE.

Los citólogos siguieron en su mayoría, y en cuanto ello era posible, los métodos físico-químicos adecuados para estudiar al protoplasma con aquel carácter; pero, a cada paso, hechos y fenómenos paradójicos contradecían las conclusiones, sólidamente establecidas, en los estudios *in vitro*. Comprobados los casos y límites de validez para la materia viva de aquellos principios de la físico-química, fué preciso llegar a la con-



clusión de que lo conocido hasta hoy sobre coloides no basta para poder explicar la naturaleza y actividad especial de la materia viva.

El gran biólogo J. LOEB, en 1925, como conclusión de su famoso libro *Teoría de los fenómenos coloidales*, expresa su fe en esta doctrina, diciendo: «Los organismos se definen como máquinas químicas, que esencialmente consisten en una materia coloidal susceptible de crecer y de reproducirse automáticamente. Siendo así, los progresos de la fisiología general serán siempre resultados del azar, hasta que la ciencia esté en posesión de una teoría matemática de las propiedades coloidales de las sustancias que componen la materia viva. Si la teoría de los equilibrios de membrana de DONNAN proporciona la base matemática y cuantitativa para una teoría de las propiedades coloidales de las proteínas, como lo cree el autor, se puede predecir que esta teoría vendrá a ser uno de los pilares en los que se afirme la Fisiología moderna».

Y ya en 1933, A. LUMIERE, notable investigador adicto a la teoría coloidal, escribe en su obra cumbre, *Coloides y Miceloides*, lo siguiente: «Las esperanzas de LOEB no parece que puedan llegar a realizarse; la ley de DONNAN ninguna aclaración nos ha proporcionado acerca de los fenómenos vitales, y lo mismo puede decirse de todas esas propiedades que se describen en los tratados sobre coloides».

La moderna teoría coloidal, por consiguiente, ha defraudado las grandes esperanzas que en ella fundaron los más ilustres biólogos de la primera mitad de nuestro siglo. Sin embargo, aunque no haya podido proporcionar una explicación plena de los fenómenos fundamentales de la vida, ha hecho avanzar considerablemente nuestros conocimientos morfológicos, fisiológicos y patológicos, a la vez que ha proporcionado a los biólogos sólidos puntos de apoyo para futuras investigaciones, como más tarde indicaremos.



VII

EL ESTADO VIVIENTE DE LA MATERIA

Las variaciones morfológicas, estructurales y químicas que, de un modo cíclico, ofrecen todos los protoplasmas vivientes, vegetales o animales, unicelulares o pluricelulares, son tan peculiares y exclusivas de la materia viva, que es preciso considerarlas siempre en primer término en todo trabajo de investigación de su estructura.

Prescindiendo de los determinados por modificaciones de los núcleos atómicos, las ciencias distinguen hoy, como estados especiales de la materia, el gaseoso, el líquido, el amorfo, el cristalino y el coloidal. Hay también un verdadero estado iónico. En cada uno de ellos la materia ofrece propiedades particulares, superpuestas o adicionadas a las generales y comunes.

Dentro de tal clasificación, la materia viviente resulta incluida en el estado coloidal. Pero es evidente que, además de los caracteres generales propios de tal estado, ofrece constantemente otros especiales, típicos, que determinan una separación radical del conjunto de los coloides ordinarios. Por tanto, se trata de un estado, el viviente, que algunos han llamado eucoloidal, el cual no se presenta en coloide alguno aislado, sino únicamente en la asociación natural, compleja y armónica, de los diversos materiales protoplásmicos. Esta asociación nunca ha podido ser realizada artificialmente en los laboratorios.

Los distintos coloides reunidos en el complejo coloidal viviente adoptan una estructura dinámica, propia y exclusiva de la materia viva, y que implica su heterogeneidad. Cada uno de los constituyentes la ofrece en tanto está asociado con los restantes del conjunto vivo, pero la pierde en el momento que aquella asociación es rota.

El mantenimiento de esta estructura dinámica eucoloidal sólo es posible dentro de condiciones físicas y químicas muy concretas. Cual-



quier variación en aquellas condiciones que exceda de ciertos y marcados límites, determina inmediatamente la destrucción de estructura tan inestable y la consiguiente muerte del protoplasma, que, entonces, sólo presenta las características de los coloides inertes.

Hemos dicho antes que la estructura microscópica del protoplasma varía de un modo continuo, siguiendo un ciclo irreversible y que, por tanto, su representación sólo podría hacerse cinematográficamente.

Ello es inevitable consecuencia de la estructura dinámica, fundamental de su materia; ésta no puede ser concebida ni representada del modo cómo lo hacemos en una sustancia cristalina, en una molécula celulosa o en un micela de proteína.

Probablemente, en el conjunto del Cosmos los protoplasmas representan un estado especial de la materia, al cual podemos llamar dinámico, en sentido intrínseco, es decir, *autodinámico*. Y, como sucede con todos los estados que la materia adopta, sólo puede presentarse dentro de determinadas condiciones físicas y químicas, tanto intrínsecas como extrínsecas, y tan limitadas en este caso, que únicamente en la estrecha zona llamada Biosfera de nuestro planeta se manifiesta. Hasta hoy, ningún indicio permite suponer la existencia de materia viva en otros planetas, ni en astro alguno fuera de la Tierra.

VIII

ESTRUCTURA TEORICA DE LA MATERIA VIVA

Las ideas actuales sobre la estructura de la materia viva tienen su punto de partida en los datos físicos y químicos, conocidos y comprobados, de los sistemas coloidales. Como se deduce de lo anteriormente expuesto, estas modernas teorías no pasan de la categoría de hipótesis de trabajo. Pero, en sus líneas generales, están bien fundamentadas.

No es nuestro propósito, ni cabe en los límites de este artículo, describir detalladamente estas estructuras teóricas, inframicroscópicas. Sólo pretendemos indicar sus líneas generales y básicas, que, en el estado actual de las Ciencias biológicas, pueden ser admitidas como probable o posiblemente reales y, en todo caso, útiles para orientar investigaciones futuras. Por esto haremos también notar las grandes dificultades que su estudio ofrece y la necesidad de hallar nuevos recursos técnicos para obviarlas o superarlas.

Como ya hemos indicado, entre las numerosas y diversas sustancias que integran el protoplasma, los albuminoides o proteínas son las consideradas como esenciales o fundamentales. Su constitución química es hoy bien conocida. A partir de los notables trabajos de FISHER sobre polipéptidos, numerosas especies de albuminoides han sido descritas y analizadas. Detenidamente se han estudiado los principios inmediatos albuminoideos, obteniéndolos de la propia materia viva. Los procesos o manipulaciones indispensables para esto inevitablemente determinan la pérdida de la cualidad viviente.

De un ser pueden así obtenerse muchas y distintas especies de albuminoides y, provisionalmente, admitimos que su constitución es semejante a la que tenían cuando formaban parte del protoplasma, aunque, indudablemente, por el hecho de la muerte, se han producido modificaciones en sus enlaces, eslabones, grupos terminales, etc.

variable de un punto a otro y de un momento a otro. Así el protoplasma ofrece, a la vez, las propiedades de sol y las de gel; esto resulta inexplicable para los partidarios de la teoría coloidal.

Recordemos que las proteínas están constituidas por aminoácidos reunidos en cadenas y que todo aminoácido posee a la vez el grupo carboxilo, $-\text{COOH}$, y el grupo o función amina, $-\text{CH.NH}_2$; el primero es de carácter ácido, es decir, donador de electrones; el segundo es de función básica, esto es, aceptor o receptor de electrones.

Cada aminoácido tiene uno o más de tales grupos y, además, otros diversos, acíclicos o cíclicos, en cadenas más o menos complicadas. Se conocen hasta 40 especies de estos cuerpos. La glicocola, $\text{CH.NH}_2-\text{COOH}$, es el más sencillo. La alanina, $\text{CH}_3-\text{CH.NH}_2-\text{COOH}$, es el que le sigue en simplicidad. Pero en otros, la cadena es larga y puede contener varios grupos aminas y varios carboxilos, además de otras funciones. En la FIG. 3 hemos expresado las fórmulas de algunos, entre los más comunes, componentes de los albuminoides.

Los aminoácidos se pueden combinar unos con otros en la forma que se llama de amina, descrita por SCHUTAENBERG, la cual consiste en que el grupo COOH de uno se combina con el NH_2 de otro, de manera a resultar $\text{CO}-\text{NH}$, con separación de H_2O . Si los así combinados son únicamente dos, se obtendrá un dipéptido; si son tres, un tripéptido, y si varios, un polipéptido. Un gran polipéptido es ya una proteína.

Un polipéptido o un albuminoide consta, pues, de una cadena principal, en zig-zag, resultante de aquel enlace de carboxilos y aminas, con ramas laterales formadas por los grupos que restan en cada aminoácido. En la FIG. 3 se indica este modo de enlace que ofrece la cadena principal de un albuminoide y situación de los radicales de los aminoácidos correspondientes, en la valencia que resta libre, en los grupos $-\text{CH}$ de la cadena.

Los aminoácidos, y por tanto los albuminoides, pueden disociarse iónicamente y en ambos sentidos, es decir, liberando iones H^+ , que pasan a hidroxonios, H_3O^+ , o liberando oxidrilos, OH^- ; son, por consiguiente, anfóteros y poseen, a la vez, propiedades ácidas y básicas. En efecto, el grupo $-\text{COOH}$ puede disociarse en $-\text{COO}^-$ y H^+ , convirtiendo el albuminoide en anión; o el grupo NH_2 , con una molécula de agua, forma NH_3^+ y OH^- ; entonces el cuerpo viene a ser un catión. Y también pueden suceder ambas cosas a la vez; el albuminoide entonces forma un ión hermafrodita (ión híbrido-zwitter ión de los alemanes).

Como se comprende, estas formas de ionización sólo pueden referirse a los grupos carboxilos y a las aminas que restan libres en las ramas de

los aminoácidos y no a los enlazados para constituir la cadena principal. FREY-WYSSLING y otros que se han ocupado de estas teorías suponen que la cadena principal es, en cierto modo, indiferente y no juega papel en las reacciones varias que tienen lugar en el citoplasma. Suponen que los elementos verdaderamente activos son las cadenas laterales y las de enlace.

Es ésta una suposición no muy conforme con la complejidad funcional de los albuminoides vivientes. La ionización, a partir de los grupos enlazados en cadena principal, puede efectuarse en un sentido o en otro. CO con agua puede dar COOH^- y H^+ , como NH con agua dará NH_2^+ y OH^- ; es decir, se reconstituyen los primitivos grupos carboxilos y aminas, pero con cargas electrostáticas.

El hecho de que la ionización tenga lugar en uno o en otro sentido depende del valor del pH del medio, y se llama punto isoelectrico de una proteína aquel valor del pH en el que ambas tendencias se equilibran. La proteína es en tal momento neutra y ofrece entonces una gran inestabilidad. El punto isoelectrico es muy distinto de unas proteínas a otras; así, en un sistema o conjunto heterogéneo, con un determinado pH, alguna se encontrará en su punto isoelectrico, otras ionizadas positivamente y otras, por último, negativamente: a la más pequeña variación del pH, cambiarán estas respectivas posiciones iónicas.

Las propiedades de una proteína, dependientes siempre de las condiciones del medio de dispersión, no son las mismas en todos los niveles de su gran molécula. Un albuminoide consta de un esqueleto o cadena principal, siempre muy larga, de la que parten, como hemos dicho, ramas laterales, que corresponden a las cadenas especiales de los aminoácidos que lo constituyen. Los grupos libres de estas cadenas laterales tienen sus propiedades, funciones y características propias. No por estar engarzados más o menos directamente a la cadena principal se modifican sus especiales propiedades físicas o químicas. Unos grupos son hidrófilos; otros, por el contrario, lipófilos. Unos son ácidos y tienden a donar electrones, en tanto que otros, en las mismas condiciones, son básicos, esto es, aceptores de electrones. Algunos absorben con avidez cuerpos que, por el contrario, son enérgicamente rechazados por otros. Unos tienen gran poder adsorbente para ciertas sustancias o ciertos iones, mientras en otros las materias adsorbidas y retenidas son de naturaleza distinta. Y estos fenómenos y estas propiedades estrechamente dependen, cualitativa y cuantitativamente, del pH del medio y de otras condiciones físicas y químicas muy variables.

Muchas y distintas especies de albuminoides se asocian en la sustancia viva, enlazando sus respectivas cadenas principales por medio de otras transversales. Estos puentes de unión están formados por cadenas

laterales, soldadas por sus extremos respectivos. Otras cadenas laterales quedan libres. En la FIG. 4 se expresa esquemáticamente este enlace de

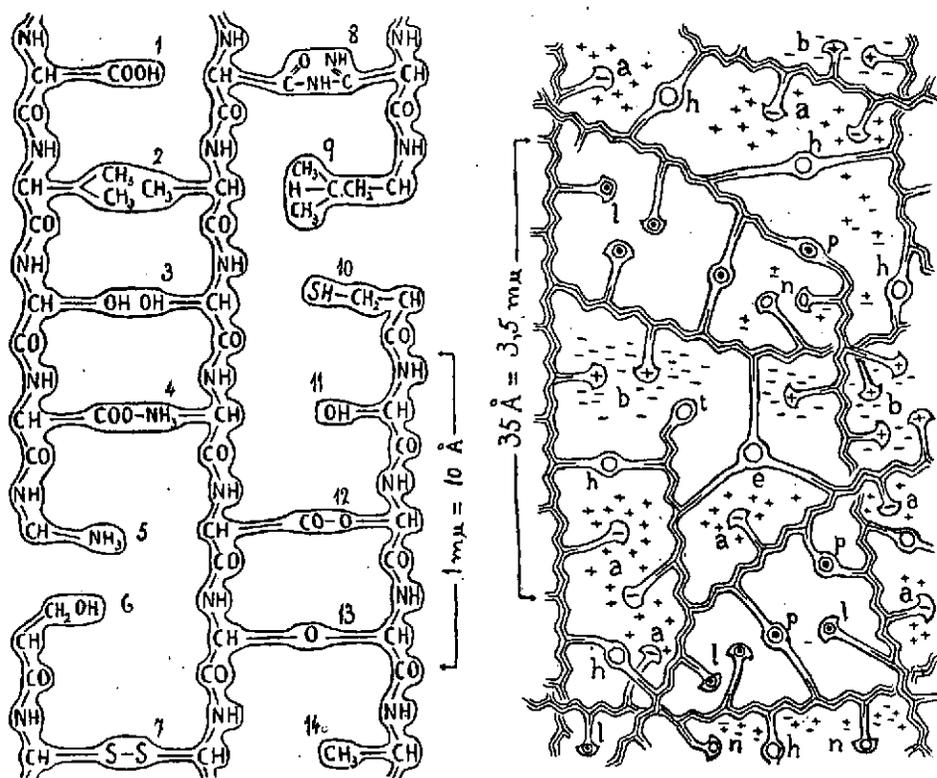


FIGURA 4: Cadenas albuminoides enlazadas por puentes, indicándose sólo los grupos terminales de las cadenas laterales, ya libres, ya de enlace: 1, terminación lateral libre ácida, hidrófila.—2, enlace por grupos lipófilos.—3, enlace hidrófilo.—4, enlace salino.—5, terminación libre básica.—6, terminación libre hidrófila.—7, enlace sulfurado.—8, enlace aminoácido.—9, terminación libre lipófila.—10, terminación libre en grupo sulfhídrico.—11, rama lateral hidrófila.—12, enlace en ester.—13, enlace éter.—14, rama lateral lipófila.—Las distancias a lo largo de las cadenas principales se indican en U. A.

FIGURA 5: Representación esquemática de la estructura protoplásmica indicada en la figura anterior. Las distancias que separan las ramas laterales a lo largo de la cadena principal se indican en U. A. y en milimicras: a, grupos terminales hidrófilos, ácidos, con su campo de cationes.—b, grupos terminales hidrófilos, básicos, con campo de aniones.—l, terminaciones lipófilas (hidrófobas) ante las que se acumulan grasas y lipoides.—h, enlaces hidrófilos.—p, enlaces lipófilos.—n, grupos terminales neutros.—l, terminación hidrófila de un'acadena principal.—e, enlace triple.

distintas cadenas y se indican las distancias entre los grupos de la cadena principal.

Se supone, pues, que las proteínas en la materia viva están formando una intrincada red, de constitución complicada, teniendo en cuenta que,

además de los aminoácidos, las cadenas asocian otros cuerpos complejos, sulfurados, fosforados, etc. y, entre ellos, son muy importantes los del grupo heterogéneo de los lipoides, que juegan gran papel en la actividad viviente.

El conjunto reticular albuminoideo, que muy simplificado y esquematizado representamos en la Fig. 5, complementaria de la anterior, determina espacios o alvéolos abiertos, ocupados por el jugo celular y en los cuales se introducen las terminaciones de las ramas laterales libres, sumergiéndose en el jugo. Es éste, ya lo hemos dicho, un líquido acuoso complejo, en el que hay electrolitos, iones varios, micelas más o menos grandes, de albuminoides, de hidratos de carbono, de cuerpos fosforados, de lipoides, etc., y también partículas en suspensión, incluso cristalitos, algo mayores que las micelas.

Estos distintos elementos del jugo están en agitación desordenada y perpetua por el *movimiento browniano* y, a la vez, moviéndose con un cierto orden, en obediencia a las fuerzas de sus cargas eléctricas. El movimiento browniano impide que, en caso alguno, pueda llegarse a una disposición equilibrada, estable, en la ordenación de tan diversas partículas. Esto, sin duda, tiene gran importancia para la actividad viviente, con sus características de continuidad.

La importancia del fenómeno no es debidamente considerada por los bioquímicos. Cuando se estudia la influencia de la temperatura en los fenómenos vitales se observa que su acción no corresponde a lo que podía preverse por los estudios *in vitro* de los mismos fenómenos, y, al menos en algunos casos, la anomalía será debida a la variación que la temperatura produce en la energía de este movimiento molecular continuo. En un sistema macroscópico, la influencia se reduce a una mayor o menor velocidad de las reacciones. Pero en un sistema microscópico heterogéneo, en el cual las condiciones físicas y químicas cambian a distancias de milimicras y aun de micromicras, una aceleración del movimiento browniano producida por ligera elevación de temperatura puede lanzar micelas y partículas de unas regiones a otras muy distintas, venciendo las fuerzas electrostáticas que las retenían en una determinada zona; y así pueden producirse reacciones inesperadas.

En estos alvéolos, las afinidades especiales de los grupos libres, de los aminoácidos o de otros ligados a la red, atraen con especial energía a determinadas partículas, a la vez que otras son rechazadas. Las moléculas dipolares de agua se concentran sobre los grupos hidrófilos, orientándose como lo harían pequeños imanes, para formar la capa acuosa con su carga correspondiente. Por el contrario, las moléculas de agua son rechazadas por los grupos 'hidrófobos' o lipófilos, a cuyo alrededor se disponen los lipoides y cuerpos de propiedades análogas, probable-

mente orientándose de modo a dirigir hacia el grupo la porción de su molécula más fuertemente lipófila.

Así, en los límites entre alvéolos de una y otra tendencia, las moléculas y micelas complejas se orientarán formando una capa, que dirige hacia el lado hidrófilo los grupos ácidos, oxihidrílicos, aldehídicos u otros de estas propiedades que pueda contener; y hacia el alvéolo lipófilo se dispondrán los radicales alquílicos y fenílicos, de propiedades hidrófobas.

Es probable que sea ésta la disposición y modo de formación de las membranas tonoplásmicas, de tan notables propiedades de semipermeabilidad selectiva. Las moléculas albuminoideas en suspensión en el jugo pueden disponerse en películas de esta naturaleza, orientando sus cadenas laterales en sentidos opuestos, según sean hidrófilas o lipófilas.

Los cationes tienden a dirigirse a los grupos ácidos de las ramas laterales libres de la red, y los aniones hacia los básicos. Su desplazamiento está influido por el espesor de la respectiva envoltura acuosa (que es distinta según la naturaleza del ión), por la viscosidad del jugo, variable de un punto a otro, y por las perturbaciones que, en su marcha, producen los repetidos choques del movimiento browniano. Ellos, además, tendrán que atravesar aquellas películas o finas capas, formadas como hemos dicho antes.

Basta lo expuesto para comprender la especial heterogeneidad del jugo celular y su dinamismo. Muy simplificada, representamos esta heterogeneidad en el esquema de la Fig. 5. En unos puntos predominan los cationes; en otros, por el contrario, los aniones. En unos lugares se concentrarán los lipoides; en otros faltarán casi por completo, etc.

La tensión superficial de un líquido acuoso tiene un valor que depende de la naturaleza de las sustancias en él disueltas. En el jugo protoplásmico, la expresada heterogeneidad en la distribución de iones y partículas determina valores de tensión superficial distintos de un punto a otro. Esto dará lugar a la formación de capas de separación, membranas de gran fragilidad, de naturaleza distinta a las antes mencionadas; pero que dividirán los alvéolos ya dichos en otros más pequeños y más inestables, en continua variación, siguiendo las modificaciones físico-químicas del punto considerado.

Por consiguiente, el protoplasma tiene, a la vez que la estructura fibrilar y reticular debida al enlace de las grandes cadenas proteínicas, otra alveolar determinada por las membranas de orientación molecular: y estos alvéolos, divididos en otros más pequeños con aspecto de finísima espuma que se deshace y rehace continuamente, son los producidos por la tensión superficial. El aspecto alveolar del protoplasma es, en muchos casos, bien perceptible microscópicamente (Fig. 2). El valor de la presión osmótica depende únicamente del número de partículas (sean iones, mo-

lécúlas o micelas) que la solución o pseudosolución contiene. Como en el jugo protoplásmico aquel número varía de un punto a otro y de un momento a otro, igualmente variará la presión osmótica. Una circulación hídrica y otra iónica existirá por esta causa a través de los alvéolos y en sentidos diversos según los momentos. Esta circulación, al determinar variaciones en la concentración de sustancias disueltas, ocasiona cambios en los grados de imbibición, absorción y adsorción de las cadenas principales y de sus ramas, con las consiguientes variaciones de pH y condiciones físico-químicas en general.

IX

pH CELULAR Y CORRIENTES IONICAS

De esta breve e incópleta descripción de la red protoplásmica y del jugo que la baña, se desprende que no puede existir un pH idéntico en todos los puntos de este jugo ni el pH tendrá un valor constante para cada punto o cada alvéolo.

Por tanto, todas las propiedades de las cadenas albuminoideas que dependen del pH del medio dispersante varían de una zona a otra, aun dentro de la misma cadena, de un momento a otro de la dimensión tiempo y de una temperatura a otra, en lo que considerablemente influye la agitación browniana.

Una sustancia energicamente adsorbida y retenida puede ser liberada al cambiar el pH y más tarde ser nuevamente adsorbida si las condiciones primeras se reproducen. La combinación de un grupo terminal con un anión o un catión (según su naturaleza) o con una sustancia orgánica determinada, hace cambiar instantáneamente las propiedades del grupo. Por ejemplo, si un carboxilo libre, ácido por tanto, fija un catión, se forma una sal y desaparece su afinidad por los restantes cationes. Era antes fuertemente hidrófilo; pero ahora sólo lo es débilmente y su envoltura acuosa se debilita. A su alrededor el pH era antes muy inferior a 7 y ahora alcanza este valor.

En ésta, como en cualquier otra condición física o química, se mantiene en la sustancia viva una continua actividad dinámica. En el jugo hay sustancias que funcionan como amortiguadores, tendiendo a corregir las variaciones bruscas; ellas no impiden el cambio, sino que lo amortiguan, actuando como el freno de un vehículo, que no impide su marcha, sino la aceleración peligrosa.

Variando el pH en los pequeños espacios alveolares, una cadena albuminoidea está sometida a valores distintos a lo largo de su eje prin-



cipal. En alguna de sus zonas puede hallarse en su punto isoeléctrico, el de máxima inestabilidad. Entonces, los iones, moléculas o micelas del jugo pueden determinar su ruptura o fragmentación y fijar grupos terminales en los extremos resultantes. Así, una cadena podrá dividirse en dos; pero también podrá descomponerse, para ser después completamente desasimilada.

Las determinaciones del valor del pH que han realizado diversos investigadores se refieren sólo al protoplasma global, pues con los medios que disponemos hasta hoy no es posible poder explorar distintas regiones o zonas de una célula, bien que ello se haya intentado, siguiendo diversos métodos.

Pero aun el averiguar aquel valor global ofrece grandes dificultades, por ser casi imposible emplear en el protoplasma viviente, con garantías de exactitud, los métodos potenciométricos. En efecto, la menor lesión en la materia viva ocasiona, instantáneamente, la alteración de su pH. Aun sin esto, la simple exposición de una célula al aire la hace perder CO_2 , con lo que se eleva aquel valor, y es casi imposible evitar este desprendimiento de CO_2 , por hábil y rápida que sea la manipulación micrográfica.

Se han empleado microelectrodos manejados como las agujas de los manipuladores; pero las lesiones, al perforar las membranas y atravesar tonoplasma y vacuolas, son inevitables; el electrodo resulta siempre bañado por una mezcla del jugo vacuolar y del protoplásmico; y no cabe explorar distintas regiones de una célula, con garantía de que los datos obtenidos correspondan a la realidad.

Por todo ello, VLÉS, REISS y otros han preferido determinar el valor del pH global del protoplasma comenzando por congelar rápidamente a las células, triturándolas a continuación y determinando con el potenciómetro el pH de la masa, en el momento en que ésta alcanza el punto de fusión. De este modo evitan todo desprendimiento de CO_2 .

Los métodos colorimétricos no tienen la precisión de los potenciométricos y su empleo en citología ofrece también inconvenientes y dificultades. Casi todos los colorantes indicadores son tóxicos para la célula. Al penetrar en ella, producen su muerte y la consiguiente variación brusca de pH. Se pueden introducir en la célula, ya dispuesta en preparación adecuada, con microinyectores; pero éstos ya la lesionan y, además, es difícil percibir el viraje momentáneo antes de que se manifieste la acción tóxica.

Por otra parte, los colorantes reaccionan con algunas de las muchas sustancias que componen el protoplasma. Algunos son retenidos por los lípidos; otros se combinan con ciertos albuminoides, o son adsorbidos por ellos, o alterados por cualquier sustancia del jugo, etc. En la inter-

pretación de su viraje es, pues, preciso tener todo ello en cuenta y corregir lo que los investigadores han denominado error proteico, error lipóide, error de concentración, etc.

Procurando evitar estos inconvenientes, algunos han preferido ensayar estos indicadores directamente sobre secciones recientes de tejidos o en su jugo total, obtenido por presión y ya en el seno de la solución del indicador, con lo que se evita la pérdida de CO_2 . Claro es que sólo cabe determinar el pH de la mezcla del jugo protoplásmico con el vacuolar.

De los colorantes vitales, el único útil a estos efectos es el rojo neutro. Al penetrar en la célula, produce una primera coloración difusa, fugaz, que parece corresponder a reacción neutra y aun ligeramente alcalina; en seguida el colorante se acumula en las vacuolas y, después, al alterarse ya la célula, se colorea el citoplasma de rojo, indicando así una reacción ácida. Pudiera esto interpretarse en el sentido de producirse un cambio rápido desde la neutralidad o débil alcalinidad del protoplasma a la acidez, precursora de la muerte.

Tal cambio se produce, en efecto, en el sentido de un gran aumento de acidez, es decir, disminución del valor pH. Pero el protoplasma global es ya de un pH inferior a 7, bien que no muy alejado de este valor, que indica la neutralidad. Al morir, el descenso es grande y rápido. Aparece instantáneamente la acidez cadavérica. Esto se ha aplicado para distinguir la muerte real de la aparente. Basta hacer una ligera incisión en la piel del cadáver y aplicar un indicador, tal como un hilo teñido con azul de bromo-timol, que la acidez hace virar a amarillo, o papel azul tornasol, que enrojece con la acidez, o cualquier otro indicador análogo. Si el cambio se produce, la muerte es real.

En general, el jugo protoplásmico de células vegetales es algo más ácido que el de células animales. El pH parece ofrecer una constancia característica de cada especie. Como ejemplos de recientes y comprobadas determinaciones, citaremos: patatas, pH = 6,2; zanahoria, pH = 6,5; nabo, pH = 6; cebolla, pH = 5,7. En términos generales se han hallado: en células verdes de Talofitas, pH = de 5,5 a 6; en tejidos jóvenes de Spermofitas, pH = 6,92 (muy próximos a la neutralidad); en células epidérmicas, pH = 5 a 6; en hojas, pH = 5 a 5,9; en parénquimas de tallos y raíces, pH = 5 a 7; y en parénquimas de reserva, pH = 5,5 a 7,5. En los vegetales es frecuente la existencia de vacuolas cargadas de jugos muy ácidos. Así este jugo en *Oxalis acetosella* tiene un pH = 1,5. Los *Rumex*, muchas plantas crasas, etc., se distinguen también por la elevada acidez del líquido que rellena sus vacuolas.

La función clorofílica influye considerablemente en este valor; al amanecer el pH tiene un valor inferior mínimo, que progresivamente

va aumentando durante el día. Esta disminución de la acidez es muy notable en el *Briophyllum calcinum*, cuyas hojas tienen un zumo muy ácido en las primeras horas de la mañana, pero la insolación determina el progresivo aumento del pH.

El pH del protoplasma de las amibas es de 6,7 a 6,8 y próximamente este mismo valor tiene el de los huevos de erizo de mar y de otros animales marinos. En los huevos del pequeño pez *Fundulus* el pH es 6,39 y en varios moluscos es algo inferior. Los valores corrientes en los tejidos animales oscilan entre 6,5 y 7. En los músculos de los Vertebrados se han determinado valores de 5,8, 6,2, 6,7 y 6,8. En los endotelios, pH = 6,4-6,5. En las células del hígado, 6,2. En el tejido conjuntivo, 6. En el páncreas, 6. En las glándulas salivares, 5,1 a 5,6.

Se observa que en las células secretoras el pH celular tiende a tomar un valor compensador del que ofrece el producto segregado. Así, el páncreas aumenta su acidez al segregar su jugo alcalino. La mucosa gástrica, en el reposo, es ácida, pero se alcaliniza al segregar el jugo gástrico. El riñón es ácido si la orina es alcalina y viceversa. Ligeras variaciones en el pH celular se producen en el curso del funcionamiento fisiológico normal y, más intensas, por causas patológicas.

El pH de los líquidos orgánicos, tales como la sangre y la linfa, es distinto del celular. Su valor es constante, dentro de estrechos límites, que no pueden ser rebasados sin grave peligro para la vida del ser; pero estos líquidos poseen sustancias que actúan de amortiguadores y compensan cualquier variación que accidentalmente pueda producirse y regulan en todo momento aquel pH. En la sangre, éste vale 7,4 normalmente, y entre ella y las células de los tejidos orgánicos hay siempre una capa de tejido conjuntivo que establece la regulación del intercambio de sustancias, de modo a mantener este esencial equilibrio ácido-básico. Los límites de este artículo no permiten detenerse en explicar estos mecanismos biológicos, hoy bien conocidos.

Igualmente se han estudiado los valores óptimo, máximo y mínimo, especiales para cada ser, del pH de su medio y la relación de estos valores con los puntos isoeléctricos globales de sus respectivos protoplasmas, estando también determinados estos puntos para muchas de las especiales proteínas que los integran, considerándose como una característica importante de la materia viva la distancia entre su pH y este pH_i. Estos datos los hallará el lector en cualquier tratado moderno de Fisiología. Solamente indicaremos que este punto isoeléctrico global del protoplasma está comprendido entre los límites pH = 4,3 y pH = 5,7, según los tipos de células.

No es muy de tener en cuenta el punto isoeléctrico, determinado *in vitro*, de cada especie pura de proteína, pues en el protoplasma vi-

viente no se hallarán sólo como asociación de aminoácidos, sino que sus grupos laterales fijan compuestos fosforados de diversos tipos y, entre ellos, fosfolípidos. De éstos, algunos actúan como protectores; otros como filtros selectivos, que dejan llegar al grupo determinadas sustancias y rechazan otras; o bien son enzimáticos y funcionan como diastasas en las síntesis de sustancias orgánicas determinadas.

Estrechamente relacionado con el pH está el valor de rH o *potencial de óxido-reducción*, que juega papel fundamental en la actividad química de la materia viva. Este símbolo es una expresión logarítmica que indica el valor de la presión del H en relación con la del O, expresándose por el logaritmo negativo, cambiado de signo, correspondiente a la presión del H gaseoso. El punto neutro de un sistema óxido-reductor será aquel en que la presión del H sea igual a la del O; corresponde a $rH = 27,3$. Como se trata de expresión logarítmica negativa, los números superiores indican disminución del hidrógeno y los inferiores aumento de su presión.

Dentro del concepto *oxidación* se incluyen, además de los fenómenos de fijación de O, los de pérdida de H y los de pérdida de electrones. De igual modo, entran en los de *reducción*, tanto los de pérdida de O como los de fijación de H y fijación de electrones. Estos tres aspectos de los fenómenos óxidos-reductores son de gran interés en la química de la materia viva.

El valor de rH se determina con el potenciómetro y también con reactivos colorantes indicadores. Por las mismas razones que hemos expuestos para el pH, su valor ha de ser distinto en las distintas zonas alveolares del jugo protoplásmico; de tal modo, que una cadena de la red estará sometida a potenciales de óxido-reducción distintos en sus distintas zonas. Pero no disponemos de medios técnicos para poder determinar estas variaciones en magnitudes espaciales inframicroscópicas.

Sólo ha podido determinarse el potencial óxido-reductor global de las células, observándose que, para el mismo pH y las mismas condiciones fisiológicas y ecológicas, rH es una constante celular específica. Su valor está comprendido entre $rH = 7$ y $rH = 22$. Claro es que si las condiciones extrínsecas o intrínsecas varían, cambia aquel valor, como cambia igualmente el de pH.

Los glúcidos son las sustancias que más influyen en este valor. Una solución de glucosa constituye un sistema óxido-reductor. En experiencias *in vitro*, una tal solución privada de aire presenta un rH cada vez menor, hasta llegar a $rH = 7$, y, en cambio, sometida a una corriente de O su rH se eleva progresivamente hasta alcanzar 37. Como la distribución de estos glúcidos en la materia viva es muy desigual, se com-

prende la diversidad de valores de rH que existirán en el seno del protoplasma por este solo hecho.

En la red proteínica citoplásmica cada una de sus cadenas componentes, simples o ramificadas, tienen una carga electrostática y una envoltura acuosa propia. La carga y su signo dependen del pH del medio, es decir, del jugo protoplásmico. Pero, según lo determine el funcionamiento de los grupos laterales libres, el pH es variable de un punto a otro y de un momento a otro. Por consiguiente, aquella carga eléctrica varía cambiando su potencial si conserva el mismo signo o cambiando de signo si la variación de pH, en el punto considerado, alcanza y rebasa el punto isoeléctrico.

Por adsorción, la cadena retiene un cierto número de iones de determinada naturaleza. Pero aquellos cambios determinan consiguientes variaciones en esta adsorción electiva, dando lugar a que unos iones sean reemplazados por otros. Iniciado el cambio en un punto, el fenómeno influirá sobre el punto siguiente, éste determinará la variación en el sucesivo y, de esta manera, pueden establecerse corrientes iónicas a lo largo de las cadenas o de fascículos de cadenas.

Los iones que se desplacen pueden ser grandes micelas o iones coloidales que arrastren tras sí sus envolturas acuosas y las sustancias que retienen. Si las condiciones determinantes del desplazamiento persisten, afectan a la vez a varias cadenas, y si se continúan en un determinado sentido, se producirá una corriente citoplásmica y hasta una verdadera circulación intracelular.

Aunque en razón a las condiciones de heterogeneidad que hemos descrito no hay reposo posible dentro del protoplasma viviente, las corrientes citoplásmicas visibles al microscopio, tan ostensiblemente en algunos casos, sólo podrán establecerse cuando sean muchas las cadenas afectadas y todas ellas en el mismo sentido. Un estímulo físico, químico o mecánico puede determinarlas, bastando para ello la ruptura de un puente inestable, la aproximación brusca de grupos terminales de función antagónica o cualquier otra modificación, fácil siempre de producirse en estructura tan lábil.

La extraordinaria sensibilidad a los estímulos, propiedad característica de la materia viva, deriva de tan gran inestabilidad y heterogeneidad. Pero se precisa una ordenación adecuada de las cadenas y de sus grupos funcionales para que el efecto pueda transmitirse con un determinado orden y en un sentido prefijado.

Muchas células vegetales se prestan con facilidad a la observación de esta circulación intracelular, porque en ellas las corrientes citoplásmicas alcanzan la amplitud y extensión suficientes para arrastrar corpúsculos gruesos u orgánulos, como los plastidios, por ejemplo, que ha-

cen el fenómeno muy visible. Puede observarse cómo el citoplasma en reposo entra en circulación por estímulos mecánicos, bastando los producidos al arrancar por su base, sin dañar la célula, un pelo de calabaza o de reseda o un grupo de células internodales de *Chara*, etc. Más lentos, pero también perceptibles, son los movimientos fototrópicos de los cloroplastidios en todos los vegetales. Muy rápidos, por el contrario, los presentan células animales; así basta un simple golpe sobre la platina del microscopio para determinar el arrollamiento brusco, instantáneo, de los pedicelos de *Vorticelas* que se observan en una gota de agua con aquel aparato. Y lo mismo se aprecia, con diversos estímulos, en las fugirreacciones de Infusorios, etc.

X

**MOVIMIENTOS IONICOS ONDULATORIOS. EQUILIBRIO
DE LOS IONES K, Na y Ca**

Importantes efectos de esta inestabilidad estructural de la materia viva son los fenómenos de irritabilidad, tan característicos de los organismos. Los estímulos mecánicos, físicos o químicos que los provocan determinan cambios en la posición y distribución de iones que, propagándose a lo largo de las cadenas proteínicas o de los fascículos de cadenas, despiertan actos o reacciones, a veces muy intensas y en regiones amplias y muy distantes del lugar estimulado.

La modificación determinada por los estímulos puede traducirse en deslizamientos de los iones a lo largo de las cadenas o de sus ramas, según hemos explicado. Pero también pueden consistir en movimientos ondulatorios, rítmicos, de los iones, sin verdadero desplazamiento. Es decir, en corrientes ondulatorias semejantes a las vibraciones sonoras, al oleaje marino o a cualquier otra ondulación, bien que en nuestro caso su mecanismo de producción y propagación sea distinto del de las ondas físicas ordinarias.

Estas ondulaciones rítmicas de los iones a lo largo de cadenas proteínicas han sido modernamente estudiadas en el tejido nervioso. Este tejido, propio del Reino Animal, está constituido por células muy especializadas y adaptadas a este fin. Aunque nuestro propósito es tratar de la estructura protoplásmica de una manera general, sin entrar en especializaciones ni detalles, procuraremos resumir los conocimientos actuales sobre la naturaleza del llamado antes *fluido nervioso*. Con esto quedará aclarado el concepto general de aquellos movimientos ondulatorios iónicos, no siendo la corriente nerviosa más que una perfeccionada es-

pecialización, tanto en intensidad y sensibilidad como en encauzamiento y dirección, de este dinamismo de la materia viva.

Relativamente sencillo en los animales inferiores, el sistema nervioso ofrece extraordinaria complicación en todos los grupos superiores del Reino Animal y, sobre todo, en Artrópodos y Vertebrados, siempre con variaciones considerables, relacionadas con la actividad fisiológica y ecológica de las distintas especies. Está integrado por numerosas células nerviosas, llamadas *neuronas*, de muy diversas formas y tamaños; pero con determinadas características comunes y relacionadas unas con otras, de manera a constituir centros nerviosos, conductores nerviosos o nervios, órganos o terminaciones sensitivas, terminaciones efectoras musculares, glandulares, vasculares, etc., que no pretendemos describir.

Es el sistema nervioso el que realiza la integración en unidad funcional, del conjunto de células, tejidos, órganos y aparatos del animal. Por una parte, mantiene en todo momento la coordinación entre las actividades de los distintos órganos; los cuales, bajo su control, funcionan armónicamente. Si esta armonía funcional es alterada, el sistema nervioso actúa inmediatamente para corregirla o compensarla, frenando la actividad de unos órganos y exaltando las de otros, hasta restablecer la normalidad o lograr un nuevo estado de equilibrio.

Por otra parte, establece y mantiene las relaciones del organismo con su ambiente. Por los órganos de los sentidos, recibe impresiones informativas de toda variación que se produzca en las condiciones físicas y químicas ambientales de trascendencia para su actividad. A ellas responde, mediante sus terminaciones efectoras, con impulsos de actuación o de inhibición de músculos, vasos y glándulas, y de tal manera que el ser pueda utilizar los elementos del medio o evite los daños que pudieran resultar de aquellas variaciones; es decir, siempre tendiendo a conservar la normalidad orgánica y a restablecerla cuando es perturbada.

De esta manera, él constituye un extraordinario y complicado aparato de adaptación múltiple, mediante la doble coordinación interna entre todos y los distintos órganos, y externa entre el ser y la variabilidad de condiciones del ambiente.

Aunque de formas y dimensiones diversas según los centros de que formen parte, las neuronas o células nerviosas constan siempre de un cuerpo celular, más o menos estrellado, del que parten prolongaciones, larguísimas a veces. Estas prolongaciones son de dos clases: unas centrípetas, llamadas *prolongaciones protoplásmicas* o *dendritas*, más o menos ramificadas, y, de ordinario, varias o muchas por cada cuerpo celular; otras, llamadas *cilindro-ejes*, *axones* o *neuritas*, son centrífugas. Cada neurona sólo tiene un axón o cilindro-eje; éste parte

bruscamente del cuerpo celular como un filamento fino y de espesor uniforme; después, durante su trayecto, presenta a menudo ramas que arrancan perpendicularmente hacia uno u otro lado, y que se llaman *colaterales*.

Las neuronas se relacionan unas con otras por estas prolongaciones; pero no de un modo variable, sino siempre en el sentido cilindro axil-prolongación protoplásmica. Es decir, el axón de una se relaciona con las dendritas de la neurona siguiente, el cilindro-eje de ésta con las prolongaciones protoplásmicas de la tercera y así sucesivamente. Nunca se establece la comunicación entre dendritas de dos células ni entre sus respectivos axones. La corriente nerviosa va siempre en la dirección: dendritas → cuerpo celular → axón y nunca en dirección contraria.

Otro hecho fundamental es el especial modo de establecerse esta relación. Contra lo que creían los antiguos histólogos, las prolongaciones de las neuronas nunca se anastomosan. No hay continuidad entre dendritas y axones de las células que se encadenan, sino simplemente contacto entre las respectivas terminaciones, que para ello tienen disposición arboriforme. Las neuronas son, pues, completamente independientes unas de otras. Una delgada capa de separación está interpuesta entre los extremos de la arborización terminal de un cilindro-eje y los de la arborización de las dendritas con las que se relaciona. Esta forma de articularse unas neuronas con otras se dice en *sinapsis*, llamándose capa sináptica la delgada zona de sustancia interpuesta entre unas y otras terminaciones.

Estos fundamentales descubrimientos se deben al genial histólogo español RAMÓN Y CAJAL, que también determinó el sentido invariable e irreversible de la corriente nerviosa, siempre en dirección prolongación protoplásmica, cuerpo celular, axón, según ya hemos dicho. Pero como cada neurona es independiente, su corriente nerviosa no pasa en realidad a la neurona siguiente de la cadena, sino que, por intermedio de la capa sináptica, despierta en ésta otra corriente nerviosa propia. Las sinapsis, por consiguiente, juegan papel fundamental en todo el funcionamiento del sistema nervioso. Como se comprende por las ramas colaterales de los axones, una neurona puede relacionarse, siempre sinápticamente, con otras varias.

El protoplasma de las células nerviosas está tan especializado, que su sensibilidad a los agentes físicos y químicos que constituyen los estímulos, es extraordinaria. Un estímulo débil basta para provocar en ellas un cambio estructural, determinante de reacciones electroquímicas y la consiguiente onda; pero el protoplasma nervioso posee especiales zimazas que inmediatamente restablecen la estructura primitiva.

Los órganos receptores tienen disposiciones particulares para ser im-

presionados preferentemente por especiales estímulos (luminosos, sonoros, gravitatorios, olfativos, gustativos, térmicos, táctiles, presión, etc., según el órgano). En ellos, el estímulo determina la liberación de una especial sustancia, que constituye el agente químico frente al cual la neurona es extremadamente sensible; aquella sustancia desaparece inmediatamente al restablecerse la estructura físico-química del receptor; pero su presencia instantánea ha provocado la formación de la onda nerviosa en las correspondientes dendritas de las neuronas directamente relacionadas con el receptor de que se trate. Aun en órganos como el del oído, en que parece ser el estímulo físico el que directamente actúa sobre las neuronas, se sospecha que, en realidad, las células receptoras del *órgano de Corti*, que son excitadas por las vibraciones de las fibras de la membrana basilar, liberan sustancias de aquella naturaleza.

La onda nerviosa así provocada recorre la neurona y llega a los extremos terminales del cilindro-eje y de sus colaterales. Allí actúa como excitante de la membrana sináptica, liberando en ella otra sustancia, que instantáneamente viene a determinar otra onda nerviosa en la correspondiente neurona; y así se continúa el fenómeno, llegando, por estas sucesivas excitaciones, la onda a los centros nerviosos y, desde éstos, a las neuronas motoras y a las terminaciones efectoras en músculos, glándulas, vasos, etc.

En estos órganos efectores terminan los cilindro-ejes de las correspondientes neuronas en arborizaciones sumergidas en materias vivas semejantes a las sinápticas; en ellas, la onda nerviosa libera sustancias que son las que determinan las contracciones musculares, la secreción glandular, etc., o bien, según el caso, la inhibición de estas acciones. Siempre las especiales zimetas existentes en estas estructuras restablecen en el acto las condiciones primitivas, determinando la inmediata reabsorción del agente químico liberado.

La naturaleza de estas sustancias, frente a las cuales reaccionan los efectores con extraordinaria sensibilidad, ha sido recientemente investigada. Son varias, y entre ellas se hallan la colina, la acetilcolina, la adrenalina y otras de su grupo. Unas producen el funcionamiento rápido del órgano; otras, por el contrario, son inhibitorias. El conocimiento de este mecanismo químico de la acción nerviosa ha permitido comprender el funcionamiento armónicamente combinado, por excitación e inhibición, de músculos de acción antagónica.

Como la sustancia reactiva liberada por la onda nerviosa desaparece inmediatamente, toda acción continuada se produce por ondas sucesivas, que, naturalmente, determinan sucesivas liberaciones y reabsorciones de tales reactivos en las capas sinápticas y en las terminaciones efectoras.

Indicaremos ahora la naturaleza de la onda nerviosa, que despertada por los antedichos estímulos, recorre la neurona en toda su longitud. Esta longitud, desde las arborizaciones protoplásmicas a las terminales del cilindro-eje, puede ser muy larga. La célula y sus prolongaciones gozan de extremada sensibilidad ante cualquier cambio físico o químico, que podría producirse por simple contacto con sustancias del metabolismo de los tejidos que atraviesan. Contra esto, los centros y los nervios están protegidos por envolturas, ricas en lipoides, que son verdaderos aisladores. Queda así evitada la influencia de agentes físico-químicos durante el trayecto y asegurada la llegada de la onda a su destino.

La capa citoplásmica superficial de las dendritas, cuerpo celular y axones, es decir, de la célula y de las fibras nerviosas, tiene una estructura fibrilar especial y forma como una vaina, en la que se contienen y producen especiales zimetas. Pero es especialmente interesante la distribución de los iones *K*, *Na* y *Ca* en esta zona protoplásmica periférica que semeja una vaina.

Son estos iones los que desempeñan el principal papel en la corriente ondulatoria nerviosa. Su especial distribución ha podido ser determinada con el microscopio electrónico y comprobada por otros medios. Facilitó esta investigación el hecho de que en un cátodo recubierto de torio la emisión de electrones experimenta gran aumento en presencia del calcio.

En aquella zona periférica o vaina, el *Ca* es muy abundante en todo su interior o seno; el *K* se halla únicamente en su superficie interna, y el *Na* se encuentra en el líquido que baña la superficie externa; pero sin estar fijado o inmovilizado en esta superficie.

La vaina es muy impermeable para los iones y presenta una diferencia de potencial, entre la superficie externa y la interna, hasta de 90 milivoltios. Esto se ha determinado en fibras lo bastante gruesas para permitir la necesaria manipulación microscópica. También se comprobó que transversalmente la zona ofrece gran resistencia a la corriente eléctrica; por ello se mantiene aquel gradiente. En cambio, superficialmente es muy buena conductora. La periferia del cuerpo celular y la de su núcleo tienen las mismas características que la vaina, con la misma distribución iónica.

El estímulo, al actuar en las arborizaciones de las dendritas, determina un cambio estructural en esta vaina periférica, que es inmediatamente corregido por las adecuadas encimas. Pero en aquel punto, momentáneamente, se ha producido una variación del pH que modifica la antes dicha impermeabilidad para los iones. Los exteriores de *Na* tienden a penetrar por la superficie externa y los interiores de *K* por la interna, y con ello varía el gradiente eléctrico. En aquel punto se ha pro-

ducido, pues, una oscilación iónica y eléctrica y, en el acto, las zimisas restablecen las condiciones primitivas.

La oscilación momentánea en aquel primer punto determina otra análoga en el punto siguiente, la de éste en un tercero, y así la onda se propaga a todo lo largo de la neurona, hasta alcanzar las terminaciones de su cilindro-eje. Si el excitante continúa, nuevas ondas se producen, sucediéndose rítmicamente unas a otras y siempre en aquella dirección.

El fluido nervioso, por consiguiente, es una corriente oscilatoria electroiónica, que se transmite sin verdadero desplazamiento de partículas. No es semejante a la corriente eléctrica, pues ésta consiste en verdadero flujo de electrones. En aquélla, el ritmo de las oscilaciones depende del que ofrecen los cambios de potencial, dependientes, a su vez, de las rítmicas variaciones de pH.

La velocidad de propagación de la corriente nerviosa se había determinado mucho antes de conocer su naturaleza. Es mucho mayor en los animales de sangre caliente que en los de sangre fría; pero en éstos aumenta en relación con el aumento de la temperatura ambiente. A la temperatura ordinaria, esta velocidad en la rana es de 30 metros por segundo. En el hombre es de 135 metros. No es exactamente igual en todos los nervios del cuerpo.

En esta notable estructura de la zona citoplásmica periférica de las neuronas, el *Ca*, tan abundante, parece actuar como un verdadero estabilizador. Si se hace disminuir su proporción, se exalta la inestabilidad estructural del nervio y el potencial pierde su fijeza, cambiando de un modo oscilante. El nervio muestra entonces una hiperexcitabilidad morbosa. En la sustancia gris del tercer ventrículo, unido al centro del vago, está el regulador del calcio. Por esto, la inyección de sales de calcio en la región del infundíbulo ocasiona narcosis y sueño. La acción narcótica del ácido barbitúrico se debe a que determina una acumulación de calcio en aquel centro, a expensas del que normalmente existe en la sangre circulante.

Sin duda, en todos los seres de ambos reinos existen impulsos oscilatorios iónicos, semejantes a los nerviosos, pero difusos y sin vías de conducción bien aisladas y precisas.

Incluso en los animales pluricelulares dotados de complejo sistema nervioso, ciertos fenómenos hacen suponer la existencia de tales corrientes, pero débiles y no bien definidas, en otros tejidos, y especialmente en los vasos sanguíneos.

En los tropismos y en la mayor parte de los fenómenos de irritabilidad, estos movimientos oscilatorios rítmicos serán los transmisores para la acción a distancia, espacial y temporal, provocada por excitantes o estímulos, según se manifiesta en todos los seres y notablemente en



los vegetales, donde no existe diferenciación alguna semejante a la nerviosa.

En este caso se encuentran los conocidos fenómenos del sueño de las plantas, las reacciones de las hojas de *Mimosa pudica* a estímulos mecánicos, etc. Los movimientos son producidos aquí por variaciones en la turgescencia de ciertos tejidos parenquimatosos; pero la excitación es transmitida hasta estos efectores por elementos histológicos, principalmente por células liberianas, no adaptadas precisamente a este fin.

En la biología floral, son muchos los fenómenos de irritabilidad que se traducen no sólo en movimientos de piezas florales, sino en impulsos determinantes del desarrollo o de la atrofia de ciertas de sus partes u órganos. Es sabido que, en el acto de la fecundación, se produce en el huevo un brusco cambio de pH, que trasciende a todo el ovario y a toda la flor, impulsando el desenvolvimiento posterior del ovario en fruto. Pero, además, determina otros notables fenómenos; así, por ejemplo, el cierre de la abertura de la corola en muchas flores; el hecho de marchitarse los pelos, hasta entonces rígidos, del largo tubo periántico de las *Aristolochias*, lo que permite entonces la salida de los insectos allí aprisionados, cerrándose, tras esto, la boca del periantio; el mismo fenómeno, y con las mismas consecuencias, en la inflorescencia del *Arum*, donde se marchitan, por aquel estímulo, los estaminodios, que hasta entonces cerraban el cuello de la espata; etc.

Todo lo dicho nos induce a admitir que en el protoplasma de toda célula la coordinación funcional entre sus distintas partes u orgánulos será mantenida, principalmente, por corrientes oscilatorias iónicas en las cadenas de proteínas, como igualmente la coordinación externa, con las condiciones, siempre variables, del medio. En los Protozoarios, las características que ofrecen estos fenómenos, en cuanto a rapidez, precisión y sensibilidad, son verdaderamente sorprendentes.

En todos los seres, tanto vegetales como animales, se ha comprobado la necesidad, para el mantenimiento de la vida, de la presencia de los iones *K*, *Na* y *Ca* en proporción equilibrada. Separadamente son tóxicos; pero no reunidos en la relación orgánica, porque su efecto es antagónico. Antagónico es también su papel en la regulación de la permeabilidad de las membranas; el *Na* es el que más hace aumentar esta permeabilidad; el *Ca* la disminuye.



XI

LA DIFERENCIACION PROTOPLASMICA INTRACELULAR

La materia viva sólo presenta y conserva este carácter si está diferenciada en orgánulos, o partes bien distintas por su morfología y propiedades. El estudio microscópico de la célula, o unidad mínima viviente, nos ha revelado la existencia y disposición de estos pequeños órganos. Algunos de ellos, como el núcleo, son a su vez asociación de otros diversos, bien distintos micrográficamente. En otros, como en el aparato de Golgi, formado por asociación de dictiosomas, la pequeñez de éstos no permite establecer claras diferencias morfológicas. En el condrioma, por hallarse sus elementos esparcidos en las distintas zonas protoplásmicas, se han podido distinguir diversas clases, y también en el aparato vacuolar. En cuanto a los microsomas, sólo cabe decir que son numerosos y pequeñísimos.

Recordemos que todos los estudios de fisiología celular, así como los trabajos de microdissección, demuestran que la vida es resultante de la interacción de actividades de estos distintos elementos. Cada uno de ellos es, en cierto grado, autónomo dentro del conjunto; pero no puede existir fuera de este conjunto. La actividad viviente, por lo tanto, no es efecto de la organización de un conjunto de proteínas en red complicada, sumergida en fase dispersante no menos compleja, sino que resulta de las reacciones o acciones mutuas entre sistemas proteínicos distintos.

La trama estructural de cada uno de estos pequeños órganos celulares la suponemos semejante a la explicada para el citoplasma en general. Pero los albuminoides que los forman son de especies distintas, según el orgánulo, con enlaces y terminaciones diferentes; y también variará la composición de las respectivas fases dispersantes. Membranas periféricas los limitan, separándolos del citoplasma que los circunda.

Que los albuminoides componentes de estos pequeños órganos ce-

lulares son específicos, propios, diferentes unos de otros y de los citoplásmicos lo ha reconocido siempre el citólogo por el empleo de los reactivos colorantes que los revelan. Una coloración selectiva indica la existencia de una adsorción o absorción selectiva y, por tanto, de grupos químicos especiales o de condiciones especiales en la constitución de los orgánulos.

En los trabajos de análisis no ha sido posible aislar las proteínas de condriosomas y de dictiosomas de las citoplásmicas. Pero en el núcleo, mucho más grueso y predominante en algunas células especiales (en los gametos masculinos), se ha podido determinar químicamente que sus proteínas son distintas de las citoplásmicas y, además, la presencia de sustancias particulares. Se ha demostrado también que el pH de su jugo es distinto del citoplásmico y no desciende del valor 7, es decir, se mantiene en el punto neutro. Sobre esto, sin embargo, hemos de hacer las mismas salvedades que expusimos al tratar del pH citoplásmico.

Las relaciones físicas y químicas entre piezas protoplásmicas tan distintas se establecen por la masa viva citoplásmica general, en la que todas están incluidas. Las tenues membranas, de naturaleza tonoplásmica, que se interponen entre el orgánulo y el citoplasma, tienen notables propiedades de semipermeabilidad oscilante, es decir, susceptible de variar, ya por la proporción entre iones *Ca*, *Na* y *K*, de que ya tratamos, o de otros, sino también por la cantidad y naturaleza de fosfolípidos que fijan y por la orientación de los grupos hidrófilos y lipófilos, acidófilos y basófilos, en sus superficies interna y externa. Al ser diversa en una y otra superficie esta orientación, una partícula determinada puede atravesarla en una dirección y no, en cambio, en la contraria. Así, la diferencia de concentración de una sustancia en la fase dispersante a uno y otro lado de la membrana llega a ser grande. Una variación en el pH puede determinar un completo cambio de características en esta semipermeabilidad selectiva.

La actividad química entre el citoplasma general y sus distintas partes diferenciadas, así como en el seno de cada una de ellas, es realizada, ordenada y dirigida siempre por diastasas o zimetas. Estos agentes químicos orgánicos, catalíticos, han sido muy estudiados desde que Pasteur descubrió su existencia y señaló su importancia.

Obtenidas de los seres vivos, se conocen hoy numerosas especies de diastasas. Se han estudiado en los laboratorios las reacciones que determinan y aceleran por su sola presencia, por cuanto forman compuestos intermedios inestables que las regeneran; y muchas han sido objeto de importantes aplicaciones industriales. Como se comprende, sólo han podido ser obtenidas aisladamente y estudiadas aquellas que las células producen en gran proporción. Son éstas las que la materia viva emplea

para actuar sobre sustancias del ambiente o sobre reservas para utilizar en su metabolismo los productos resultantes.

Reacciones especiales han podido revelar la presencia en el protoplasma de otras zimetas que allí realizan su especial acción química y no son secretadas; por consiguiente, su proporción es tan escasa, que imposibilita su extracción y estudio aislado. En su mayoría, las diastasas celulares son aún desconocidas. Fundadamente sospechamos su presencia y suponemos su modo especial de acción; pero sin conocer su mecanismo. No sabemos cuáles sean las que enlazan los aminoácidos, según el orden exigido en cada caso, para formar las cadenas de albuminoides vivos, ni las que actúan en la rápida reconstrucción de inestables estructuras, rítmicamente alteradas, como ocurre en las neuronas, ni las que intervienen en la fotosíntesis o en otras importantes funciones orgánicas.

El número de especies diversas de zimetas protoplásmicas es indudablemente grande. En esto también cada órgano celular tiene sus características propias, ya por las diastasas que produzca, ya por las que allí se acumulen y aun por las reacciones que produzcan, puesto que éstas son reversibles y en gran parte dependen de las condiciones del medio en que actúan. Ellas son siempre los agentes químicos de interacción intraprotoplásmica.

A estos agentes químicos catalíticos se deben las especiales características que presentan todas las acciones químicas que se realizan en la materia viva. Las zimetas del protoplasma viviente dirigen tanto las síntesis como las descomposiciones, por caminos distintos a los que ordinariamente sigue la materia inerte para llegar al mismo resultado. Reacciones sencillas de oxidación o de hidrólisis, cuando las realiza la materia viva, lo hace de modo tan gradual, con tantos estados intermedios y tantas derivaciones, que no hay semejanza alguna con el proceso *in vitro*, que parta de idéntico estado inicial y llegue al mismo final. En las reacciones de síntesis compleja, que implican gran gasto de energía al fabricar sustancias fuertemente endotérmicas, la marcha es más complicada, con intervención de varias zimetas y numerosos cuerpos intermedios. Sobre estas reacciones, los conocimientos bioquímicos son aún en extremo deficientes.

Actualmente se ha iniciado un método de investigación que promete aclarar muchos puntos de tan complicados procesos bioquímicos. Consiste en emplear isótopos, que se introducen formando parte de compuestos alimenticios. De esta manera se puede seguir la marcha intracelular del isótopo y averiguar las sucesivas sustancias, por las que pasa aquel átomo hasta llegar a su destino final. Si se hallan medios técnicos para seguir esta marcha intracelularmente, se avanzará mucho en los conocimientos de citofisiología.

XII

EL NUCLEO

El núcleo no puede ser considerado como un simple orgánulo protoplásmico, sino como un conjunto o reunión de orgánulos diversos que integran un sistema relativamente voluminoso y claramente delimitado. Por esto, todo protoplasma se considera constituido por dos partes bien distintas: núcleo y citoplasma; aquél sumergido siempre en éste. Anteriormente hemos mencionado el caso especial de las Protofitas, los más simples de todos los organismos, en los cuales esta separación no es tan manifiesta.

Experiencias de microdissección han demostrado, sin excepción alguna, que la materia viva o protoplasma precisa para su existencia la interacción de estos dos distintos sistemas: el citoplásmico y el nuclear. Si en una célula viva, mediante las agujas de microdissección, es separado el núcleo del citoplasma, ambas partes mueren rápidamente. En cambio, si al núcleo no se le priva completamente del citoplasma circundante, la vida no cesa, sino que la pequeña porción de citoplasma, conservada junto al núcleo, crece y la célula se regenera. Un organismo unicelular puede ser, con facilidad, dividido en dos fragmentos, de manera que el núcleo quede incluido en uno de ellos; entonces el fragmento anucleado muere, mientras que el nucleado continúa su actividad vital, crece en él el citoplasma y la célula se reconstituye.

Ya en el siglo pasado, pronto observaron los citólogos que en todos los seres existe una estrecha relación de proporcionalidad entre el tamaño de una célula y el de su respectivo núcleo. Observaron la subordinación entre la talla que una célula puede alcanzar y el tamaño de su núcleo. Esto sugirió la idea de considerar al núcleo como el órgano que preside y dirige toda la actividad celular.

El botánico SACHS enunció el principio: cada célula contiene la



cantidad de citoplasma que su núcleo puede gobernar. Sus numerosas observaciones acerca de la uniformidad de las magnitudes celulares para cada órgano y en cada especie, y siempre con aquella relación de proporcionalidad entre volumen nuclear y volumen citoplásmico, le permitieron llegar a tal conclusión. Hizo notar, además, que la diferencia de talla entre individuos de la misma especie depende del número de células y no de la magnitud de éstas.

BOVERI estableció la ley numérica de esta relación: para un mismo órgano, de un mismo ser o de diversos individuos de la misma especie, el tamaño de la célula es precisamente proporcional al de su núcleo. Confirmó esta ley, entre otras observaciones, por el estudio de larvas de erizos de mar, obtenidas fecundando huevos merogónicos, es decir, fragmentos de huevos sin núcleos. Como entonces el huevo se desarrolla con sólo el núcleo del espermatozoo, que precisamente equivale a la mitad del ordinario de un huevo fecundado, las células resultantes de la segmentación son mitad menores que en una larva normal. Pero en la talla del individuo esto se compensa, prosiguiéndose la división celular hasta que el número de células es doble que el presentado en el desenvolvimiento de un huevo ordinario.

Igual resultado obtuvo DRIESCH estudiando larvas de erizos de mar, procedentes de óvulos desarrollados por partenogénesis artificial; así como LOEB en sus notables trabajos sobre la fecundación, provocando el desarrollo partenogénético mediante agentes físicos y químicos y comprobando las famosas experiencias de BATAILLON, que consiguió el desarrollo partenogénético de huevos de rana, pinchándolos ligeramente con una fina aguja y tratándolos después con suero sanguíneo. Los renacuajos y ranas, así originados, son enanos; las células de sus tejidos sólo alcanzan la mitad del tamaño normal, porque su núcleo es mitad del ordinario de la especie. Sin embargo, en muchos casos puede esto compensarse por división de los elementos nucleares, no seguida de la correspondiente división celular.

Los investigadores modernos han estudiado detalladamente estas relaciones de proporcionalidad, por cuanto ello puede revelar datos acerca de la naturaleza de las funciones nucleares, que se consideran esenciales o fundamentales para la actividad celular. Los resultados son siempre concordantes con lo expuesto. En cada ser, la relación entre volumen nuclear y volumen citoplásmico es constante. En distintos tejidos pueden hallarse células de tamaños diversos; pero siempre en relación volumétrica sencilla, la de la serie natural de los números; y si la célula tiene un volumen doble, triple, cuádruple..., etc., es porque su núcleo aumentó de volumen en la misma proporción relativa. Las variaciones



del volumen nuclear siempre son múltiplos enteros de una unidad fundamental; por consiguiente, lo mismo sucede en la célula.

Es innecesario advertir que se trata de la relación entre volumen nuclear y el de la masa citoplásmica viva, sin considerar las formaciones paraplásmicas, como, por ejemplo, grandes acumulaciones de sustancias de reserva o de productos de secreción o vacuolas hídricas, que a menudo alcanzan gran desarrollo en los vegetales, etc. (Véase la FIG. 1 y las 8 y 9, más esquematizadas).

Aquella unidad fundamental de volumen nuclear varía de unas especies a otras. En Talofitas inferiores y en los pequeños Protozoos hay especies cuyo núcleo mide una micra o menos de diámetro. En la generalidad de los seres de uno y otro reino el diámetro medio de sus núcleos está comprendido entre 5 y 15 micras, según las especies; pero también los hay mayores o menores. En ciertas células pueden ser mucho mayores, como múltiplos del tamaño normal.

La masa del núcleo se debe principalmente al número y dimensiones de sus cromosomas, que son los orgánulos más interesantes y mejor estudiados de cuantos componen el sistema nuclear. En las fases intercinéticas, ellos constituyen la red cromática, donde parecen como confundidos unos con otros. Pero la individualidad de cada uno se manifiesta claramente durante la cinesis (FIGS. 6 y 7).

Distintos unos de otros por sus propiedades y funciones, y también, a menudo, por su morfología, pueden considerarse ordenados en serie, llamada haploide; de manera que cada serie comprenda uno de cada clase. El núcleo de constitución mínima será aquel constituido por sólo una serie completa. Esto ocurre en los núcleos de los gametos. Lo general en las células somáticas es la presencia en sus núcleos de dos de tales series, y por ello se dicen diploides. Pero pueden contener tres series, cuatro, cinco, seis o más; es decir, pueden ser triploides, tetraploides, etc., y, en general, poliploides. Por esto el volumen nuclear es siempre un múltiplo de un valor, unidad mínima, que corresponde al haploide. El número de cromosomas de la serie fundamental, haploide, es una constante específica; pero varía de unas especies a otras.

Los estudios de Genética han sido los grandes impulsores de estas investigaciones nucleares al descubrir que los *genes* residen precisamente en los cromosomas. Experimentalmente, valiéndose de agentes tales como rayos X duros, radium, colchicina, etc., se ha conseguido alterar el número de estas series, fragmentar los cromosomas, producir perturbaciones en la división celular, de modo a suprimir alguno determinado, o bien obtener núcleos con este o aquel cromosoma supernumerario, etc., observándose la trascendencia que todo ello tiene en la morfología y biología del ser. De ello no podemos tratar aquí.



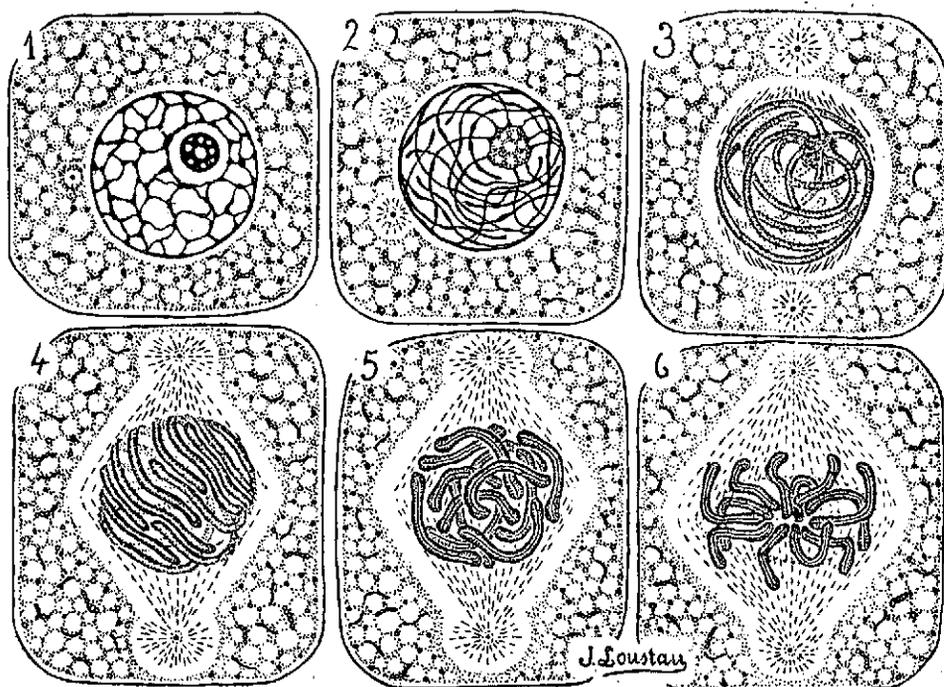


FIGURA 6: Cariocinesis. Representación de algunos estados de la profase y metafase: 1, núcleo en intercinesis. Junto a él se ve el centrosoma, envuelto por su esfera hialina, con pequeños filamentos radiantes, que formarán el aster. Centrosoma y aster no son perceptibles en las células de las Cormofitas.—2, El centrosoma se ha dividido en dos, que marchan en direcciones opuestas, hasta ocupar los polos de las células. Los filamentos cromosómicos, largos y delgados, se individualizan y entran en conexión con el nucleolo por uno de sus extremos.—3, Cada centrosoma, con su aster, ocupa su respectivo polo. Los cromosomas se contraen, el nucleolo es absorbido por ellos, la membrana nuclear desaparece y se inicia la formación del huso acromático.—4, Los cromosomas se disponen en óvulo madre. Tenues fibrillas unen los polos entre sí y con el plano ecuatorial, formando el huso acromático.—5, Final de la profase y comienzo de la metafase; al alcanzar los cromosomas su tamaño definitivo y forma característica, iniciándose la hendidura longitudinal que divide cada cromosoma en dos gemelos idénticos.—6, Los cromosomas se disponen radialmente en el plano ecuatorial. Si su longitud es mayor que el radio de este plano (como ocurre en el ejemplo que hemos dibujado), sus extremidades periféricas se encorvan hacia arriba o hacia abajo, siempre dentro de la zona ecuatorial del huso acromático ($\times 1.000$).

En el volumen nuclear influye también el desarrollo del nucleolo o nucleolos; pero la masa nucleolular depende estrechamente de la dotación cromosómica, y en cuanto al jugo nuclear sus variaciones se relacionan con los diversos estados sucesivos o fases de la evolución total de la célula.

Antes hemos dicho que las proteínas nucleares son específicamente

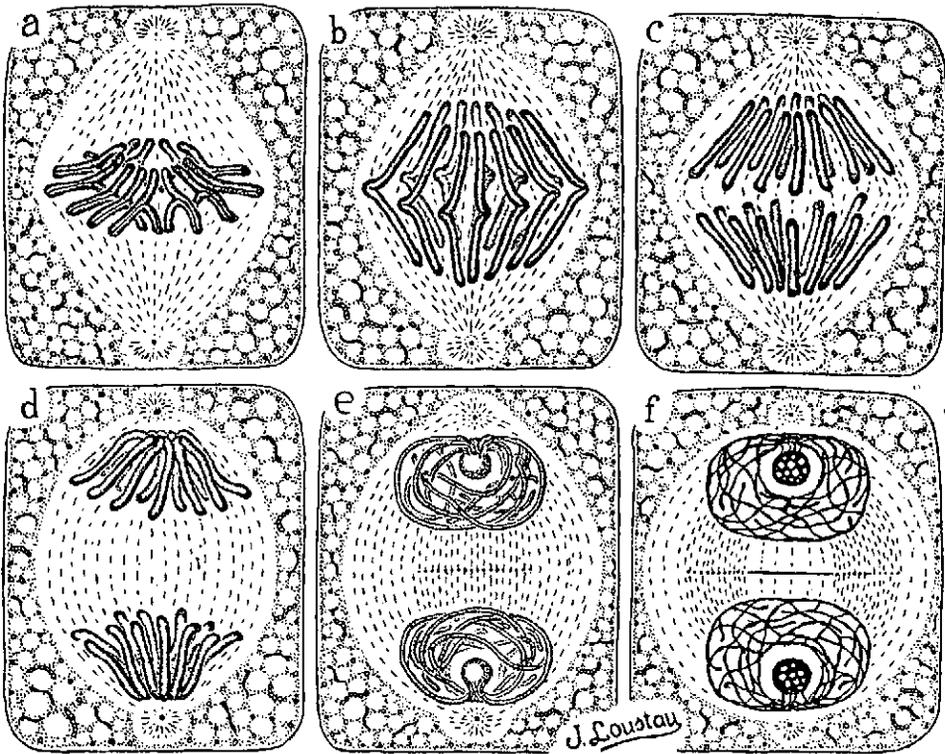


FIGURA 7: Anafase y telofase de la cariocinesis: *a*, Se inicia la separación de los cromosomas hijos, resultantes de la división longitudinal indicada en la figura anterior. Nótese que el fenómeno comienza por el extremo o cabo interno de cada cromosoma madre y se extiende progresivamente hacia el extremo periférico, el cual va entrando en el plano ecuatorial a medida que divergen las partes internas, separándose en dirección al polo respectivo.—*b*, Los cromosomas hijos gemelos, en su ruta hacia los correspondientes polos, están aún unidos por sus cabos periféricos.—*c*, Cromosomas gemelos totalmente separados. El uso acromático se ensancha progresivamente hasta tomar forma de tonel.—*d*, Los extremos internos de los cromosomas llegan a los polos y se ponen en contacto, quedando libres y radiantes los extremos periféricos (fase de las estrellas hijas).—*e*, Formación del nuevo nucleolo en el punto de contacto de aquellos extremos fusionados de los cromosomas; éstos se alargan y entrelazan formando los ovillos hijos. En el plano ecuatorial, aparecen espesamientos en las fibras del huso, para iniciar la membrana de separación de las dos células hijas.—*f*, Alargándose y entrelazándose, los filamentos cromosómicos llegan a formar la red cromática de los nuevos núcleos. La formación de la membrana destinada a separar las células hijas, progresa desde el centro a la periferia del plano ecuatorial, ensanchándose el huso hasta alcanzar los bordes celulares. Una vez completada la membrana, el huso desaparece y el citoplasma se extiende, rodeando a los nuevos núcleos. En otros casos, las células hijas se individualizan por estrangulación de la primitiva, según el plano ecuatorial.

distintas de las que intervienen en la red citoplásmica; y también que las condiciones físico-químicas del jugo nuclear difieren de las del cito-

plásmico; así lo demuestran las determinaciones de su pH, no obstante la insuficiencia y falta de precisión en sus medidas.

Algunas proteínas nucleares han podido ser aisladas y estudiadas, obteniéndolas de espermatozoos de peces. La masa principal de los espermatozoos está constituida por su núcleo, y como en la época de la reproducción estos animales producen y emiten grandes cantidades de dichos elementos sexuales, con facilidad se pueden recoger en masa suficiente para los estudios químicos.

De estos espermatozoos se han aislado polipéptidos, llamados *protamias*, relativamente sencillos y que se distinguen por su gran riqueza en aminoácidos de carácter básico, tales como leucina, histidina, arginina, lisina, etc. Con ellos se hallan ácidos nucleicos, que son compuestos fosforados, en los que el ácido fosfórico está unido a bases del grupo purina y del pirimidina, más un hidrato de carbono, que es una desoxirribosa. En la especie de este carbohidrato y en una de aquellas bases, difiere el ácido nucleico animal llamado timonucleico, del propio del reino vegetal.

A la presencia de estos ácidos en la red nuclear y en los cromosomas se atribuye la gran afinidad de estas estructuras nucleares por los colorantes básicos, tan empleados en Histología.

Los cromosomas están formados por cadenas de las especiales proteínas nucleares, con estructura inframicroscópica semejante a la que hemos descrito para el citoplasma; pero más densa. Así parece confirmarlo el estudio de los cromosomas gigantes que poseen las glándulas salivares de los Dípteros. Los enlaces o puentes de esta red proteínica cromosómica serán distintos de los citoplásmicos y sus cadenas laterales, por lo dicho, deben ser predominantemente básicas.

El ácido nucleico, atraído y retenido con mayor o menor energía, según las condiciones del momento, puede desempeñar un papel protector de estos grupos terminales, evitando o retrasando sus cambios o alteraciones químicas que agentes físicos o químicos tiendan a producir.

Esta acción protectora ejercida por los grupos fosfóricos de los ácidos nucleicos pudiera darnos la explicación de algunas notables particularidades de las neuronas o células nerviosas. En su especialización, estas células han perdido su facultad de división, y cabe imaginar que esto se debe a una enérgica y constante protección del retículo cromático entero, impedido por ello de entrar en cinesis. Estabilizado así el retículo, pueden quedar grabadas en él las impresiones de los estímulos, sin que se borren o esfumen por un proceso de rejuvenecimiento, como es el de la división nuclear. Las reacciones de las neuronas, que dan lugar a reflejos absolutos, reflejos condicionados, etc., precisan de una estabilidad en su estructura que desaparecería si en ellas se efectuara el proceso de

reproducción. La gran riqueza en fósforo del tejido nervioso es dato que apoya la idea.

Las experiencias de los investigadores de la Genética han demostrado plenamente que los genes no sólo están localizados en los cromosomas, sino que ocupan en ellos una posición constante, que ha podido ser determinada con toda precisión. Alineados en fila a todo lo largo de ellos, se han podido precisar hasta las distancias relativas que separan a unos de otros de cuantos contiene cada cromosoma. Se admite, pues, que tales genes son precisamente las cadenas laterales o sus grupos terminales de la compacta red proteínica cromosómica. La mutación de un gene puede ser producida por la alteración química de la correspondiente cadena lateral, y el cambio de posición que a veces se observa, por el correspondiente cambio de unas cadenas por otras o verdadera emigración de las ramas a lo largo de la cadena principal, que así permutan sus respectivas posiciones.

El ácido nucléico actúa como protector de estas ramas laterales, que por ello pueden conservar su constitución particular a través de las vicisitudes por las que pasan aquellos orgánulos cromáticos durante los procesos cariocinéticos. La protección será más o menos eficaz según sean las especiales propiedades químicas de cada grupo funcional de la rama. Así unos genes son relativamente estables, mientras que otros se muestran susceptibles al influjo de los agentes que pueden provocar su mutación, ya sean los naturales, ya los artificiales (radium, colchicina, etc.) que a estos efectos emplean los investigadores.

Todos los citólogos admiten que el núcleo es un órgano productor de numerosas diastasas, mediante las cuales mantiene bajo su control toda la actividad celular, siendo, además, el determinante de la especificidad. Los nucleolosomas o elementos constituyentes del nucleolo puede suponerse que son los productores de las zimetas que realizan el encadenamiento primero o fundamental de aminoácidos. Estas primeras cadenas serán después moduladas por una acción diastásica ejercida por los genes, es decir, por los grupos cromosómicos laterales, que las dotan de sus caracteres específicos y de los de variedad. Estos caracteres particulares son los determinantes, en el curso ontogénico del ser, de todas sus cualidades propias. Un pequeño cambio en una proteína fundamental se manifestará más tarde en mutaciones o variaciones bruscas, morfológicas y fisiológicas. Son muchos los fenómenos biológicos demostrativos de esta relación entre composición química y morfológica del ser.

Atravesando la tenue membrana nuclear moléculas albuminoideas, dotadas ya con su constitución fundamental, pasan al citoplasma; en él otras zimetas las convierten en las cadenas proteínicas de este sistema

o de sus orgánulos. Notables estudios han demostrado que aquella membrana puede ser atravesada por partículas microscópicas y, con mayor facilidad, por las inframicroscópicas.

El paso de nucleolosomas desde el interior del núcleo hasta el citoplasma, teniendo que atravesar la red cromática y la membrana, ha sido estudiado y descrito por notables citólogos, que investigaron el fenómeno en células donde se elaboran gran cantidad de albuminoides, ya sea como reserva (en la ovogénesis), ya para su secreción (células de las glándulas sericígenas de Arácnidos y Lepidópteros). Como aquellos nucleolosomas realizan entonces su función sintética en el citoplasma, son comparables a mitocondrias. Por estos y otros hechos observados, algunos citólogos han supuesto que todo el condrioma es de origen nuclear. Tal generalización, sin embargo, es inaceptable.

En la actividad nuclear, los fenómenos más sorprendentes y mejor estudiados son los de cariocinesis. Las fases sucesivas de este notable proceso, sus más pequeños detalles y las variantes que se presentan en cada caso, su significación, consecuencias, etc., han sido detenidamente analizadas por los micrografos, en razón a su especial significación e importancia en las investigaciones de Genética.

En las Figs. 6 y 7 representamos gráficamente el aspecto del núcleo en algunas fases de este notable proceso. Su detallada descripción figura en todos los trabajos recientes de Citología, corregidos ya los errores de observación, bien que poco importantes, en que incurrieron citólogos anteriores.

Resultado de la cinesis es la división del núcleo en dos idénticos. Para ello, cada cromosoma se ha hendido longitudinalmente en dos, exactamente iguales en todas sus partes y regiones y con la misma constitución que el original. Estos cromosomas hijos gemelos, como si se repudiaran entre sí, han marchado reptando hacia los polos, para integrar los dos núcleos hijos.

Ancha zona protoplásmica hialina rodea a la gran figura nuclear cariocinética, manteniéndola separada del antiguo citoplasma. Al final, son las fibras del huso, espesándose en su parte media, las que forman la membrana de separación de las dos células hijas. Después, el citoplasma invade el espacio ocupado por el huso y rodea a los dos nuevos núcleos.

De éste y de otros fenómenos nucleares hemos tratado en nuestra ya mencionada publicación sobre los nucleolos; ello nos releva de describirlos aquí. Pero advertiremos que, hasta hoy, no se ha encontrado explicación aceptable sobre el mecanismo íntimo de tan notables funciones celulares.

Recientemente, el profesor SCHRADER ha estudiado esta cuestión de-

talladamente, analizando y discutiendo cuantas hipótesis se han formulado para esclarecerla, y termina reconociendo que nos falta una teoría explicativa de la cinesis. Este es, pues, uno de los varios fenómenos vitales complejos, cuyos enigmas no han podido ser despejados por las teorías modernas.

XIII

EL CONDRIOMA

Mitocondrias, condriomitos y condiocontos son orgánulos abundantemente esparcidos por todo el citoplasma (FIGS. 1 y 2). Pequeños, diversos e incluídos en la masa viva general, no han podido ser aislados en cantidad suficiente para someterlos al análisis químico preciso para determinar las especies de albuminoides que intervienen en su composición. Pero es indudable que sus proteínas difieren de las citoplásmicas y forman una red, en la cual los grupos funcionales estarán dispuestos de un modo especial, adecuado para desenvolver la actividad propia de cada uno de estos orgánulos, cuyo conjunto se denomina *condrioma*.

Las tenues membranas que envuelven a estos pequeños órganos son de naturaleza tonoplásmica, con propiedades de semipermeabilidad electiva, semejantes a la que circunda toda la periferia celular. En su jugo interior, que impregna la red, se ha reconocido la presencia de fosfolipoides relativamente abundantes y de hidratos de carbono. Pero no disponemos de recursos técnicos que nos permitan averiguar las condiciones físico-químicas que allí reinan, indudablemente distintas de las citoplásmicas.

Estos pequeños órganos desempeñan funciones asimiladoras, sintéticas, diversas de unos a otros, según su tipo; diversidad que existe aun dentro de los que tienen la misma morfología microscópica. Diastasas que elaboran o que retienen por adsorción en las ramas laterales de su red proteínica son los agentes activos de su trabajo químico.

En su condrioma celular, los seres vegetales poseen determinados tipos de condriosomas que evolucionan, aumentando considerablemente su tamaño, y se convierten en *plastidios*. Estos corpúsculos celulares, por consiguiente, son verdaderas mitocondrias hipertrofiadas y están desti-



nados a realizar las más intensas y activas funciones asimiladoras de las plantas.

Al microscopio, con gran amplificación, su estructura parece finamente alveolar y, a veces, fibrilar. Su red proteínica forma como pelotones en el seno de un jugo rico en lipoides y también en hidratos de carbono. Las corrientes citoplásmicas, antes mencionadas, pueden arrastrarlos, obligándolos a cambiar de lugar; pero, además, con independencia de esto, pueden desplazarse por locomoción propia, mediante movimientos amiboideos lentos, deformándose como los Rizópodos o los leucocitos, aunque en escala mucho menor.

Por sus especiales funciones pueden distinguirse diversos tipos de plastidios. Los dotados de clorofila, llamados por esto *cloroplastidios*, son los únicos que realizan la *fotosíntesis* o captación de la energía radiante, base imprescindible de la actividad vital de todos los organismos. Este pigmento verde, que los cloroplastidios producen y contienen, es de composición compleja, muy semejante a la de la hemoglobina. Desdoblándola químicamente, se escinde en un alcohol especial, el fitol, y en varias porfirinas que contienen un átomo de magnesio, a diferencia de las porfirinas derivadas de la hemoglobina, que contienen hierro. Pero, aunque no entra en su composición, la presencia del hierro es indispensable para la formación de la clorofila en el plastidio.

En el pigmento verde total se hallan dos especies de clorofila, la *a* y la *b*, que con facilidad se transforman una en otra, siendo la segunda un producto de oxidación de la primera. En mezcla con ellas hay, además, pequeña cantidad de carotina (la provitamina A) y cierta proporción de xantofila, que parece derivar de la oxidación de la anterior. La clorofila absorbe las radiaciones solares luminosas, especialmente las rojas de longitudes de onda comprendidas entre 680 y 640, y es esta energía la utilizada por el plastidio en la fotosíntesis.

Mediante zimetas especiales, la red viva de estos corpúsculos verdes emplea aquella energía en la síntesis de hidratos de carbono a partir de CO_2 y de H_2O . La reacción es fuertemente endotérmica. Por cada gramo de glucosa sintetizada son 3.742 calorías pequeñas las que el plastidio ha captado y convertido en energía potencial química.

A medida que se produce, este glúcido es polimerizado en almidón, que se deposita en el seno del plastidio, en forma de pequeños granos bien perceptibles. Pero puede ser otra especie de hidrato de carbono la directamente sintetizada y aun cabe la posibilidad de la producción inmediata del almidón, a juzgar por los resultados de las actuales investigaciones.

Hasta hace pocos años, para explicar el fenómeno se aceptaba la teoría de BAYER. En ella se supone que el primer producto elaborado



durante la fotosíntesis es el aldehído fórmico, el cual, polimerizándose con rapidez, se transformaría en aldehído glicocólico, triosa y, por último, en glucosa. Más modernas son las hipótesis que asignan al hidrógeno activado por la acción de la luz el principal papel en este gran fenómeno de reducción, actuando el agua como cuerpo donador y el anhídrido carbónico como receptor de este hidrógeno activado. De esta manera, sería el agua la sustancia realmente descompuesta en sus elementos, en reacción fuertemente endotérmica, a la que aplicaría el plastidio la energía luminosa absorbida. El oxígeno resultante se une a la clorofila *a*, transformándola en *b*; pero ésta pronto lo desprende, regenerando la primera. Estas teorías, que consideran la fotosíntesis como fenómeno complejo de hidrogenación, están relacionadas con otras, en las cuales las funciones de liberación de energía y oxidaciones respiratorias en general son consideradas fundamentalmente como reacciones de deshidrogenación.

Actualmente, el empleo de isótopos del *C* ha permitido operar con $C O_2$ radioactivo y esclarecer muchos detalles de la reacción fotosintética. Se ha comprobado la existencia en el cloroplastidio de una sustancia de gran peso molecular y de naturaleza enzimática, que podemos representar abreviadamente por la fórmula $R \cdot H$ y que tiene la propiedad de fijar el $C O_2$ y convertirse en $R \cdot C O O H$, es decir, que aquel átomo de *H* unido a su radical se une al anhídrido carbónico, formando un grupo carboxilo; esta reacción es reversible y se realiza sin necesidad de la luz, pues tiene lugar en la oscuridad lo mismo que en plena iluminación. Entonces, ya en presencia de la luz, el agua es reducida, teniendo lugar la reacción $R \cdot C O O H + H_2 O + luz \longrightarrow R \cdot C H_2 O H + O_2$, transformándose dicho carboxilo en grupo alcohólico y desprendiéndose oxígeno. Un *H* del grupo alcohólico formado, sin separarse del radical, fija a su vez $C O_2$ y forma nuevamente el carboxilo, resultando $R \cdot C H O H \cdot C O O H$, que con el agua y la luz se transforma en otro grupo alcohólico, y así sucesivamente. Resulta, pues, que aquella enzima forma una cadena de grupos alcohólicos, enlazados en hidrato de carbono. Rompiéndose esta cadena, el glúcido queda separado de la enzima y ésta continúa su actividad. Por consiguiente, las investigaciones actuales con isótopos demuestran que la reducción, con la consiguiente fijación de energía, tiene lugar al reaccionar el grupo carboxilo con el agua, para formar grupos alcohólicos, y que la actividad de la zimasa, sin necesitar luz, es la que regenera el carboxilo fijando $C O_2$.

Trabajos ya antiguos de los citólogos revelaron que es característico de los cloroplastidios el estar dotados de enérgico poder reductor. En esta propiedad se funda el método de PENZA para revelarlos, distinguiéndolos de todos los demás plastidios o de otros elementos del con-

drioma, mediante impregnación con nitrato de plata. Se demostró que este carácter reductor no depende de la clorofila, puesto que ya la poseen los muy jóvenes, todavía sin pigmentos, incluso los que se hallan en estado de mitocondrias, como también los que, por cualquier causa han perdido su pigmento verde.

Sin duda, es la sustancia enzimática de gran magnitud molecular, antes aludida y exclusiva de estos orgánulos, la que los dota de tal propiedad reductora. Probablemente, una especial estructura en sus cadenas albuminoideas determina que un grupo terminal, H , tienda a convertirse en carboxilo, mediante fijación de anhídrido carbónico.

La actividad del estroma plastidial reductor es el factor intrínseco más importante de cuantos influyen en la intensidad de la fotosíntesis. La cantidad relativa de clorofila apenas afecta, habiéndose comprobado que plastidios pobres en clorofila pueden asimilar mucho más que otros muy ricos en el pigmento. Los cloroplastidios jóvenes asimilan más que los viejos y la acumulación de los productos de la fotosíntesis hace disminuir su actividad. La intensidad de la luz, proporción de CO_2 en la atmósfera, temperatura, etc., son factores extrínsecos que influyen en la mayor o menor intensidad de esta función.

La clorovaporización, intensa emisión de vapor de agua, que siempre acompaña a la fotosíntesis, establece en toda la célula una verdadera refrigeración y absorbe el calor producido por la inevitable degradación de energía durante el trabajo asimilador. Pero no existe máquina alguna artificial ni aparato construido por el hombre que consiga un rendimiento energético tan elevado como el cloroplastidio. En estos orgánulos el rendimiento pasa del 80 por 100, es decir, la pérdida de energía por degradación no alcanza un 20 por 100.

En los parénquimas verdes, al pasar la planta de la oscuridad de la noche a la iluminación diurna, los cloroplastidios comienzan su actividad fotosintética, consumiendo rápidamente el CO_2 de todo el jugo celular. Esto determina la variación del pH protoplásmico, no súbita por la influencia de los amortiguadores, pero que gradualmente se establece en todo el citoplasma, cuya alcalinidad aumenta por consiguiente. La reacción a este cambio en las condiciones físicas intrínsecas es una absorción enérgica de los jugos acuosos, ricos en CO_2 , que penetran a través de las membranas celulósicas y capa pectínica interpuesta entre las células. Consumido igualmente su CO_2 , se alcalinizan estos jugos y toda la savia que los reemplaza. Con ello aumenta el poder de absorción de todo el aparato vascular, y una gran corriente acuosa ascendente, muy superior a la ordinaria, circula desde los pelos radicales hasta los parénquimas asimiladores.

Aquella variación que el cloroplastidio determina en el pH de su



célula ocasiona como reacción estos fenómenos, de extraordinaria intensificación en todo el cuerpo del ser, de algunas o muchas de sus funciones. El plastidio mismo, desde que inicia la fotosíntesis, experimenta el cambio de su medio, que se alcaliniza. El contiene una diastasa que polimeriza la glucosa producida y la transforma en almidón. Granillos de este polisacárido se acumulan en el seno del mismo plastidio, estorbando cada vez más la actividad, fotosintética. Pero al llegar la noche, las condiciones cambian. El CO_2 no es ya consumido; se acumula en el citoplasma y hace disminuir el valor de su pH. Cesa, por tanto, la alcalinidad y, en estas nuevas condiciones físicas, aquella diastasa que polimerizó la glucosa en almidón actúa en sentido contrario, hidrolizando el polisacárido hasta transformarlo en glucosa.

Disuelta la glucosa, se difunde por el jugo celular y, desde éste, por todos los del vegetal. Entonces otros plastidios incoloros, los amiloplastidios, la absorben con avidez, y en ellos una diastasa la polimeriza en almidón, que ya resta allí almacenado en forma de granos característicos. Aquí la diastasa polimeriza cuando las condiciones físicas son las mismas que en el cloroplastidio donde hidroliza.

Sirva este ejemplo como indicador de la reversibilidad de las zimasas, fenómeno de importancia fundamental en toda la actividad de los protoplasmas. La reversibilidad puede ser debida al cambio de condiciones de medio o, en medio igual, a la estructura de la red proteínica viva. Precisar cuáles puedan ser las variaciones en esta red es casi imposible; pero basta considerar que una distinta ordenación de los grupos libres de sus ramas laterales es suficiente para ocasionar otra distribución iónica, molecular y micelar en los alvéolos inframicroscópicos y la consiguiente variación en toda la actividad química.

Por brevedad, prescindimos de mencionar las actividades de otros plastidios diversos. Ellos tienen su red estructural albuminoidea organizada adecuadamente para el desempeño de sus especiales funciones; y lo mismo debe entenderse para todos los elementos del condrioma.

También son los vegetales los seres vivos que fijan el nitrógeno mineral en moléculas orgánicas. El nitrógeno es absorbido del medio exterior en forma de nitratos o de sales amoniacales; pero como en las células vivas nunca se halla el nitrógeno unido al oxígeno, es indudable que, en ellas, los nitratos son inmediatamente reducidos.

Está demostrado que la formación de compuestos nitrogenados orgánicos no es un fenómeno fotosintético, como antes se creía, sino que puede tener lugar en la oscuridad o en parénquimas no clorofílicos. Es más intensa en las células verdes a la luz, por ser entonces mayores las proporciones de carbohidratos, precisos para esta asimilación. En ella, el nitrógeno amoniacal, directamente absorbido o procedente de nitra-

tos reducidos, se une a ácidos orgánicos, tales como el acético, succínico, valerianico, etc. Estos ácidos proceden de la oxidación de glúcidos. Diastasas especiales dan después a la combinación la forma de aminoácidos.

En las células se ha podido revelar la presencia de algunos aminoácidos; pero se ha demostrado que proceden de la demolición, por desasimilación, de proteínas citoplásmicas. Excepto aquéllos, no se han encontrado libres en los jugos citoplásmicos los diversos aminoácidos que integran sus proteínas ni sus enlaces sencillos en dipéptidos, tripéptidos, etc. Probablemente estas síntesis son primeramente iniciadas en el interior del núcleo, en el que penetrarán dichas primeras moléculas orgánicas nitrogenadas sencillas. No sabemos cómo, los nucleolosomas primero y los genes cromosómicos después, sintetizan con ellas los albuminoides. Los microsomas y ciertas mitocondrias modelan las especies destinadas a la red citoplásmica y a la de sus orgánulos. Estas síntesis sucesivas son realizadas catalíticamente por especiales diastasas; pero ignoramos la marcha reaccional seguida.

La asimilación del fósforo, a partir de los fosfatos minerales, la del azufre de los sulfatos, etc., nos ofrece muchos puntos oscuros que las futuras investigaciones con isotopos aclararán, sin duda, al revelar el camino que siguen sus átomos en el seno de la compleja máquina viva.

Ya hemos dicho que la liberación de la energía en la materia viviente se realiza, con la intervención de diastasas, mediante reacciones intermedias numerosas y no menos complicadas que las de captación o fijación de energía. Resulta así tan gradual la liberación, que la máquina viva no sufre cambios ni trastornos incompatibles con su delicadeza, a la vez que obtiene un gran rendimiento de trabajo. Los procesos bioquímicos de esta naturaleza, especialmente las oxidaciones respiratorias y la transformación de energía en trabajo muscular, han sido muy estudiadas. Remitimos al lector a cualquier obra de Fisiología o de Bioquímica si desea conocer detalladamente lo que hoy se sabe sobre estas funciones de la materia viva.

XIV

DICTIOSOMAS. SISTEMA VACUOLAR. MICROSOMAS.

El aparato de GOLGI está constituido por multitud de pequeños orgánulos llamados *dictiosomas*. Se ha discutido mucho sobre su realidad y su significación; pero hoy no puede negarse su existencia. Modernamente lo ha estudiado BAKER en células vivientes, y en el grado posible, de animales de distintos tipos zoológicos. Su material vivo ha sido el ganglio mesentérico anterior de *Oryctolagus cuniculus*, las células intestinales de *Triturus vulgaris* y los espermatoцитos de *Helix aspersa*.

Según sus observaciones, los dictiosomas aparecen como pequeñas vacuolas, cuyo contenido es denso y constituido por sustancias lipoides. Estos orgánulos fijan el rojo neutro; y alguno o varios de sus lipoides, difundiendo fuera de las pequeñas vacuolas, rellenan los intersticios entre ellas y son productos de síntesis, realizadas por estos elementos.

Este estudio, pues, confirma las conclusiones de otros investigadores en cuanto a considerar a los dictiosomas como los elementos citoplásmicos elaboradores de grasas y lipoides. Las cadenas proteínicas en ellos difieren de las de otros orgánulos, predominando en sus ramas laterales los grupos lipófilos. Estas cadenas, además, estarán dispuestas en capa periférica, con sus ramas en dirección centrípeta, bañadas por el contenido lipóidico vacuolar, y conteniendo los especiales fermentos sintetizadores de estas sustancias.

En ciertos estados de la evolución celular, los dictiosomas se aglomeran, formando el típico aparato de GOLGI, que por su aspecto se llamó también intestino endocelular; pero en otros casos, los dictiosomas se aíslan más o menos, esparciéndose por el citoplasma.

Del mismo modo que existen muy distintos condriosomas, los dictiosomas difieren unos de otros por su función, aun cuando morfológicamente sean análogos. Unos elaboran verdaderas grasas, otros fosfo-

lípidos, o fosfoaminolípidos, como las lecitinas y cefalinas, etc. Estos productos se acumulan en su interior, en reserva, para pasar gradualmente al citoplasma, atraídos y retenidos por los grupos lipófilos de otros orgánulos celulares.

Los lípidos retenidos por las ramas citoplásmicas lipófilas pueden ser demolidos por fermentos, consumiéndose su energía en la función

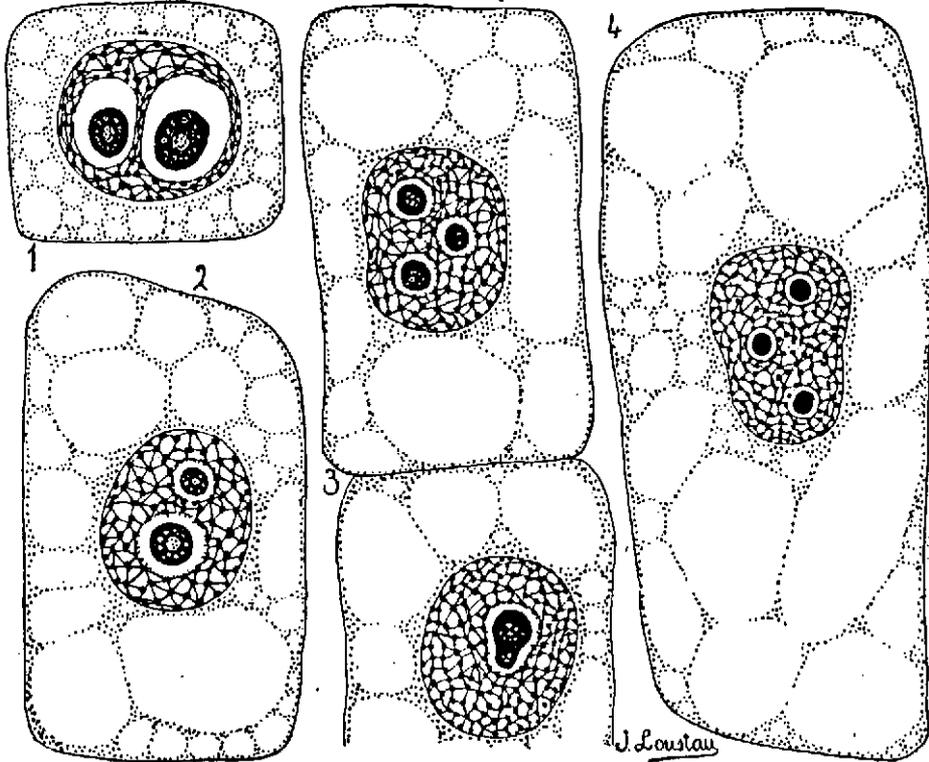


FIGURA 8: Primeros estados de la diferenciación de las células merismáticas en parenquimatosas. Raíz de *Amaryllis suriniensis* ($\times 1.000$). El aumento de volumen de la célula se debe al gran desarrollo de las vacuolas hídricas, conservándose constante la cantidad de citoplasma.

respiratoria o en la síntesis de otras materias. La misma rama lipófila puede con ello ser alterada o destruída, con formación de productos que modifican las condiciones del jugo celular en aquel punto. Esto, a su vez, despierta acciones diastásicas que pueden convertir a otra rama vecina en lipófila análoga a la primera, reconstruyéndose el estado primitivo, etc.

En las células de los tejidos adiposos, puede observarse el progre-

sivo aumento de la grasa acumulada por sus dictiosomas. Esta grasa llega a formar una gran vacuola, que ocupa casi toda la célula, y puede ser producto de elaboración a expensas de hidratos de carbono o de procedencia extracelular, absorbida enérgicamente y retenida por los grupos lipófilos. Este caso es frecuente en los tejidos adiposos animales, que constituyen grandes almacenes de reservas nutricias y, secundariamente, capas protectoras contra el frío, contra inoculaciones tóxicas por animales venenosos, etc.

Otro importante sistema citoplásmico es el *vacuolar*, constituido por un conjunto de cavidades esparcidas en el protoplasma, sin orden aparente y llenas de un líquido o jugo vacuolar, que también puede contener materias sólidas. En células animales es frecuente que sean pequeñas y aun a veces indistintas; en las células vegetales, por el contrario, es corriente que lleguen a gran tamaño, incluso hasta ocupar casi toda la cavidad celular. (Figs. 8 y 9).

Separadas del citoplasma por una capa tonoplásmica que las circunda, las vacuolas son de muy diversos tipos, según sus funciones especiales. En los Protozoarios y en los Espongiarios, animales que tienen la especial forma de alimentación que se dice vacuolar, numerosas vacuolas digestivas circulan por el seno del citoplasma, constituyendo pequeños estómagos intracelulares. Contienen las partículas nutricias captadas del exterior, sumergidas en un líquido muy ácido, que las digiere. *In vivo*, el rojo neutro revela la gran acidez de su jugo, en tanto el citoplasma que las rodea es neutro y aun alcalino. La separación entre uno y otro medio parece ser una tenuísima membrana lipoidea tonoplásmica, que impide el paso de los hidroxonios de la vacuola al citoplasma, pero no la absorción de los productos digeridos.

En su circulación por toda la masa citoplásmica, estas vacuolas digestivas hacen la impresión de verdaderas gotas con fuerte tensión superficial, que las mantiene esféricas con gran estabilidad. Realizada la digestión, hay un cambio en su jugo y disminuye aquella firmeza. Al final, llegan a tocar un punto de la membrana general que tiene la propiedad de hacer disminuir bruscamente la tensión superficial de la vacuola en la zona de contacto; allí se rompe, se vacía su contenido y desaparece. Se forman, por un fenómeno contrario, en la región considerada como bucal, para deshacerse por completo en esta otra anal.

Las vacuolas pulsátiles de los infusorios son órganos de excreción, en los que el líquido se deposita en espacios fusiformes, radiantes; distendidos por su acumulación, llega un momento en que cede la tensión en los extremos de las cavidades fusiformes y el órgano se vacía, desliziándose su contenido por pequeños canalículos; pero subsistiendo la vacuola, que volverá a llenarse y vaciarse indefinidamente.



Las vacuolas de las células vegetales, donde con frecuencia alcanzan gran desarrollo, han sido objeto de numerosos estudios. Algunos citólogos las consideran como elementos del condrioma y, en efecto, en muchos casos se ha podido observar su constitución y desarrollo por evolución de especiales mitocondrias.

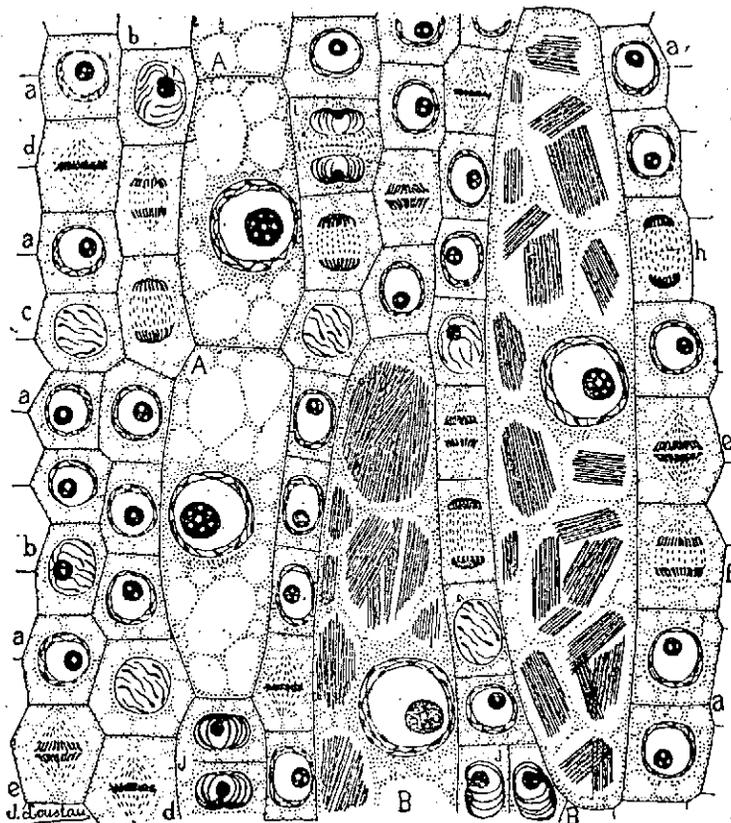


FIGURA 9: Fragmento de una sección transversal de la región meristemática de la raíz de *Calla aethiopica* ($\times 650$): a, b, c, d, e, f, células meristemáticas en diversas fases de cariocinesis.—A, B, grandes células secretoras, mucilaginosas, con rafides de oxalato cálcico en sus vacuolas y núcleo poliploide. Prescindiendo del gran desarrollo en el volumen de las vacuolas, la masa citoplásmica es proporcional a la masa nuclear.

Se ha discutido si son verdaderamente órganos vivos o si sólo deben considerarse como formaciones paraplásmicas. Hoy no cabe la menor duda de que son elementos vivos del citoplasma, aunque en su interior puedan depositarse productos de reserva, cristaliticos, materiales de secreción o servir de grandes reservorios hídricos.



Recientemente, BOSE ha investigado sobre esta cuestión, demostrando que no son órganos pasivos, simples acumuladores de productos de metabolismo, sino órganos activos de síntesis varias, de hidrólisis, etc., debiendo considerarse como verdaderos receptáculos de enzimas, que emplean en las síntesis de sustancias de reserva.

Las observaciones de BOSE en los hongos le han permitido deducir que, en general, las enzimas no salen de las vacuolas; pero que en la superficie externa de la membrana vacuolar se realizan síntesis de hidratos de carbono, de proteínas y de otras sustancias, y también fenómenos de hidrólisis, pasando los productos resultantes al interior de la vacuola. Por exudación, en las extremidades de las hifas pueden salir las enzimas al exterior.

Teniendo en cuenta éstas y otras muchas observaciones de notables citólogos, podemos considerar a la periferia de la vacuola como una capa proteínica, con estructura especial, que envuelve a la gran cavidad vacuolar; esto es, una disposición semejante a la dicha para los dictiosomas; pero en este caso con sus ramas libres dirigidas preferentemente al exterior.

Las enzimas vacuolares pueden no ser elaboradas allí, sino por microsomas o condriosomas, y acumularse en la vacuola por fuerte adsorción de su red proteínica periférica; en la superficie de ésta las enzimas realizan su acción sintética y el producto resultante es absorbido por la trama proteínica, pasando al interior cuando ésta se satura. Así puede explicarse la formación de diversos productos y su almacenamiento. Los granos de aleurona, por ejemplo, que son albuminoides de reserva, se forman en vacuolas cuya membrana elabora el albuminoide con las sustancias adecuadas del medio citoplásmico que las circunda; el producto elaborado pasa al interior, satura su jugo y, por pérdida de agua, se condensa en grano sólido. La síntesis ha tenido lugar en la superficie externa de la capa periférica proteínica de la vacuola, que es la bañada por el citoplasma general. Por esto hemos supuesto que los grupos funcionales de las ramas proteínicas de la vacuola están dirigidas hacia afuera.

Provocando la plasmolisis con una solución concentrada de glucosa, de sacarosa o de sal común, aquellas membranas vivas vacuolares llegan a ser dañadas. Las proteasas, lipasas y otras enzimas pasan al citoplasma y actúan sobre sus proteínas, almidón y grasas, hidrolizando y descomponiendo estos y otros compuestos. Entonces los condriosomas se vesiculan, sus complejos lipoteicos se rompen, quedando libres los lípidos, que forman gruesas gotas cuando abundan. Así, gradualmente, tiene lugar la licuación del citoplasma.

Dentro de ciertos límites, tal liberación de las enzimas contenidas en las vacuolas constituye un medio de defensa: la solución concen-



trada de azúcar, por su gran presión osmótica, determina la plasmolisis, absorbiendo rápidamente el agua del jugo celular, hipotónico respecto a ella; el agua pasa de las vacuolas al citoplasma para compensar la pérdida; pero, con ella, pasan también enzimas que inmediatamente hidrolizan el almidón, proteínas y otras sustancias, cuyos productos elevan la presión osmótica del jugo citoplásmico. Si la diferencia no es grande, puede llegarse a la isotonia; pero si la plasmolisis se prolonga, la hidrólisis de los compuestos citoplásmicos llega a un grado tal, que no es ya posible la reconstrucción de la estructura celular.

La liberación de lípidos por los condriosomas es también defensiva, por cuanto tiende a reforzar la constitución lipoidea de las membranas tonoplásmicas de los diversos orgánulos, tendiendo a transformarlas en hidrófobas; con ello, su jugo acuoso interno es rechazado hacia el interior y se impide su salida.

Los más pequeños orgánulos citoplásmicos son los *microsomas*. Son corpúsculos punctiformes, ovales o redondos, profusamente esparcidos por todo el citoplasma. En ningún caso pueden percibirse directamente en el protoplasma vivo, sino únicamente en preparaciones micrográficas fijadas y coloreadas; y los partidarios de la homogeneidad no admiten su existencia, estimando que son artefactos producidos por los reactivos fijadores. Pero modernos estudios citológicos han demostrado su existencia real.

Siempre muy pequeños, su tamaño se ha determinado con el hipermicroscopio o microscopio electrónico y oscila entre 60 y 200 milimicras de diámetro. Los menores, por consiguiente, miden 600 U. A. Como ya lo indica sus distintas dimensiones, los numerosos microsomas de cada célula son de diversos tipos o clases. Están compuestos principalmente de ribosonucleoproteínas asociadas o fosfolípidos.

Son semejantes a los nucleolosomas o elementos que forman el nucleolo; pero en éstos es el ácido desoxiribonucleico el ligado a sus cadenas de proteínas y en el núcleo están aglomerados en nucleolos; sin embargo, pueden emigrar al citoplasma y desenvolver en él su actividad sintética de albuminoides, viniendo entonces a confundirse con los microsomas citoplásmicos; éstos nunca se reúnen o aglomeran, sino que siempre están esparcidos.

Los microsomas son los centros de formación y localización de las enzimas elaboradoras de las cadenas de albuminoides. Hemos considerado a los nucleolosomas como los iniciadores de la formación de péptidos a expensas de las primeras sustancias nitrogenadas que sintetizan los plastidios o producidas por demolición de prótidos. Es posible que ello comience por la fabricación de aminoácidos y su enlace en dipéc-

tidos, tripéctidos, etc.; pero pudieran ser otros, hasta hoy insospechados, los métodos seguidos por estos pequeños órganos.

Los péctidos nucleolosómicos son modificados por los cromosomas, cuyos genes los dotarán de grupos o cadenas laterales, según su característica modalidad. Los que pasan al citoplasma, constituyen las micelas albuminoideas, en suspensión en el jugo celular. En contacto con los microsomas, son modificados por sus fermentos y convertidos en proteínas citoplásmicas. Probablemente la acción enzimática tiene lugar en la superficie externa del microsoma; de modo análogo a lo que ocurre en las vacuolas.

El estudio de los microsomas es hoy objeto de gran atención, porque ellos, y también los condriosomas y plastidios, son los agentes de la herencia citoplásmica. En estos pequeños orgánulos celulares residen los *plasmogenes* y *plastogenes*, factores determinantes de aquella herencia, como en los cromosomas residen los genes de la herencia mendeliana o nuclear.

La herencia citoplásmica está siempre controlada por la cromosómica. Esto se relaciona con lo dicho sobre la probable formación de las proteínas vivientes, puesto que la modificación química que les imprime el microsoma, el condriosoma o el plastidio, tiene lugar sobre la ya antes determinada por el gene cromosómico. El microsoma puede experimentar una mutación, de la misma manera que los genes nucleares. El cambio puede ser compatible con la característica cromosómica y agregarse a ella; o bien ser incompatible y entonces sin influencia, por dominar la cromosómica. La mutación en los microsomas, de igual modo que en los genes nucleares, puede ser espontánea o inducida por la acción de ciertas sustancias o por radiaciones del radium o rayos X duros.

Las mutaciones de los plasmogenes pueden determinar caracteres patógenos de gran importancia. Los más conocidos son los de los virus vegetales. También hay razones para pensar que el papel genético de los plasmogenes es fundamental en la formación y desarrollo del cáncer, lo que explica muchos fenómenos observados, interpretados como anomalías frecuentes, en la transmisión genética de esta terrible enfermedad.

Las sustancias carcinógenas, se supone hoy, actúan sobre determinados microsomas, de un modo análogo a como lo hace la colchicina sobre los genes nucleares; es decir, provocando una mutación, que ocasiona la actividad anómala de la célula cancerosa; pero esto sólo puede ocurrir si los genes nucleares, por la modalidad que han determinado en las proteínas, no se oponen a ello. Se piensa, pues, que el carácter genético cromosómico respecto al cáncer es de resistencia o de susceptibilidad. El gene propiamente canceroso es un plasmogene.

Si la resistencia genética nuclear no se opone, el microsoma con plasmogene carcinógeno se multiplica, se difunde y propaga de célula a célula por las comunicaciones protoplásmicas intercelulares y se forma el foco canceroso. Esta difusión de los plasmogenes por todo el organismo, que su exiguo tamaño facilita, determina la extensión de todo el cuerpo del ser del carácter mutacional, aparecido en los microsomas de una determinada célula.

Del mismo modo que para los genes cromosómicos puede admitirse que, en el microsoma, la mutación consiste en algún cambio o modificación de los grupos funcionales en ramas laterales libres de su red proteínica, lo que es causa de una variación en los albuminoides, que elaboran para su incorporación a la materia viva protoplásmica.

Las mutaciones son la clave de todo el gran proceso de la evolución orgánica. La especificidad en la composición de los seres se corresponde con la especificidad morfológica. Todo cambio morfológico es precedido por un cambio químico, que es su inmediato determinante. En este universal fenómeno, son los genes cromosómicos los que intervienen. Ellos son aportados al cigoto por ambos gametos equilibradamente. Los plasmogenes sólo proceden de la línea femenina y su acción siempre es controlada por aquellos fundamentales factores nucleares.

XV

DINAMISMO AUTOSINTETICO DE LA MATERIA VIVA

En cuanto llevamos dicho sobre la actual concepción teórica de la estructura de la materia viviente, hemos prescindido de la enumeración de los distintos tipos posibles de enlace entre los grupos terminales de las cadenas laterales, sus condiciones de estabilidad, circunstancias que pueden determinar su ruptura, cambios consiguientes en el punto afectado, consecuencias para el conjunto, etc. Tratar y discutir estas cuestiones, interesantes bioquímicamente, no es posible en la limitada extensión de nuestro artículo.

Por las mismas razones, al enumerar los distintos orgánulos protoplásmicos apenas nos hemos detenido en las características estructurales propias que, con arreglo a la teoría, podemos suponer en sus respectivas redes proteínicas, en unos casos laxa, en otros compacta; unas veces fibrilar, otras extendida en membrana o formando un glóbulo, hueco o macizo; con éstas o aquellas características químicas en sus proteínas o en el jugo que las baña, etc.

La teoría sólo puede ser aceptable, como hipótesis provisional de trabajo, admitiendo que las cadenas principales, sus ramas libres y sus ramas transversales de enlace, se deshacen y rehacen continuamente y de tal manera, que un estado estructural determinado nunca es idéntico a otro estado anterior del ciclo vital celular. Todo el complejo coloidal viviente y cada una de sus partes evoluciona de un modo continuo e irreversible, cuya última fase es normalmente la división o multiplicación de la unidad viviente, para volver al punto de partida.

La característica primordial y fundamental de la materia viva es su facultad autosintética. A expensas de sustancias exteriores, varias y diversas, pero inertes, los protoplasmas sintetizan sin interrupción su propia materia, con su especial estructura. Tal es la asimilación orgánica, en sentido general.

Ni por la naturaleza de las sustancias ni por la manera específica de realizarse, hay semejanza alguna entre esta autosíntesis biológica y cualquiera otra reacción química. Durante el trabajo asimilador, el protoplasma consume parte de su propia sustancia, es decir, tiene lugar una desasimilación; pero de tal manera, que siempre se acusa un superávit de la asimilación sobre la desasimilación, de donde resulta el crecimiento.

Las características especiales, y a menudo sorprendentes, de los seres vivos, su fisiología, ecología, diversidad de adaptaciones, conducta, reproducción y evolución, van dirigidas siempre a conseguir la perennidad de la asimilación. El crecimiento, es decir, el aumento continuo de masa de la materia viva, es requisito indispensable para el mantenimiento de la vida; su interrupción determina, inexorablemente, la muerte, esto es, la transformación en inerte de la sustancia viviente.

La rapidez o intensidad del crecimiento ofrece valores distintos, según las especies orgánicas; pero, más o menos velozmente, el aumento de masa es continuo. Si esto se efectuara manteniéndose toda la materia coherente en un solo cuerpo, muy pronto se verían perturbadas las relaciones materiales y energéticas entre el ser y el medio exterior. Los cambios osmóticos de sustancias entre organismo y ambiente no podrían realizarse con la intensidad precisa, supuesto que, en cuerpo macizo, la superficie aumenta como el cuadrado, en tanto el volumen aumenta como el cubo. Por otra parte, dificultades mecánicas diversas, como la gravedad, los rozamientos, etc., se oponen al aumento indefinido de volumen.

Para sortear estos obstáculos naturales, al llegar el individuo a un cierto límite de talla, también de valor específico, se divide, se multiplica. De este modo, ya lo hemos dicho, la materia viva continúa su crecimiento ilimitado; la que constituía antes un individuo, viene ahora a formar dos, después cuatro, más tarde ocho, etc. De esta sencilla manera crecen y se multiplican muchos seres inferiores, como bacterias, infusorios, etc., o por división múltiple; y análogo es el caso de la multiplicación vegetativa de las plantas, mediante estacas, acodos, bulbos, tubérculos, etc., o de animales por gemación o fragmentación. Siempre, como consecuencia, el individuo se convierte en especie y el crecimiento individual en crecimiento específico ilimitado en tiempo y espacio, en tanto exista ambiente con las condiciones físico-químicas compatibles con la vida.

En la mayor parte de los organismos, coexistiendo con la anterior o exclusivamente, se presenta otra forma de reproducción, llamada sexual, de complicado mecanismo, porque responde no sólo a la multiplicación individual, sino a la específica o evolución.

Como resultante de las funciones contrarias de asimilación y desasimilación, la materia viviente crece de un modo continuo. Por lo tanto, las cadenas de proteínas que la forman se multiplican, como consecuencia de su propia actividad, a la vez que se destruyen. El envejecimiento es una propiedad general de los coloides; pero en los eucoloides vivientes el fenómeno ofrece caracteres distintos que en los inertes.

Cada cadena albuminoidea nace en el protoplasma al ser sintetizada por las correspondientes zimastas. Hemos supuesto que estas cadenas embrionarias se forman en los nucleolosomas, que las modelan después los genes cromosómicos, las modifican más tarde los microsomas, y así pueden intervenir otros orgánulos hasta que, por fin, es incorporada o asimilada a la red de que formará parte; y serán las zimastas de esta red las que le comuniquen sus propias características. En la red, su ciclo vital irreversible continúa; más pronto o más tarde llega a un estado de vejez, y, por último, zimastas celulares operan su destrucción.

En cada estado o fase de este ciclo irreversible la cadena tendrá una constitución distinta de la que poseía en el estado anterior y de la que ofrecerá en el posterior. Las diferencias pueden consistir en variaciones de las ramas laterales libres, ya hidrófilas, ya lipófilas, en sus facultades de absorción y de adsorción, en las características de sus puntos de enlace, etc.

En la materia viviente, las cadenas proteínicas se hallan siempre en evolución continua y, por tanto, las relaciones de unas cadenas con otras y la red total, en variación también continua. Ello implica fenómenos concomitantes en el jugo celular que las baña, en la distribución de sus iones, moléculas y micelas, tensión superficial, presión osmótica, valores del pH, etc. Pero en el conjunto, las cadenas de naturaleza idéntica no han de hallarse todas en el mismo estado o fase de su ciclo, sino que mientras unas están en período de juventud, otras se hallan en el de madurez y otras en senectud, con especial coordinación que armoniza las actividades de los distintos estados del ciclo.

En el curso de este continuo proceso, se forman cadenas nuevas, idénticas a las antiguas; pero jóvenes. Se fabrican o sintetizan en mayor número que las que se destruyen por senectud; es decir, la asimilación supera a la desasimilación y, por consiguiente, la materia viva crece. La masa citoplásmica es cada vez mayor. En su seno, los distintos orgánulos se multiplican por división; pero el núcleo continúa invariable, con su volumen constante.

Anteriormente hemos indicado las relaciones de proporcionalidad entre núcleo y citoplasma. Cuando la masa de éste alcanza el límite máximo posible para la coordinación nuclear, el crecimiento tiene que detenerse, lo que implicaría, tras un proceso más o menos largo de se-



nectud, la muerte de la célula. Pero normalmente, cuando se llega a aquel límite, el núcleo entra en cariocinesis, resultando al fin dos nuevas células jóvenes, que recorren el mismo ciclo que la desaparecida célula madre.

Sustancias especiales, de acción hormonal muy sensible, son las producidas en el citoplasma cuando alcanza aquel límite de madurez para actuar sobre el núcleo, determinando su entrada en cinesis. La existencia de estas particulares hormonas y su acción excitante sobre los núcleos se han demostrado plenamente en los meristemos, en los tejidos cicatriciales, etc. También se descubrieron fenómenos de inducción, atribuidos a radiaciones especiales, llamadas mitogénicas, emitidas por tejidos en plena actividad cinésima, que excitan a distancia la misma actividad, aun en especies distintas. Por el contrario, en tejidos diferenciados de los seres pluricelulares, otras sustancias son inhibitoras de las cinesis, y la diferenciación puede llegar hasta incapacitar por completo para la cinesis a determinados núcleos.

Es notable que en muchos y diversos casos es fijo y constante el número de divisiones que la célula experimenta. Así en los esporangios de los helechos, una sola célula es la progenitora de las esporas; comienza por dividirse cuatro veces sucesivas, de donde resultan 16 células, llamadas madres, y cada una de éstas, dividiéndose dos veces, origina cuatro esporas; por tanto, cada esporangio contiene exactamente 64 esporas. También cada célula madre de polen da cuatro granos y cada espermatocito cuatro espermatozoos. Un ganglio nervioso de sanguijuela se compone de 380 células. El cuerpo del rotífero *Hydatina senta* consta siempre de 959 células. Etc.

Todo ser pluricelular diferenciado es el producto de la multiplicación de una pequeña célula, el cigoto o huevo, que asimila, crece y se divide. Hasta un cierto momento, las células del embrión son todas iguales; pero después, continuando la asimilación, el crecimiento y la consiguiente multiplicación celular comienza un proceso diferenciador y se forman sucesivamente los distintos tejidos y órganos, con su posición y relaciones características. La acción de los genes cromosómicos determina la forma y sentido de la diferenciación. Es probable que, para esto, produzcan y liberen sustancias semejantes a zimasa, las cuales vendrán a ser retenidas, por adsorción o por absorción, en determinadas regiones embrionarias, donde ocasionarán la formación de agentes químicos que imprimen una determinada orientación a las correspondientes células.

Estos agentes químicos son los *diferenciadores* u *organizadores* de SPEMANN, verdaderos reactivos de notable estabilidad, que se forman y actúan sucesivamente. Las famosas experiencias de este ilustre biólogo

en embriones de Batracios demostraron la existencia de los diferenciadores, sus propiedades y la irreversibilidad del impulso que ellos determinan en la diferenciación celular y organográfica.

Pero si estos tejidos se cultivan aisladamente, pueden experimentar una verdadera desdiferenciación y recobrar sus caracteres embrionarios. Mantenido en medio conveniente, sus células tienden a la vida autónoma, con morfología, estructura y cualidades que podemos considerar como primitivas. Asimilan, crecen y se multiplican indefinidamente; por lo tanto, son inmortales; sólo perecen por causas accidentales (falta de oxígeno, falta de adecuado alimento, intoxicaciones, condiciones de temperatura, humedad, etc., inapropiadas).

Es, pues, indudable que, además de los diferenciadores y organizadores, tan activos durante el período embrionario, otras sustancias establecen la coordinación en el desarrollo y crecimiento de los diversos tejidos, refrenando o permitiendo su actividad cinésica, según los casos; estas citohormonas actuarán intercambiándose, de manera que las liberadas por unos tejidos ejercen su acción sobre otros y las de éstos sobre aquéllos, según su particular sensibilidad. Las células cancerosas lo son por no obedecer a estos agentes citohormónicos.

Explicar tan diversos fenómenos, ajustándolos a la teoría estructural de que tratamos, es casi imposible, a menos de multiplicar excesivamente los detalles hipotéticos, que embarazarían en exceso la doctrina, inutilizándola como hipótesis de trabajo. Con este carácter, la Biología actual debe aceptarla, esperando que los estudios biológicos, en ella inspirados, resulten verdaderamente fecundos. Sin duda, los investigadores, que entusiásticamente se afanen por descubrir los secretos de la vida, tan celosamente guardados, hallarán medios técnicos nuevos, instrumentos de que hoy carecemos, que permitan la exploración detallada de la estructura euceloidal dinámica de la materia viviente.

XVI

REFERENCIAS Y OBSERVACIONES BIBLIOGRAFICAS

ACHÚCARRO: *Sur la formation des cellules a bâtonnet, etc.* Trab. del Lab. de Inv. biol. Univ. Madrid, VI, 1908.—*Cellules allongées et Stäbchenzellen; cellules névrogliales et cellules granulo-adipeuses á la corne d'Ammon du lapin.* Id., VII, 1909.—*Algunos datos relativos a la naturaleza de las células en bastoncitos.* Id., VIII, 1910.—*Neuroglia y elementos intersticiales patológicos del cerebro.* Id., IX, 1911.—*Alteraciones nucleares de las pirámides cerebrales, etc.* Id. id.—*Algunos datos relativos a la naturaleza de las células en bastoncito.* Id. id.—*Sobre la estructura y funciones de la neuroglia.* Id., XI, 1913.—*Contribución al estudio de la neuroglia, etc.* Id., XII, 1914.—*De l'évolution de la névroglie.* Id., XIII, 1915, y otras muchas publicaciones.

ALBERCA: *Sobre la naturaleza y significación de los filamentos epidérmicos de Herxheimer.* Bol. de la R. S. Esp. de Hist. Nat. Diciembre 1921 y Trab. del Lab. de Histopatología, núm. 20, con una lám.—*Intervención precoz de la microglia en las heridas de la medula del conejo.* Id., XI, 1926, e id. núm. 52.—Entre otros trabajos de neurología y neuropatología, se destaca su gran obra *Neuraxitis ectotropas*, Madrid, Morata, ed. 1943; vol. de 450 págs. en 4.º, con 17 láminas e información bibliográfica muy completa.

ALVARADO: *Plastosomas y leucoplastos en algunas Fanerógamas.* Trab. del Lab. de Inv. biol. Univ. de Madrid, 1918.—*Sobre el estudio del condrioma en la célula vegetal con el método tanoargéntico.* Bol. R. S. Esp. de Hist. Nat., 1918.—*Condrioma y sistema vacuolar en las células vegetales.* Id., 1918.—*Sobre el verdadero significado del sistema de fibrillas conductor de las excitaciones en las plantas de Nemec.* Id., 1919.—*El origen de los cloroplastos en las hojas de Cicer arietinus.* Trab. del Mus. de Ciencias Naturales; Madrid, 1923. El método de impregnación argéntica de ALVARADO es distinto del Pensa; en aquél es siempre indispensable el empleo de revelador; en éste no es preciso cuando se trata de hacer resaltar los cloroplastidios, pues ellos por sí mismos operan la reducción.

- ANDERSON: *Bacteriological Chemistry*. Vol. de 500 págs. en 8.º mayor. Edinburgh, Livingstone, ed. 1946. Manual sobre bioquímica de las bacterias y hongos inferiores, sus proteínas, lipoides, hidratos de carbono, factores de crecimiento, enzimas, antibióticos, metabolismo, etc.
- ANSON, EDSALL y colaboradores: *Advances in Protein Chemistry*. Vol. de 350 páginas, New York y London, Lewis Co., 1944. Estudio de las proteínas en sus diversos aspectos.
- ANTHONY: *Le Déterminisme et l'adaptation morphologiques en Biologie animale*. Vol. de 375 págs. en 4.º; París, Doin ed., 1923. Estudios sobre la morfogenia, teorías y doctrinas para explicarla.
- AREY: *Visual Cells and Retinal Pigment*, en Cowdry: *Special Cytology*, vol. II, pág. 887. Sobre la estructura de la retina y teorías fotoquímicas de la visión.
- ARTHUS: *Précis de Physiologie*. Vol. de 926 págs. de la Coll. Masson, 16.ª ed., París, 1920.—*Précis de Chimie physiologique*. Vol. de 540 págs. de id., 9.ª ed. Estudio de los principios inmediatos de los mamíferos y principalmente del hombre.
- AUBEL, AUBERTIN ET GÉNEVOIS: *Sur le potentiel d'oxydoreduction de la Levure*. Ann. Physiol. et Ph. Chim. biol., v. 1929, pág. 1.
- BAGCHEE: *Cytology of the Ascomycetes*. Ann. of Bot., XXXIX, 1925, páginas 217-266, sobre la morfología y estructura del protoplasma en las células del micelio de estos hongos.
- BAILEY: *The significance of the cambium in the study of certain physiological problems*. Journal of gen. Physiol., IV, 1920, págs. 519-533.—*The cambium and its derivative tissues*. Id., XIV, 1931, págs. 363-385. Sobre diferenciación en tejidos parenquimatosos, vasculares, etc., de los meristemas secundarios.—*The Structure of the Hypophysis Cerebri or Man*, en *Special Cytology* de Cowdry.
- BAKER: *Golgi Bodies*. Nature, vol. 155, 1945, pág. 118. En el texto nos hemos ocupado de este trabajo de investigación sobre la estructura y funciones de los dictiosomas.
- BARTON AND PRATT: *Studies in photosynthesis*. Ann. Biolog., 1931, fasc. V, pág. 784. Los autores afirman que la formación de aldehído fórmico en el curso de la asimilación clorofílica no está demostrada y que su reconocimiento por Klein y Werner reposa en errores de observación. Más tarde citamos otros investigadores de opinión distinta.
- BEER: *Growth*. Vol. de 130 págs. en 4.º, con 7 láms. London, Arnold Co., ed. 1924. Sobre los fenómenos de crecimiento y diferenciación, factores que influyen, crecimiento in vitro, etc.
- BEERS: *On the possibility of indefinite reproduction in the Ciliate Didinium without conjugation of endomixis*. Amer. Natur., LXIII, 1929, pág. 1.929. El autor ha cultivado el Infusorio «*Didinium nasutum*», obteniendo durante un año 1.384 generaciones sin conjugación, comprobando la perfec-



ta normalidad de todos los individuos, tanto en su estructura como en su fisiología y ecología.

BELLING: *Genes and chromomeres in flowering plants*. Nature, vol. 121, 1928, pág. 831. Sobre la estructura de los cromosomas e hipótesis del autor acerca de la situación de los genes en el centro de los cromómeros. Otras notables publicaciones sobre sus trabajos citológicos en relación con la Genética no las mencionamos por tenerlas citadas, según antes advertimos, en estudios anteriores.

BELZUNG: *Anatomie et Physiologie végétales*. Vol. de 1.320 págs. en 4.º; París, Alcan, 1900. Aunque anticuado, es un buen tratado de estas ciencias, con estudios citológicos interesantes.

BENEDICENTI: *La Vita come Fenómeno Chimico-físico*. Vol. de 452 págs. en 4.º mayor; Milano, Bocca, ed. 1943. En este excelente tratado se exponen los conocimientos físico-químicos modernos, aplicándolos a la explicación de los fenómenos biológicos, indicando los antecedentes históricos, la evolución de las ideas sobre la vida, estructura del protoplasma, fenómenos bioeléctricos, etc.; todo siguiendo un plan sugestivo, el inverso al empleado en las obras de físico-química; esto es, al fenómeno vital sigue la explicación, según tales leyes o principios. Preferentemente se ocupa de las cuestiones de especial interés para la fisiología y patología humanas.

BENSLEY: *The Gastric Glands*, en Cowdry: *Special Cytology*, vol. I, pág. 137. Estudio citológico del epitelio glandular del estómago.

BERNARD: *Principes de Biologie végétale*. Vol. de 220 págs. en 8.º; París, Alcan, 1921. Un cierto número de fenómenos, especialmente de nutrición, en los vegetales, son descritos con criterio determinista.

BERTALANFFY: *Das Problem des Lebens*. Scientia, XXI, abril 1927, págs. 225-247 y trad. francesa. El autor, de ideas vitalistas, indica los fenómenos biológicos que, en su opinión, no son susceptibles de explicación físico-química.

BLADERGROEN: *Chimie Physique Médicale*. Vol. de 500 págs. en 4.º; Bale, 1943. Es un buen tratado de esta ciencia. Con claridad se trata de las modernas nociones sobre iones, átomos y moléculas, equilibrio ácidobásico, permeabilidad de las membranas, estudio de los coloides, estructura teórica del protoplasma, la sangre y el tejido conjuntivo, ósmosis, fenómenos bioeléctricos, oxidaciones y reducciones, metabolismo y oxidaciones biológicas. Al ocuparse, en el capítulo III, de la moderna teoría sobre la estructura protoplásmica, menciona diversos tipos posibles de puentes de enlace entre las cadenas de proteína y su hipotética estabilidad relativa. De estos detalles hemos prescindido en el texto, para evitar una complicación excesiva en este aspecto químico, toda vez que ello no arroja luz alguna sobre la insuficiencia de la teoría como explicativa de los típicos fenómenos de la vida.

BOHN: *La forme et le mouvement*. Vol. de 175 págs. en 8.º de la Bibl. Cul. gén.; París, Flammarion, 1921. Ensayo mecanicista de dinámica de la vida, sobre morfología de los seres y fenómenos de regeneración.—En *La Chimie et la vie*, vol. de 300 págs. de la Bibl. Phil. sc. del mismo, ed. 1920,



- en col. con DRZWINA, 1920, expresa las mismas ideas.—*Reproduction, Sexualité, Hérité*. Vol. 120 de Act. Scient. et Industr.; París, Hermann, ed. 1934. Sobre los métodos de partenogénesis artificial y de fecundación química, organizadores de Spemann, diferenciación histológica, técnica del cultivo de tejidos, etc.
- BONNIER: *Cours de Botanique*, en col. con LECLERC, 2 vols. en 4.º, 2.500 págs.; París, Libr. Gén., 1905. En el vol. I se estudia la citología y morfología general de los vegetales, según los conocimientos científicos de principios de nuestro siglo. Las obras y publicaciones de este famoso botánico francés son numerosas y tan sugestivas, que no han perdido interés en los tiempos actuales. Sus investigaciones, en col. con MANGIN, publicadas en Ann. Sc. Nat. Bot., años 1884 a 1887, sobre asimilación clorofílica y función respiratoria en los vegetales, son de gran valor para el estudio de estos fenómenos.
- BOSE (J. C.): *The Nervous mechanism of Plants*. Un vol. 224 págs. y 82 figs.; London, Lonmans, ed. 1926. Sobre experiencias que le inducen a admitir la existencia en las plantas de un mecanismo nervioso análogo al de los animales.—*La physiologie de la photosynthese*. Ver. franc., 1 vol. 300 páginas; París, Gauthier villars, 1927. Es un estudio muy completo de la asimilación clorofílica.
- BOSE (S. R.): *The question of Golgi bodies in the higher Fungi*. Ann. of Botany, XLV, 1931, pág. 303. Sobre los dictiosomas en los hongos.—*Function of Plant Vacuoles*. Nature, vol. 154, 1944, pág. 488. A este trabajo sobre las vacuolas, que el autor considera como verdaderos almacenes de enzimas, nos hemos referido en el texto, procurando compaginar los resultados de las investigaciones de este biólogo con la hipótesis actual sobre estructura citoplásmica.
- BOUIN: *Éléments d'Histologie*. Dos vols. in folio, lujosamente editados e ilustrados; París, Alcan, 1929 y 1932. Los cinco primeros capítulos del vol. I tratan de morfología general de la célula, el protoplasma bajo el punto de vista físico-químico, diferenciación celular, localizaciones germinales, organizadores de Spemann y fisiología celular.
- BOWEN: *On the nature of mitochondria*. Nature, vol. 134, 1924, pág. 207.—*Studies on the structure of plant protoplasma*. Dos artículos en Science, años 1926 y 1929, sobre mitocondrias, vacuolas, aparato de Golgi y otros orgánulos.
- BRONK: *The physical structure and biological action of nerve cells*. Science in Progress. New Haven. Yale University Press, 1946, págs. 47-74. Sobre la naturaleza de la corriente nerviosa y distribución de los iones K, Na y Ca en las neuronas, según mencionamos en el texto.
- BROOKS: *Studies of the permeability of living cells, etc.* Amer. Journ. of Phys., 1926, pág. 158.—*The accumulation of ions in living cells*. Protoplasma, VIII, 1929, pág. 389. Estudios físico-químicos sobre la materia viva.
- BUNTIN: *The Granular Leucocytes*, en vol. I, pág. 401, de Cowdry: Special Cytology. Sobre la estructura de estos elementos de la sangre.

CAJAL: Sus publicaciones, todas de extraordinario mérito, son muy numerosas: *Morfología y conexiones de los elementos de la retina de las aves*. Rev. trim. de Histol. normal y patológica; mayo, 1888.—*Estructura de la retina de las aves*. Id., agosto, 1888.—*Contribución al estudio de la estructura de la médula espinal*. Id., 1889.—*Sobre la retina y gran simpático de los mamíferos*. Gac. San. de Barcelona, 1891.—*La retine des vertèbres*. La Cellule, París, 1892.—*Sur la structure de l'écorce cérébrale de quelques mammifères*. Id., 1901.—*Die Retine des Wirbelthiere*. Trad. por Greeff, Wiesbaden, Bergmann, 1894.—*Estructura del asta de Ammón y fascia dentata*. Anales de la Soc. Espa. de Hist. Nat., 1893.—*Estructura de la corteza occipital de los pequeños mamíferos*. Id., 1893.—*Algunas contribuciones al conocimiento de los ganglios del encéfalo*. Id., 1894.—*Estructura del ganglio de la habénula en los mamíferos*. Id., 1894.—*Apuntes para el estudio del bulbo raquídeo, cerebelo y origen de los nervios encefálicos*. Id., 1895.—*Les nouvelles idées sur la fine anatomie des centres nerveux*. París, 1894, con prólogo de M. Duval.—*La fine structure des centres nerveux*. Proceeding of the Royal Society, 1894.—*Le Pont de Varole*. Bibliographie anatomique, 1894.—*Corps strié*. Id., 1895.—*Consideraciones generales sobre la morfología de la célula nerviosa*. Conf. en Congr. méd. internacional de Roma, 1894.—*L'anatomie fine de la Moelle épinière*. Berlín, 1895.—*Beitrag zur studium der Medula oblongata*, trad. por Mendel; Leipzig, 1896.—*Nueva contribución al estudio del bulgo raquídeo*. Rev. trim. micrográfica, 1897.—*Estructura del quiasma óptico*. Id., 1898.—*Sobre la anatomía del puente de Varolio*. Id., 1898.—*Estructura del cono terminal de la medula espinal*. Id., 1898.—*Estudios sobre la corteza cerebral humana*. Id., 1899-1900.—*Estructura de la corteza acústica y circunvoluciones de la insula*. Id., 1900.—*Disposición terminal de las fibras del nervio cóclear*. Id., 1900.—*Estudio de la vía sensitiva central y estructura del tálamo óptico*. Id. 1900.—*Comparative study of the sensory areas of the human cortex*. Worcestes, Mass., 1900.—*Textura del sistema nervioso del hombre y de los vertebrados*. Obra en tres volúmenes, con numerosos grabados; Madrid, 1897 a 1904. Ampliada por el autor, esta magna obra fué traducida al francés, con el título *Histologie du Système nerveux de l'homme et des vertèbres*. Traduit de l'espagnol par le Dr. Azoulay; París, 1909, 1911, dos vols. en 4.º, de 1.000 págs. cada uno y con 800 grabados.—*Estructura del septum lucidum*. Trab. del lab. de inv. biol. de la Univ. de Madrid, 1902.—*Estructura del tubérculo cuadrigémimo posterior, cuerpo geniculado y vías acústicas*. Id., 1902.—*Fibras nerviosas de origen cerebral del tubérculo cuadrigémimo anterior y tálamo óptico*. Id., 1903.—*La doble vía descendente del pedículo cerebeloso superior*. Id., 1903.—*Estudios talámicos*. Id., 1903.—*Contribución al estudio de las placas motrices*. Id., 1904.—*Tipos celulares de los ganglios sensitivos del hombre y de los mamíferos*. Id., 1905.—*Células estrélladas de la capa molecular del cerebelo*. Id., 1905.—*Las células del gran simpático del hombre*. Id., 1905.—*Mecanismo de la regeneración de los nervios*. Id., 1906.—*Discurso de recepción en la Academia de Medicina sobre este tema*, 1906.—*Structure et connexions des neurones*. Arch. Fisiología. Conf. en Estocolmo tras la concesión del Premio Nóbel, 1906.—*Evolución de los neuroblastos*. Trab. del Lab. de inv. biol., 1907, y Anat. Anzeiger, 1908.—*L'Hypothèse de la continuité d'Apathy*. Id. id., 1908.—*Los ganglios cen-*



trales del cerebello de las aves. Id., 1908.—Los ganglios terminales del nervio acústico de las aves. Id., 1908.—Estructura de la retina de la mosca. Id., 1909.—Estudio de los ganglios de la sustancia reticular del bulgo. Id., 1909.—Sobre un nuevo proceder de impregnación de la neuroglia. Id., 1913.—Contribución al conocimiento de la neuroglia del cerebro humano. Id., 1913.—Quelques antécédents historiques ignorés sur le plasmazellen. Anat. Anz., 1913.—Algunas variaciones del aparato reticular de Golgi. Trab. Lab. inv. biol. Univ. Madrid, 1915.—Plan fundamental de la retina de los insectos. Bol. R. S. Esp. de Biología, 1915.—El proceder de oro-sublimado para la coloración de la neuroglia. Trab. Lab. inv. biol., 1916.—La retina y centros ópticos de los cefalópodos. Id., 1917.—Consideraciones sobre la mesoglia de Robertson y Del Río-Hortega. Id., 1920.—Modificación del método de Bielschowsky para la impregnación de la neuroglia y mesoglia. Id., 1920.—Sobre la red pericelular del epitelio pavimentoso estratificado de la lengua. Id., 1925.—Diversos otros trabajos sobre histología y citología en revistas españolas, francesas, alemanas, etc. La primera edición de su *Manual de Histología y de Técnica micrográfica* fué publicada en 1895; sucesivas ediciones hasta la jubilación del autor como catedrático de la Universidad de Madrid se publicaron después, considerablemente ampliadas y modificadas.

Ramón y Cajal, además, es autor de notables obras literarias, tales como *Reglas y consejos sobre investigación científica*, *Los tónicos de la voluntad*, *Recuerdos de mi vida* y, su obra póstuma, *El mundo visto a los ochenta años*.

CARREL: *Sect. I. Introduction*, en el tomo I de Cowdry: *Special Cytology*. Sumariamente, pero con toda claridad, el autor expone en este artículo el concepto de protoplasma viviente, diferenciación celular, interacción entre distintos tejidos, su cultivo; estimando que estos cultivos proporcionan el material más adecuado para estudios citológicos generales; pero hace notar la necesidad de encontrar nuevos medios técnicos para estas investigaciones.—*La incógnita del Hombre*. Versión española, 1 vol.; Barcelona, Gil, ed. 1941. Interesante bajo muchos aspectos, trata en este libro de varias cuestiones biológicas referentes al hombre y, entre ellas, en las páginas 82-188, de la estructura celular y cinematografía de las células; su diferenciación en tipos distintos según los tejidos; cuando éstos se cultivan aisladamente, conservan sus fundamentales características, aun después de muchos años; cantidad precisa de líquido nutritivo y cómo, si la composición del medio permanece constante, sus células no envejecen, etc. Este notable biólogo se ha distinguido en la técnica y estudio de cultivo de tejidos de animales superiores y ha publicado muchos trabajos sobre tal asunto.

CASSAIGNE: *Origine et evolution du vacuoma chez quelques Champignons*. Rev. gen. Botanique, 1931, 43, 140. Estudio de la formación de vacuolas en el tubo germinativo de *Saprolegnia* y otros hongos y sucesivo desarrollo.

CASTELLARNAU: *Algo acerca de la historia de las dos leyes biológicas fundamentales Omne vivum ex ovo y Omnis cellula ex cellula*. Memorias de la R. S. Esp. de Hist. Nat. Tomo extraordinario, 1921. Es un interesante trabajo sobre el desarrollo histórico de las ideas biológicas.—*De la expli-*

cación de los fenómenos en las Ciencias Naturales. Conf. y Res. Cient. de la R. S. Esp. de Hist. Nat., t. 1.º, 1926. Expone el desarrollo de las teorías mecanicistas y las del vitalismo moderno, así como el valor que hoy se concede a la selección natural y a otros factores de las teorías evolucionistas, etc.

CASTRO: *Estudios sobre la neuroglia de la corteza cerebral del hombre y de los animales*. Trab. del Lab. de Inv. Biol. Universidad de Madrid, 1920, 18, 1.

CAULLERY: *Le Parasitisme et la Symbiose*. Un vol. de la Enc. Scient.; París, 1922.—*Le probleme de l'évolution*. París, Payot, ed. 1931. Trata de los conceptos actuales sobre las teorías explicativas de diversos fenómenos biológicos; con extensa información bibliográfica.

CHAMBERS: *Microdissection studies. The visible structure of protoplasm and death changes*. Amer. Journ. of Physiology, 43, 1917, 1.—*Etudes de microdissection. Les structures mitochondriales et nucléaires*. La Cellula, 35, 1925, 107.—*Physical structure of protoplasm.*, en Cowdry: *General Cytology*. The Univ. of Chicago Press, 1924, pág. 237. El autor se ha distinguido en los trabajos de micromanipulación y estudio estructural del protoplasma por estos medios.

CHAMPY: *La dedifférenciation des tissus cultivés en dehors de l'organisme.—Réapparition d'une prolifération active dans les tissus différenciés d'Animaux, cultivés en dehors de l'organisme.—La présence d'un tissu antagoniste maintient la différenciation d'un tissu cultivé en dehors de l'organisme*. Trabajos publicados en C. R. Soc. de Biol., 1913 y 1914, vols. 75 y 76, sobre cultivos de tejidos y desdiferenciación que se produce si se mantienen aislados; pero si tejidos antagonistas se cultivan en contacto, se mantiene la diferenciación, lo que demuestra que sustancias liberadas por unos, actúan como citohormonas sobre los otros.

CHEVILLARD, HAMON, MAYER et PLANTÉFOL: *Action de l'oxygene libre sur la respiration des tissus végétaux aériens*. Serie de trabajos sucesivos sobre los fenómenos respiratorios de las plantas, publicados en Ann. Physiol. et Ph. Chim. biol., en 1920.

CHIN-HSU-LIU and CHERNG-HOW-LOU: *Florescein-induced Parthenocarpy*. Nature, 1945, vol. 155, pág. 23. La fluoresceína, considerada como antagonista de las auxinas, actúa sin embargo como hormona de crecimiento para el desarrollo artificial del ovario no fecundado de diversas plantas, según han investigado los autores. El fenómeno es interesante en relación con el asunto de nuestro artículo, como demostrativo de que la acción de enzimas, hormonas, etc., puede realizarse en sentidos distintos, y aun contrarios; según las especiales condiciones físico-químicas que ofrezca el citoplasma en cada caso.

CHODAT: *Principes de Botanique*. 3.ª ed. Genève. Atar, ed. 1920, vol. de 878 páginas. La primera sección, dedicada al estudio general de la materia viva, captación y liberación de la energía, etc; en la segunda sección se describe la célula vegetal y sus orgánulos. El autor, que se ha distinguido

- por sus estudios bioquímicos, ha publicado muchos trabajos especiales sobre plastidios, respiración, oxidasas, etc., en Arch. des Sciences phys. et nat. de Génève.
- CHOUCROUN: *Sur l'hypothèse du rayonnement mitogenetique*. Ann. Physiol. et Physicochimie biol., 1930, VI, 331-345. La autora no admite que sea debido a una radiación la acción a distancia de células en división, en los casos que estudia.
- COHN: *Cardiac Muscle*. Sobre la diferenciación estructural del músculo cardíaco, en pág. 805 del vol. II de Cowdry: Special Cytology.
- COLLADO: *Participación de la microglia en el substratum patológico de la rabia*. Bol. de la Soc. Esp. de Biol., diciembre 1919, y Trab. Lab. de Histopatología, núm. 14. Con tres láminas.
- COMBES: *La Vie de la Cellule végétale*. Vol. de 220 págs. de la Col. Armand Colin, París, 1927, sobre morfología, fisiología y constitución química de la célula vegetal.
- CONARD: *Les Mouvements des Fluides dans les Végétaux*. Univ. libre de Bruxelles. Trav. du Jardin expér., 1947. Foll. de 40 págs. en 4.°, sobre la circulación de la savia en las plantas vasculares, elementos organográficos que intervienen y mecanismos de regulación de esta función. Con resumen en inglés.
- CORNER: *Cytology of the Ovum, Ovary and Fallopian tube*, en vol. II, página 1.109 de Cowdry: Special Cytology, sobre morfología y estructura del óvulo y células del ovario de los Mamíferos.
- CORRAL: *Investigaciones acerca de la inervación del páncreas*. Anales de la Junta para Ampl. de Est., 1918, XVII.
- CORSET: *Les Coaptations chez les Insectes*. Bull. biol. de Fr. et Belg., 1931, XIII. Extenso trabajo, de 337 págs., con 182 figs. y 2 láms., descriptivo de las coadaptaciones; que según el autor no pueden ser explicadas por las teorías biológicas, sino por una evolución lenta y dirigida por una inteligencia superior.
- COSMOVICI: *La nutrition et le rôle physiologique du vacuoma chez les infusoires et la théorie canaliculaire du protoplasma*. Ann. scient. Univ. Jassy, 1933, XVII, 293-336.—*La structure canaliculaire du cytoplasma des Infusoires, vue à l'ultramicroscope*. C. R. Soc. Biol., 1934, CXVII. En sus estudios sobre vacuolas digestivas de los Infusorios y absorción del alimento, encuentra una especial estructura canalicular en el citoplasma, visible con el ultramicroscopio y también en coloración vital, según técnica especial del autor.—En colaboración con CISMAN, ha publicado un notable trabajo sobre velocidad del influjo nervioso, y cómo éste se propaga en forma de onda elástica transversal. Véase Année Biologique, 1933, fasc. I, 1.ª parte.
- COSTE: *Equilibre acido-basique des Milieux biologiques*. París, Masson, ed., 1925, vol. de 102 págs., sobre determinación del pH, su gran importancia



en Biología y perturbaciones producidas en los organismos si su valor es alterado.

- COSTERO: *Conocimientos actuales sobre el tercer elemento de los centros nerviosos*. Clínica y Laboratorio, mayo 1925. Exposición de los resultados de las investigaciones de Cajal, Río-Hortega y sus discípulos sobre las neuroglias.
- COWDRY y otros: *General Cytology*. Un vol. Univ. Chicago Press.—*Special Cytology*, 2 vols., New York, Höber, ed. 1925 y 1928, respectivamente. Son dos excelentes tratados de citología animal, especialmente de Vertebrados y del hombre. En estas obras, los artículos escritos por Cowdry son: *Cytological constituents, mitochondria, Golgi apparatus, and chromidial substance*, en Gen. Cyt., pág. 311; *The Skin and its derivatives*, pág. 11, en vol. I, de Spec. Cyt., y *The internal architecture of Nerve Cells*, en vol. II, pág. 963, de Spec. Cyt. -
- CRACIUM: *La culture des tissus en biologie expérimentale*. Un vol., París, Masson, 1931. Sobre la técnica de cultivos de tejidos animales y su trascendencia en los estudios biológicos.
- CUÉNOT: *La Genèse des Espèces animales*, 2.ª ed., París, 1921.—*L'Adaptation*. Un vol. Enc. Scient., París, Doin, 1925. Ambas obras son excelentes estudios de variaciones, adaptaciones, etc., y teorías biológicas; la 2.ª con un capítulo especial sobre la metafísica de la adaptación y coadaptación.
- DANFORTH: *The Problem of Adaptation. A Review*. Journal of Heredity, 1927, XVII, pág. 125. Artículo basado en la obra de Cuénot, antes citada, reconociendo que estos fenómenos no pueden explicarse con los conocimientos y teorías actuales de la Biología.
- DANGEARD: Varios trabajos y publicaciones sobre el aparato vacuolar de las células vegetales; entre otros: *Évolution du système vacuolaire chez les végétaux*. Le Botaniste, 1923.—*Sur l'origine des vacuoles*. Id., 1926.—*Observations vitales sur le protoplasme des algues*. Id., 1930, y C. R. Ac. Sc.—*Traité d'Algologie*. París, Lechevalier, ed., 1933; 1 vol. de 442 págs. en 4.º. Estudio extenso de la citología de las Algas.
- DANTEC (F. LE): *La Mécanique de la Vie*. Un vol. Col. Sc., París, 1919. Sobre las explicaciones mecanicistas de los fenómenos de la vida.
- DANYSZ: *La Genèse de l'Énergie Psychique*. Un vol. París, 1921. Aunque el autor considera a su libro como un Ensayo de Filosofía biológica no es realmente más que un intento de explicación de fenómenos vitales a base de la teoría coloidal en boga y haciendo intervenir una energía vital de las micelas albuminoideas, que considera como unidades vivas.
- DARLINGTON: *Paracrinkle Virus and Inheritance*. Nature, 1944; vol. 154, página 489. Artículo sobre plasmagenes y virus, continuación de otro, muy detallado e ilustrado con figuras, en la pág. 164 de la misma revista y volumen, titulado *Heredity, Development and Infection*, en el que el autor define los tres sistemas de herencia: el nuclear, el plastogénico o corpuscular y el citoplásmico o molecular; clasifica las proteínas citoplásmicas se-

- gún su origen y considera que el cáncer puede ser congénito, determinado por genes nucleares, o ser debido a cambios mutacionales inducidos en el citoplasma de células normales por agentes químicos, los carcinógenos.
- DAUPHINÉ: *Sur les ponctuations inter-cellulaires*. Année Biol., 1934, fasc. IV, 2.^a part. En las puntuaciones, los citoplasmas de células contiguas se comunican por intermedio de una laminilla media de naturaleza protéica.
- DAVIDSON AND WAYMOUTH: *Pancreatic Extracts and Cell Growth in vitro*. Nature, 1945; vol. 155, pág. 117. Sobre sustancias en la pancreatina, estimulantes del crecimiento de los cultivos de fibroblastos de corazón de pollo unas e influyendo sobre la morfología otras.
- DESSAUER: *Bemerkung über den physikalischen Nachweis der mitigenetischen Strahlung von Gurwitsch*. Ann. Biol., 1932, fasc. II, 1.^a part., pág. 150. Sobre la demostración por medios puramente físicos, de la existencia de las radiaciones mitogenéticas.
- DEVAUX: *La structure moléculaire de la cellule végétale*. Bull. Soc. Bot. de Fr., 1928, pág. 88.—*Les affinités cellulaires*. Id., 1930, pág. 144.
- DOWNEY: *The Myeloblast*, cap. XII, pág. 369, en Cowdry: *Special Citology*. Descripción de la morfología, estructura, origen y funciones de los mielocitos.
- DRIESCH: *Science and Philosophy of the Organism*. Versión inglesa, 2 vols., London, 1908. En esta obra el autor desarrolla extensamente su concepción vitalista de los fenómenos biológicos.—*Le Vitalisme*. Scientia, vol. 36, julio 1924, pág. 13. Este artículo es un resumen de los fundamentos de la teoría vitalista del autor.
- DUCLAUX: *La Chimie de la matiere vivante*. Paris, 1910.—*Les Colloides*. París, 1910. Estudia los fenómenos vitales, con criterio mecanicista y con sujeción a la teoría coloidal.
- EICHHORN: *La mesure du pH cytoplasmique des Végétaux; les méthodes, les resultats*. Bull. Hist. appl. a la Physiologie, 1927, vol. 4, pág. 193. Se trata de los trabajos sobre equilibrio ácido-básico que hemos citado en el texto. *Action des colorants vitaux sur le croissance des racines*. C. R. Soc. Biol., 1930, vol. 103, pág. 174. Experiencias in vivo sobre crecimiento de tejidos vegetales.
- ELTRINGHAM: *The Senses of Insects*. London, Methuen Co., ed. 1933. Pequeño manual sobre la estructura de los receptores nerviosos en los Insectos, su sensibilidad a los estímulos y diferencia de sus percepciones con las de los Vertebrados, de tal modo que su ambiente, en este orden, es totalmente distinto al de otros animales.
- EMBERGER: *Recherches sur l'origine et l'evolution des plastides chez les Pteridophytes*. París, Doin, ed. 1921. Un vol. en 4.^o de 250 págs., con numerosos grabados. Es un detallado estudio del condrioma de los helechos, evolución de mitocondrias en plastidios, y estructura del citoplasma vegetal, con indicación de la técnica empleada.

- ENRÍQUEZ: *Oligodendroglia de las vías ópticas*. Bol. R. S. Esp. de Hist. Nat., XXVI, 1926.—*Existencia de las células de Hortega «microglia» en la retina y vías ópticas*. Id. id. y Trab. Lab. de Hist. normal y patol., núm. 53.—*Las células de Río-Hortega en los procesos patológicos de la retina y nervio óptico*. Bol. de la Soc. Esp. de Biol., XII, 1926, y Trab. Lab. de Hist. normal y patol., núm. 63, con tres láminas.
- ÉTARD: *La Biochimie et les Chlorophylles*. París, Masson, ed. 1906, vol. de 225 páginas en 8.º, especialmente dedicado a las investigaciones bioquímicas de la clorofila y su historia, con breve indicación de las ideas sobre el origen y evolución de la vida, progreso de los medios técnicos de estudio, etc.
- FAÑANÁS: *Alteraciones de la neuroglia en la rabia*. Trab. Lab. de Inv. biol., XVI, 1918.—*Contribución al estudio de los cuerpos de Negri*. En col. con RÍO-HORTEGA. Bol. Soc. Esp. de Biología, VIII, 1918.
- FEILING: *Genetical Aspects of the Cancer Problem*. Nature, vol. 155, 1945, pág. 478. Sobre los distintos tipos de cáncer, considerados bajo el punto de vista genético, admitiendo como conclusión que, probablemente, son virus de tipo orgánico (plasmagenes de Darlington) los factores básicos causales del cáncer.
- FERNÁNDEZ GALIANO: *Morfología y Biología de los Protozoos*. Un vol. en 4.º de 266 págs. Madrid, Calpe, 1921. Estudio general de los animales unicelulares, su estructura, ecología, reacciones a diversos estímulos, modos de nutrición, reproducción, etc.
- FONT PUIG: *El mecanisme respecte de la vida i de la sensibilitat enfront d'altres doctrines*. Univ. de Barcelona, Sem. de Ped., 1935. Análisis de las explicaciones vitalistas y mecanicistas en los fenómenos y funciones de asimilación, reproducción y sensibilidad, haciendo notar que pueden explicarse sin admitir otras fuerzas que las físico-químicas.—*Irreducibilidad de la actividad mental a la sensitiva*. Anales de la Univ. de Barcelona, 1940, pág. 15. Notable estudio en el que, con toda claridad, distingue la actividad nerviosa, sometida a las leyes materiales y energéticas que rigen la vida, de la actividad espiritual, que es realmente de otro orden.—*Balmes y las Teorías científicas del siglo XX*. Barcelona, 1943. Excelente resumen de las actuales teorías científicas y su concordancia con los principios generales que se deducen de la filosofía de Balmes.—*El Conocimiento histórico y científico*. Discurso de recepción en la Academia de Buenas Letras de Barcelona, 1945, en el que analiza el criterio causal, como determinante del desarrollo de todas las ciencias.—*Filosofía, Sociología y Economía*. Barcelona, 1940. Indicando el sentido científico de estas actividades.—Discurso inaugural en la Escuela Social de Barcelona, 1941-1942. Sobre el mismo asunto.—En otras varias obras y publicaciones, como *La Filosofía india* (Barcelona, 1933), *La Doctrina social del brahmanismo y del budismo* (Barcelona, 1942), etc., el autor, ilustre catedrático de Psicología Superior de la Uni. de Barcelona, con su extraordinaria cultura, eleva a la Filosofía a una altura científica que la capacita para poder señalar e iluminar el camino a seguir por las Ciencias experimentales en su marcha progresiva.



- FRISH: *Tú y la Vida*. Versión española. Un vol. de 380 págs. Barcelona, ed. Labor, 1941. Exposición sencilla de diversas actividades y funciones orgánicas y de algunas notables experiencias, tales como las de Spemann, que se describen en las págs. 272-276, etc.
- FUSET: *Manual de Zoología*. 4.ª ed. Barcelona, Bosch, 1944. Vol. de 772 págs. en 4.º. La primera parte, titulada «Biología zoológica», es un resumen de Citología, Embriología y Fisiología.
- GALADJIEFF et METALNIKOV: *L'immortalité de la cellule. Vingt-deux ans de culture d'Infusoires sans conjugaison*. Arch. de Zool. exp. et gén. Protistologica, XL, 1933, pág. 331. Todos los animales unicelulares son inmortales. La conjugación no es proceso de rejuvenecimiento. La mortalidad natural se ha establecido en los organismos pluricelulares y sólo en sus células somáticas.
- GALÁN: *Estudios sobre la espermatogénesis del Coleóptero Phytodecta variabilis*. Mus. Nac. de C. Nat. Madrid, 1931. Interesante trabajo sobre citología de las células sexuales de este insecto.
- GALLEGO: *Contribución a la histopatología de los centros nerviosos en el perro*. Dos memorias, con láminas. Bol. de la Soc. Esp. de Biología, XVII, 1926, fasc. I y II.
- GÁLVEZ: *Curso de Química para biólogos*. Un vol. de 670 págs. en 4.º, Madrid, 1946. En los cinco primeros apítulos se exponen las nociones de Físico-química más importantes para el biólogo.
- GARDNER: *Microbes and ultramicrobes*. London, Methuen Co., 1931. Manual dedicado principalmente al estudio de los virus, del bacteriófago y de su analogía con los genes.
- GAUTHERET: *Culture de tissu cambial*. C. R. Ac. Sc., CXCVIII, 1934, pág. 2.195. Sobre cultivos in vitro del cambium de *Populus*, *Acer*, *Ulmus* y *Salix*, su continuo crecimiento e indiferenciación celular; a la luz se forma clorofila y en cultivos viejos ciertas células se lignifican.
- GENEVOIS: *Coloration vitale et respiration*. Protoplasma, VIII, 1928.—*Les échanges d'ions dans les tissus végétaux*. Id., X, 1930.—*Metabolisme et fontions des cellules*. Paris, Masson, ed., 1931. Son trabajos de investigación sobre citofisiología.
- GIRARD: *La perméabilité selective des parois vivantes et inertes aux ions et les conséquences chimiques q'elle comporte*. Ann. Physiol. et Ph.-Chim. biol., I, 1925, pág. 194.
- GIROUD: *Recherches sur la nature Chimie du Chondriome*. Protoplasma, VII, 1929, págs. 73-97. Se trata de investigaciones acerca de las proteínas, lipoides, etc., que entran en la composición de aquellos orgánulos.
- GLEYS: *Tratado de Fisiología*. Trad. esp. Barcelona, Salvat, ed. 1926. Un vol. en 4.º, de 1.152 págs. Los cinco primeros capítulos están dedicados a la fisiología celular.

- GOGORZA: *Elementos de Biología general*. Madrid, 1905. Vol. en 4.º, de 608 páginas, dedicado a citología y biología general animal, doctrinas, teorías y leyes biológicas, con indicación de su desarrollo histórico.
- GOLA, NEGRI y CAPPELETTI: *Tratado de Botánica*. Ver. española. Barcelona-Madrid, Labor, ed. Vol. de un millar de páginas que constituye un buen tratado de citología, anatomía y fisiología vegetal, así como de botánica taxonómica.
- GRASSÉ et LESPERON: Quelques données nouvelles sur la sécrétion de la soie chez les Bombyx du Mûrier (*Sericaria mori*). Arch. Zool. exp. et gén., LXXVI, 1933, págs. 90-101. Sobre éste y otros diversos trabajos e investigaciones referentes al paso de nucleolosomas desde el núcleo al citoplasma, véase la referencia bibliográfica, a partir de la pág. 100, en nuestra publicación sobre el *Nucleolo en las células vegetales*, Anales de la Univ. de Murcia, 1943, págs. 1-130.
- GRAY: *A Text-Book of Experimental Cytology*. Cambridge at the University Press. Un vol. de 516 págs. en 4.º. Es un buen tratado, sistemático, sobre los resultados de la aplicación al estudio de la materia viviente de los modernos métodos físico-químicos. La naturaleza coloidal del protoplasma, sus propiedades físicas, composición, fenómenos diversos de la actividad vital, cultivo de tejidos, etc., son analizados e interpretados a base de las leyes de la Física y de la Química. Decidido partidario de la homogeneidad, señala, sin embargo, los numerosos fenómenos vitales que no pueden ser explicados por aquellas leyes y que se oponen al concepto de estructura homogénea de la materia viva.
- GREDILLA: *Tratado de Citología vegetal*. Madrid, 1907. Vol. de 606 págs. en 4.º. Es un buen libro español de Morfología y Fisiología de las células vegetales, aunque en él no se mencionan muchos detalles estructurales ni bioquímicos, poco investigados en la fecha de su publicación.
- GUILLIERMOND: *Observations des cellules végétales au fond noir*. Dos artículos en C. R. Soc. Biol., 1929, CI, págs. 619 y 1.180.—*Recherches ultramicroscopiques sur les cellules végétales*. Seis artículos en Rev. gen. Bot., 1930, XLII.—*Resultats d'observation ultramicroscopiques sur les cellules végétales*. Bull. de Hist. appl., 1930, VII, y otros varios trabajos de investigación de la estructura del protoplasma, que le inducen a admitir la doctrina de la homogeneidad; pero sólo en cuanto al citoplasma general, pues sus estudios sobre el condrioma, sistema vacuolar, núcleo, etc., le demuestran la realidad de los diversos orgánulos celulares.—En col. con MANGENOT y PLANTEFOL: *Traité de Cytologie végétale*. París, Le François, ed. 1933. Vol. en 4.º mayor de 1.200 págs. Es un gran tratado, muy completo y documentado, de Citología vegetal en todos sus aspectos, con extensa información bibliográfica; pero sin detalles de técnica micrográfica.
- GURWITSCH: *Die fundamentale Gesetze der mitogenetischen Erregung*. Arch. exp. Zellforsch., 1931, XI, págs. 3-20. En este artículo, el descubridor de las discutidas radiaciones mitogenéticas trata de las que califica de leyes fundamentales de su estimulación y de los efectos que ésta puede producir,

afirmando que la excitación tiene caracteres tetánicos, produciendo primero aumento de la mitosis, disminución después y, por último, emisión de una radiación secundaria por las células directamente influenciadas.

- HADDOW:** *Transformation of cells and viruses*. Nature, 1944. Vol. 154, pág. 194. Extenso artículo sobre las investigaciones que han inducido a considerar que los tumores malignos son atribuibles a una alteración citoplásmica. Supone que los plasmagenes están representados por los microsomas, orgánulos de estructura y composición compleja y admite que las sustancias carcinógenas determinan la mutación de los plasmogenes en factores determinantes del tumor.
- HAMMERLING:** *Ueber formbildende Substanzen bei Acetabularia mediterranea. Ueber Genomwirkungen und Formbildungsfähigkeit bei Acetabularia*. Dos artículos sucesivos sobre el mismo asunto. *Année Biologique*, 1935, VI, 2.^a part., pág. 556. De sus estudios en el alga *Ac. mediterranea* deduce el autor que la morfogénesis resulta de la acción de productos específicos de la actividad nuclear y que no existe una estructura citoplásmica que la controle.
- HARDY:** *On the structure of cell protoplasma*. Jour. of Physiology., XXIV, 1899, pág. 105. Cambridge University Press. Como hemos dicho en el texto, esta publicación fué el punto de partida de la teoría de la homogeneidad y de la naturaleza coloidal del protoplasma. De sus experiencias, el autor dedujo que los fijadores determinan en el citoplasma artefactos, erróneamente considerados como estructuras reales.
- HECHT:** *Energy and vision*. Science in Progress. New Haven. Yale University Press, 1946, págs. 75-97. Sobre la cantidad de energía necesaria para la visión, determinación del número de quantas mínimo indispensable para impresionar la púrpura retiniana, etc.
- HENDERSON:** *L'Ordre de la Nature*. Ver. francesa. Un vol. de la Bibl. de Phil. Contemporaine. Paris, Alcan, ed. 1924. En este libro, el prof. de Química biológica de la Univ. de Harvard expone el finalismo de los fenómenos vitales y de toda la Naturaleza.
- HERRICK:** *An Introduction to Neurologie*. Philadelphia, Saunders Co., 1924.—*Neurological foundations of animal behavior*. New York, Henry Holt Co., 1924. El primero es un volumen de 395 págs. sobre morfología y estructura del sistema nervioso; el segundo, de 334 págs., es complementario del anterior, al explicar las funciones de relación y conducta de los animales como funciones nerviosas.
- HERTWIG:** *Génesis de los Organismos*. Ver. española. Madrid, Espasa-Calpe, 1929. Dos vols. de 400 págs. cada uno, sobre doctrinas, teorías, leyes, etc., de la Biología. Las teorías vitalistas y mecanicistas se exponen en el capítulo II, pág. 49, del tomo I.
- HOUSSAY:** *Nature et Sciences naturelles*. Un vol. de 310 págs. de la Bibliothèque de Phil. sc. Paris, 1914. Interesante reseña de las teorías y doctrinas biológicas y de su desarrollo histórico.

IGLESIAS: *Biología de los parásitos del Hombre*. Un vol. de 500 págs. en 4.º mayor. Madrid, 1943. Citamos aquí esta excelente obra del ilustre catedrático de Biología de la Univ. de Santiago, porque las minuciosas y exactas descripciones de los diversos animales parásitos del hombre, con buenos dibujos (en su mayoría ejecutados por el autor), permiten apreciar claramente el finalismo de estas estructuras, adecuadas a la forma y grado que ofrece la vida parásita en las distintas especies descritas.

IPIENS LACASA: *Oxidación y Reducción biológicas*.—Disc. de recep. en la R. A. de Farmacia. Madrid, 1948, 128 págs. en 4.º mayor. Notable trabajo sobre el mecanismo de las oxidaciones biológicas, potencial redox, fermentos de la oxidación y reducción, metabolismo oxidativo de hidratos de carbono, grasas y aminoácidos, gradual liberación de energía, etc. El lector que desee informarse del estado actual de los conocimientos bioquímicos sobre estos complicados procesos vitales (a los cuales hemos aludido, sin detalles, en el texto de nuestro artículo), debe consultar este trabajo del hoy Vice-Decano de la Fac. de Ciencias de Madrid y antes Vice-Rector de la Univ. de Murcia.—Entre otras publicaciones de este autor, es igualmente interesante para nuestro objeto la titulada *Relaciones entre las propiedades fisiológicas y terapéuticas de algunas sustancias y su constitución química*. Public. de la Univ. de Murcia, 1926; 55 páginas en 4.º

JENNINGS: *Vie et mort, hérédité et évolution chez les organismes unicellulaires*. Ver. francesa. París, Alcan, ed. 1931. Famoso estudio sobre la biología de los Protozoos y su inmortalidad natural.—*The biological basis of human nature*. New York, Norton Co., ed. 1930. Un vol. de 400 págs. en 4.º, especialmente dedicado a explicar las bases genéticas de la naturaleza humana, pero sin olvidar la interacción de núcleo y citoplasma, efectos de las hormonas, acción del ambiente, etc.

JOHNSTONE: *The mechanism of Life in relation to modern physical theory*. London, Arnold Co., 1921. Un vol. en 4.º de 260 págs., muy interesante y sugestivo sobre la explicación mecánica del funcionamiento de los sistemas esquelético, muscular y nervioso en las funciones de relación.

JOST: *Physiologi*, en la pág. 75 de la obra: **STRASBURGER:** *A Text-Book of Botany*. London, Lang, ed. 1912. Una trad. esp. por Barnola, se ha publicado en Barcelona en 1923.

KOLTHOFF: *La détermination colorimétrique de la concentration des ions hydrogène*. París, Gauthier Villars ed. 1926. Vol. de 250 págs., en el que se describen los procedimientos colorimétricos para la determinación del pH.

KOPACZEWSKI: *Les ions d'hydrogène*. Cauthier Villars ed. 1926. Vol. de 332 páginas. Estudio teórico y práctico del pH, procedimientos varios para su valoración, importancia y aplicaciones.

KRUMBHAAR: *The Erythrocyte*. Cap. X, pág. 273 en vol. I de **COWDRY:** *Special Cytology*. Detallado estudio de la estructura de los glóbulos rojos.

KÜNSTLER et PRÉVOST: *La Matière vivante. Organisations et différenciations. Origines de la Vie*. Un vol., Masson, París, 1924. Sobre la estructura co-

loidal compleja del protoplasma, sus mitocondrias, capaces de una vida autónoma y que pueden ser unidades vivas primordiales, etc.

- KUNTZ: *The Sympathetic Nerve Cells*. Cap. XXIX, pág. 1.007 en vol. II de Cowdry: *Special Cytology*. Sobre morfología y estructura de las células nerviosas del sistema simpático.
- LAFORA: *Nuevas investigaciones sobre los cuerpos amiláceos del interior de las células nerviosas*. Trab. Lab. inv. biol. Univ. Madrid, XI, 1913.—*Neoformaciones dendríticas en las neuromas y alteraciones de la neuroglia en el perro senil*. Id., XII, 1914, y otros trabajos en la misma revista.—*Les myoclonies et les corps amylicés dans les cellules nerveux*. Rev. Neuroy., II, 1923.—*Investigaciones experimentales sobre la función del cuerpo calloso*. Archivos de Neurobiología, II, 1921, con 8 láminas.—*Las mioclonias y los cuerpos amiláceos en las células nerviosas*. Id., IV, 1924, con 3 láminas.
- LAMBLING: *Précis de Biochimie*. Vol. de 725 págs. de la Col. Masson, París, 1921. Trata de las sustancias que intervienen en la composición de las células, propiedades físicas y químicas, zimasas, productos del metabolismo, etc., especialmente en los animales superiores y en el hombre.
- LAPICQUE: *Echanges cellulaires*. Un vol. París, Gauthier Villars, 1926.—*Sur l'état physiques des constituants cellulaires*. C. R. Soc. Biol., CI, 1929, pág. 623.—*L'irritabilité protoplasmique et le système nerveux*. París, Guillon ed. 1930. En sus investigaciones, el autor halla que el citoplasma es siempre ópticamente vacío, salvo si se altera por las condiciones de la observación ultramicroscópica.
- LECLEREC DU SABLON: *Traité de Physiologie végétale et agricole*. Vol. de 610 páginas. París, Baillière, 1911. Aunque algo anticuado, es un buen libro de Fisiología vegetal, con estudio de los principios inmediatos, fermentaciones, análisis de la permeabilidad de las membranas celulares, fotosíntesis, asimilación del nitrógeno, circulación, fenómenos de irritabilidad, condiciones ambientales, etc.—*Les incertitudes de la Biologie*. Vol. de 340 págs. de la Bibl. de Phil. sc. París, Flammarion ed. 1917, sobre causas finales y causas naturales, complejidad de las leyes biológicas en relación con las explicaciones físicas y químicas, equilibrios fisiológicos, propiedades de la materia viviente, etc.—*L'Unité de la Science*. Vol. de la misma col., 1919, sobre las dependencias y relaciones de unas ciencias con otras.
- LEVI: *Tratado de Histología*. Ver. española. Barcelona, Labor, ed. 1931. Vol. de 960 págs. en 4.º mayor. Es un buen libro de esta ciencia. La teoría celular, descripción de los orgánulos protoplásmicos (advirtiendo el autor, influido por la teoría de la homogeneidad, la posibilidad de que algunas de estas estructuras sean artefactos), la citofisiología, la diferenciación en tejidos y órganos, cultivo de tejidos, etc., se tratan en capítulos varios que constituyen la primera parte de la obra.
- LEWIS: *Behavior of cells in tissue culture*, en Cowdry: *General Cytology*, páginas 383-447. Sobre morfología y estructura de las células de tejidos animales cultivados in vitro.

- LHERMITTE:** *Les fondements biologiques de la Psychologie*. Vol. de 250 págs. París, Gauthiers Villars, 1925. De un modo sencillo y elemental, se trata de la constitución del sistema nervioso, neuromas, relaciones en sinapsis, marcha e intensidad del influjo nervioso, etc.—*Los mecanismos del Cerebro*. Buenos Aires, Losada ed. 1940. Vol. de 300 págs., sobre estructura elemental del cerebro, localizaciones cerebrales, etc., y noticia sobre fenómenos bioeléctricos cerebrales, todo ello con carácter vulgarizador.
- LOEB (J.):** *La Dynamique des Phénomènes de la Vie*. Vol. de 410 págs. en 4.º, de la Bibl. Scient. Intern. París, Alcan, 1908.—*La conception mécanique de la Vie*. París, Alcan, 1912.—*El organismo vivo en la biología moderna desde un punto de vista físico-químico*. Vers. española, Junta Ampl. est. e inv. cient. Madrid, 1920. Vol. de 400 págs. Estas obras constituyen notables estudios de fenómenos biológicos, interpretados estrictamente por los principios físico-químicos.—*Les Protéines*. Vol. de 250 págs. de la Nouv. Coll. sc. París, Alcan, 1924. Es una de las mejores publicaciones monográficas de las proteínas en general y sus propiedades.—*La Théorie des Phénomènes Colloïdaux*. Vol. de la misma colección, París, 1925. Es un estudio físico-químico de los coloides.—*Les bases physico-chimiques de la régénération*. París, Gauthiers Villars, 1916. Se trata de los fenómenos de regeneración en la planta *Bryophyllum calycinum*, deduciendo Loeb de sus notables investigaciones que es un fenómeno 'físico-químico, para el cual no es preciso admitir la intervención de un «principio director».
- LOEB (L.):** *The Cytology of the Mammary Gland*. Cap. XXXIV, pág. 1.173, en vol. II de *Cowdry: Special Cytology*. Morfología y estructura de las células glandulares mamarias de los Mamíferos...—*The Biological Basis of Individuality*. London, 1945, vol. 725 págs. sobre los diversos factores orgánicos, genes, hormonas, etc., que intervienen en la constitución del hombre.
- LOEWI:** *Chemical transmission of nerve impulses*. Science in Progress. New Haven. Yale University Press, 1946, págs. 98-119. Sobre las sustancias que el impulso nervioso libera en los efectores, ante las cuales el órgano reacciona, y teoría general de la transmisión química de la acción nerviosa.
- LÓPEZ ENRÍQUEZ:** Véase ENRÍQUEZ.
- LOTKA:** *Elements of Physical Biology*. Un vol. de 500 págs. en 4.º. Baltimore. Willians and Wilkins Co., 1925. En esta interesante obra, describió el autor las condiciones físicas y químicas ambientales y la ecología de los seres, ciclo natural de los elementos biogénicos, dinámica de la vida, etc., aplicando el cálculo matemático para expresar las relaciones complejas entre los organismos y su medio. Sobre este intento de reducir a ecuaciones matemáticas los fenómenos de la vida, véase KOSTITZIN: *Symbiose, Parasitisme et Évolution. Étude mathématique*. Vol. núm. 96 de Actua-lités Scient. et Indust. París, Hermann, 1934.
- LOUSTAU:** *Botánica general*. Murcia, 1918.—*Biología general y Genética*, 2.ª ed. Murcia, 1935. En las págs. 682-700 se cita bibliografía sobre mutaciones, mutaciones inducidas, cromosomas, genes, etc., que, por ello, no incluimos aquí.—*Estudios sobre el Nucleolo en Células vegetales*. Anales de

- la Univ. de Murcia, 1943, págs. 1-130, con bibliografía crítica sobre el núcleo y el nucleolo, págs. 100-130, por lo que la omitimos en este artículo.
- LUMIÈRE: *La Mithe des Symbiotes*. Vol. de 210 págs. París, Masson, 1919.—*Théorie colloïdes de la Biologie et de la Pathologie*, Vol. de 202 págs. Chiron ed. París, 1922.—*La Vie, la Maladie et la Mort, phénomènes colloïdaux*. Vol. de 506 págs. París, Masson, 1928.—*Colloïdes et Micelloïdes*. Vol. de 806 págs. París, Maloine ed. 1933. A estas obras nos hemos referido en el texto, al hablar de la teoría coloidal de la materia viviente. La última citada, síntesis de las anteriores, expresa ya la duda del autor, decidido defensor de la teoría coloidal de comienzos del siglo actual, sobre la posibilidad de explicar de este modo todos los fenómenos vitales.
- MACKLIN: *The Intestinal Epithelium*. Estructura de las células epiteliales del intestino, en *Cowdry: Special Cytology*, vol. I, pág. 169.
- MAGROU: *A propos des rayons de Gurwitsch*. *Année Biol.*, 1932, II, 1.^a parte, págs. 149-151. Sobre producción de estas radiaciones por el *Bac. tumefaciens*.
- MAIGE: *Alimentation hydrocarbonée de la^o cellule et variations nucléaires et plastidales*. *La Cellule*, 1925.—*Mécanisme physico-chimique de la condensation amylicée*. C. R. Ac. Sc. Vol. 193, 1931, y otros varios artículos sobre amiloplastidios, almidón, etc., en C. R. Soc. Biol. y otras revistas.
- MALONE: *The General Relation of Histological Character to Function in Mammalian Neurons*, en vol. II, pág. 989 de *Cowdry: Special Cytology*. Sobre las conexiones y relaciones de las diversas neuronas según su función y características estructurales.
- MALYSEV: *The growth of isolated meristem of roots*. *Année Biol.*, 1934, I, 1.^a parte, pág. 15. Cultivos in vitro de meristemas de las raíces de *Vicia*, *Zea* y *Phaseolus*; en agar crecen y se multiplican durante ocho meses.
- MANGENOT: *Constituants morphologiques du Cytoplasma des Algues*. París, Doin, ed. 1922, vol. de 350 págs. en 4.^o, con 16 láminas. Estudio citológico de las algas, especialmente sobre el condrioma y plastidios, vacuolas, formaciones lipoideas, etc.—*Données morphologiques sur la Matière vivante*. París, Guillon, 1930. Vol. de 260 págs. en 4.^o. Tratado conciso de Citología vegetal. El autor ha publicado, además, varios artículos sobre el protoplasma vegetal y sus orgánulos en *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, C. R. Soc. Biol., etc., y obras en colaboración.
- MANN: *The Cytology of the Liver and its Functional Significance*, en vol. I, pág. 203, de *Cowdry: Special Cytology*. Estructura de las células hepáticas.
- MARESQUELLE: *Les idées modernes sur le mécanisme de la photosynthèse*. Vol. 894 de *Actual. scient. et indust.* París, Hermann, 1941. Es un trabajo en colaboración con EMBERGER, MANGENOT y otros, sobre la fotosíntesis y las hipótesis modernas para explicarla.



- MARINE: *The Thyroid, Parathyroid and Thymus*, en Cowdry: *Special Cytology*, vol. I, pág. 549, sobre la estructura de estas células glandulares en relación con sus funciones.
- MARINESCO: *Études histologiques sur les oxydases et les peroxydases*. C. R. Soc. Biol., vol. 70, 1919.
- MASSART: *Biologie Générale et Botanique*. Dos vols. en 4.º, Bruxelles, Lamer-tin, 1921 y 1923. El vol. I, trad. al español, ha sido publ. en Barcelona, Marín, ed. 1926.
- MAXIMOW: *The Lymphocytes.—The Macrophages or Histiocytes*. En vol. I, págs. 369 y 425, de Cowdry: *Special Cytology*.
- MAYER et SCHAEFER: *Sur la structure des gels. Applications á l'étude de la constitution du protoplasme animale*. C. R. Soc. Biol., 1908. Comparando el efecto de los fijadores en el citoplasma con el que producen los mismos reactivos en sols de proteínas, se prueba que las estructuras que muestran las preparaciones citológicas son artefactos producidos por el fijador. Se trata de comprobar las aseveraciones de Hardy y de otros, interpretándolas como demostrativas de la teoría de la homogeneidad, que, por esta analogía, cuenta aún con muchos adeptos.
- METZ: *The Male Germ Cells*, en Cowdry: *Special Cytology*, vol. II, pág. 1.257. Se describe la conducta de mitocondrias y otros orgánulos durante los procesos de espermatogénesis.
- MOLISH: *The movement of sap in the plants*. Science, febrero de 1929, página 217. Ingeniosas experiencias de este biólogo indio sobre la sensibilidad en los vegetales, en virtud de las cuales deduce que todas las células corticales son sensibles y que la sensación se transmite en forma de onda de contracción peristáltica. Por verdaderas pulsaciones se mueve la savia y esta actividad es excitada por unos agentes y paralizada por otros, etc.
- MOLLÉ: *L'Activité vivante et la structure cellulaire*. Scientia, XXI, noviembre 1927, pág. 273. Artículo sobre los trabajos del biólogo italiano GIGLIOTTOS, pretendiendo explicar el crecimiento y multiplicación de la materia viva por desdoblamiento de las moléculas coloidales, repudiándose las resultantes por tener la misma carga eléctrica; esto conduce, cuando todos los elementos protoplásmicos se han desdoblado, a una ruptura del equilibrio, restableciéndose la estabilidad de la estructura mediante una agrupación doble y consiguiente división celular.
- MORALES: *Biología fundamental*. Un vol. de 700 págs. en 4.º, Barcelona. Buenos Aires, Salvat, ed. 1946. Conceptos generales y doctrinas sobre la naturaleza de la vida, con breve historia de las ideas biológicas, se exponen en esta obra.
- MORROS: *Elementos de Fisiología*. 4.º ed. Barcelona. Madrid, Ed. Científico-Médica, 1946. Vol. de 1.250 págs. Los nueve primeros capítulos de la obra son de bioquímica, dedicados al estudio de los principios inmediatos, y los seis siguientes a nociones de físico-química biológica.

- NADSON: *Changements de la matière vivante sous l'influence des rayons X et du radium*. Vol. 513 de Actual. scient. et indust. Es la publicación de una conferencia del autor en el Inst. Pasteur, ilustrada con fotografías, sobre estructura de la materia viva, relaciones entre sus proteínas, lípidos, electrolitos, etc., y experiencias acerca de las alteraciones protoplásmicas por influencia de rayos X y radium.
- NAGEOTTE: *L'Organisation de la Matière dans ses rapports avec la Vie*. Vol. de 560 págs. en 4.º, con figuras y láminas en color. París, Alcan, 1922. Estudia el protoplasma, demostrando que no es una sustancia homogénea, sino conjunto de partes muy distintas; considera al condrioma como sistema de catalizadores organizados, etc.; pero la organización reposa siempre sobre el estado coloidal, es una agrupación de micelas en edificios complejos; estudia especialmente el tejido conjuntivo y el nervioso, apoyándose en los fundamentales trabajos de Cajal.
- NEEDHAM: *Chemical Embryology*. Tres vols. con 2.021 págs. y 532 figs. Cambridge University Press, 1931. Trata de los actuales conocimientos de la físico-química del desarrollo embrionario, en relación con la morfología y mecánica de este proceso biológico, critica el neovitalismo y combate al finalismo.
- NONÍDEZ: *Los cromosomas en la espermatogénesis del Blaps lusitanica*. Trab. del Mus. de Cienc. Nat. Madrid, 1914.—*Estudios sobre las células sexuales*. Memorias de la R. S. Esp. de Hist. Nat. Madrid, 1915.—*Studies on the gonads of the fowl*. Serie de artículos publicados en Amer. Jour. Anat., años 1920 a 1924.
- OPIE: *Cytology of the Pancreas*, en vol. I, pág. 239 de Gawdry: *Special Cytology*. Descripción de la estructura de las células pancreáticas.
- OSBORN: *Origine et Evolution de la Vie*. Vol. de 300 págs. en 4.º. París, Masson, 1921. El autor, famoso naturalista americano, discute el vitalismo y el mecanicismo, desarrollando su concepción energética de la vida y su evolución.
- PARAT: *Evolution phylo et ontogénique du vacuome, du chondriome actif et du système de Golgi de la cellule animale*. Assoc. des Anatomistes. Amsterdam, 1930, y varios artículos sobre vacuoma y aparato de Golgi en C. R. Acad. Sc. y Bull. Hist. appl.
- PENFIELD: *Neuroglia and Microglia. The Interstitial Tissue of the Central Nervous System*, en Cowdry: *Special Cytology*, vol. II, pág. 1.031. Con referencia a los famosos trabajos de Río-Hortega y su escuela.
- PERRIER: *A Travers le Monde vivant*. Un vol. de 360 págs. de la Bibl. de Phil. scient. París, Flammarion, 1916, sobre diversos fenómenos biológicos y teorías explicativas. Muy conocida es su gran obra; *Traité de Zoologie*. París, Masson, comenzada en 1893, continuada años después, hasta la muerte del autor, siendo concluida por su hermano Rémy en 1931. Famosos son también sus estudios sobre las colonias animales.
- PIERANTONI: *Compendio de Biología*. Ver. española, 3.ª ed. Un vol. de 660 págs. en 4.º. Barcelona. Madrid, Labor, ed. 1943. La teoría simbiótica



defendida por el autor, la expone brevemente en la pág. 30, aludiendo con frecuencia a ella en el curso de la obra, indicando también otras varias doctrinas biológicas.

- POLLACI e BERGAMASCHI: *Sulla formazione di aldeide formica in piante vive durante la fotosintesi clorofilliana*. *Année Biol.*, 1932, IV, 1.^a parte, página 514. Con la dimetilhidroresorcina (dimedón) demuestran los autores la realidad de la formación de aldehído fórmico, como producto transitorio, durante la fotosíntesis.
- PRADOS: *Sobre las células polimorfas de la fascia dentata del mono*. *Arch. de Neurología*, I, marzo 1920, y *Trab. Lab. de Histopatología*, núm. 6.
- PRENANT: *Adaptation, Ecologie et Biocoenotique*. Vol. 103 de *Actual. Scient. et indust.* París, Hermann ed. 1934. Sobre expansión de la materia viva, complejidad del medio físico, interacción de los seres y ecología general.
- PRESTON: *Structure of the Walls of Phloem Fibres*. *Chronica Botanica*, VII, 1943, pág. 414. Los diagramas con rayos X indican que en las fibras las cadenas de celulosa están dispuestas longitudinalmente; pero en las células parenquimatosas hay, al menos, dos capas, dispuestas de modo que las cadenas de una se cruzan con las de la otra; esto se percibe muy bien en las membranas celulares de algunas algas.
- PUJIULA: *Citología*. Dos vols. en 4.^o menor. Barcelona, Tip. Católica, 1914 y 1918. El vol. I es de citología teórica y el II de técnica micrográfica.—*Histología, Embriología y Anatomía microscópica vegetales*. Un vol. en 4.^o mayor. Barcelona, Ed. Cient.-Méd., 1921. Esta obra es un buen tratado de Anatomía vegetal y de técnica para su estudio.
- RABAUD: *Le transformisme et l'expérience*. Vol. de 315 págs. de la *Nouv. coll. scient.* París, Alcan, 1914.—*Éléments de Biologie générale*. Vol. de 450 páginas en 4.^o. París, Alcan, 1920.—*Zoologie biologique*. Vol. de 476 págs. en 4.^o París, Gauthier Villars, 1932-1933. En estas obras trata el autor de los problemas generales de la Biología y defiende los puntos de vista transformistas y antifinalistas.
- RAMÓN Y CAJAL: Véase CAJAL.
- RAPKINE ET WURMSER: *Potenciel de réduction du noyau et les oxydations cellulaires*. *C. R. Soc. Biol.* vol. 94, 1926.—*Potentiel de réduction des celluloses*. *Id.* vol. 95, 1926. Trabajos de determinación del potencial de óxido-reducción en la materia viva.
- REGAUD: *Mitochondrias et symbiotes*. *C. R. Soc. Biol.* Vol. 72, 1919. Sobre la teoría simbiótica como origen de las células.
- REISS: *Le pH intérieur cellulaire*. Un vol. *Presses universitaires*. París, 1926. En el texto hemos aludido a estas investigaciones, indicando las dificultades que su práctica ofrece.
- REITER UND GABOR: *Der heutige Stand des Problems der Gurwisch Strahlen*. *Année Biol.*, 1932, fas. II, pág. 150. Resumen de las investigaciones efec-



tuadas para demostrar la existencia de los rayos mitogenéticos, cuya realidad es tan discutible.

RIGNANO: *El finalismo della vita*. Vol. de 300 págs. en 4.º, Bologna, 1923. Defiende las ideas finalistas y vitalistas. Resumen y discusión de sus opiniones es el artículo de MATHEUS: *The Mechanistic conception of Life*, en *Scientia*, XXXVI, oct, 1924, pág. 242.

RÍO-HORTEGA: Numerosas y notables publicaciones, entre ellas: *Détails nouveaux sur la structure de l'ovaire*. Trab. del Lab. de Inv. biol. Univ. Madrid, XI, 1913.—*Contribución al estudio de la fina textura de las células cancerosas. Las epiteliofibrillas*. Id., XII, 1914.—*Alteraciones del sistema nervioso central en moquillo de forma paralítica*. Id., XIII, 1915.—*Contribución a l'étude d'histopathologie de la neuroglia*. Id., XIV, 1916.—*Estudios sobre el centrosoma de las células nerviosas y neuróglícas de los vertebrados*. Id. id., 1916.—*Estructura fibrilar del protoplasma neuróglíco y origen de las gliofibrillas*. Id. id., 1916.—*Gliosomas y gliofibrillas*. Bol. Soc. Española de Biología, 1916.—*Contribución al conocimiento de las epiteliofibrillas*. Trab. Lab. Inv. biol. Univ. Madrid, XV, 1917.—*Sobre la verdadera significación de las células neuróglícas llamadas amiboideas*. Bol. Soc. Esp. de Biol., VIII, 1918.—*El tercer elemento de los centros nerviosos. Microglia en estado normal. Microglia en los procesos patológicos. Naturaleza de la microglia*. Id., IX, 1919.—*Poder fagocitario y movilidad de la microglia*. Id. id., 1919.—*La microglia y su transformación en células en bastoncitos y cuerpos gránulo-adiposos*. Trab. Lab. Inv. Biol. Univ. Madrid, XVIII, 1920.—*Particularidades histológicas de la fascia dentata en algunos mamíferos*. Id., IX, 1919.—*Lo que debe entenderse por tercer elemento de los centros nerviosos*. Bol. S. E. de Biología, XI, 1921.—*Estudios sobre la neuroglia. La glia de escasas radiaciones (oligodendroglia)*. Bol. R. S. Esp. de Hist. Nat., enero 1921.—*El tercer elemento de los centros nerviosos. Histogénesis y evolución normal, éxodo y distribución de la microglia*. Memorias de la R. S. Esp. de Hist. Nat., X, 1921.—*¿Son homologables la glia de escasa radiación y la célula de Schwann?* Bol. R. S. Esp. de Hist. Nat., 1922. Etc.

ROBERTSON: *The Chemical Basis of Growth and Senescence*. Un vol. London, 1923, en el que estudia el crecimiento, desarrollo, diferenciación y vejez de los organismos animales, en relación con los procesos católicos.

ROCASOLANO: *Tratado de Bioquímica*. Zaragoza, 1928. Vol. de 614 págs. en 4.º. Tras una introducción sobre los conceptos generales y caracteres de la vida, estudia los sistemas dispersos y las cuestiones de fisico-química de los coloides que interesan al biólogo. La parte segunda de la obra está dedicada a los componentes de la materia viva, y en la tercera se ocupa de diástasas, vitaminas, hormonas, etc., y del metabolismo. El autor ha publicado numerosos artículos sobre coloides, vitaminas, etc., en *Anales de la S. Esp. de Fís. y Quím.*, en *Anales de la Univ. de Zaragoza* y en otras revistas.

RONDONI: *Compendio de Bioquímica*. Ver. esp., 4.ª ed. Vol. de 946 págs. en 4.º Barcelona, Labor, ed. 1935. Es un tratado general de bioquímica, orientado preferentemente como introducción a la fisiología humana.—*Sessua-*



lità e ringiovanimento secondo le ricerche sperimentali moderne. Bologna, 1922. Estudio de las funciones hormonales de las glándulas sexuales y del problema del rejuvenecimiento por injertos de estas glándulas.

RUSSELL: *The Question of Vitalism. Psychobiology.* Scientia, XXXVI, septiembre 1924, pág. 169. Artículo de crítica del vitalismo de Driesch y del mecanicismo, para aceptar un especial vitalismo psicofuncional.—*The Directiveness of organic activities.* Vol. de 200 págs. en 8.º mayor. Cambridge University Press, 1945. El autor describe varios procesos y fenómenos biológicos y hace notar su finalismo; pero rechaza tanto las teorías vitalistas como las puramente mecanicistas, admitiendo que la característica fundamental de la vida es la actividad creadora y dirigida a un fin.

SÁNCHEZ Y SÁNCHEZ: *Sur la nature et la fonction de l'appareil réticulaire de Golgi.* C. R. Acad. Sc., 1922.—*Contribución al estudio del aparato reticular de Golgi de las células vegetales.* Bol. de la R. S. Esp. de Hist. Nat. Madrid, 1922.—*Contribución al estudio histofisiológico del tegumento de las semillas.* Id., 1923.

SANCHO GÓMEZ: *Introducción al estudio de la Química nuclear.*—Public. de la Universidad de Murcia, 1948. Vol. de 300 págs. en 4.º mayor, con 64 figuras y 16 láminas. Esta obra es un gran tratado moderno sobre estructura de los átomos y físico-química de los núcleos atómicos. Bajo el punto de vista biológico, es especialmente interesante el cap. IX, págs. 179-187, que trata de las aplicaciones biológicas y médicas de los isótopos y de los efectos biológicos de las radiaciones nucleares y de los neutrones. En el cap. XI se inserta una extensa tabla de todos los isótopos hasta hoy conocidos y sus respectivas características, cuyos datos son de fundamental interés para médicos y naturalistas, atentos a las investigaciones bioquímicas modernas basadas en el empleo de isótopos, según hemos indicado en el texto.

SCHAEFFER: *Textbook of microscopic anatomy.* Vol. de 752 págs. London, Longmans Co., 1912. Es un tratado de citología y de histología.—*The Mucous Membrane of the Nasal Cavity and the Paranasal Sinuses,* en pág. 45 del vol. I de Cowdry: *Special Cytology.* Sobre estructura de las células de los epitelios nasales.

SCHUMACHER: *Ueber die Beziehungen zwischen Eiweissgehalt und Chloroplastengröße in den Blätter von Pelargonium zonale.* Jahrb. f. wiss. Bot., LXX, 1929, págs. 389-434. El autor investiga la formación de los compuestos orgánicos nitrogenados en las células vegetales, utilizando hojas cloróticas de *Pelargonium*; demuestra que éstas elaboran perfectamente sus proteínas y deduce de sus experiencias que no son los cloroplastidios los que realizan la síntesis de los albuminoides; por ello supone que el citoplasma es el principal factor de esta función.

SEIFRIZ: *Elasticity as an indicator of protoplasmic structure.* Amer. Natur., LX, 1926, págs. 124-132. Sus trabajos de micromanipulación y microdissección le demuestran que el protoplasma posee propiedades físicas de elasticidad, rigidez, etc., que implican la existencia de una estructura fibrosa.—*The alveolar structure of protoplasm.* Protoplasma, IX, 1930, pági-



- nas 107-208. De sus estudios en infusorios y en células de cultivos *in vitro* de tejidos embrionarios de pollo, deduce la existencia de una fina estructura alveolar en el citoplasma, visible microscópicamente.—*The structure of protoplasm*. Science, junio 1931, pág. 648. En el examen ultramicroscópico se distingue un faneroplasma disperso de un criptoplasma continuo.
- SHAMBAUG: *Cytology of the Internal Ear*, en vol. II, pág. 927, de Cowdry: *Special Cytology*. Estudio citológico de los elementos que integran el oído interno.
- SCHRADER: *Mitosis. The Movements of Chromosomes in Cell Division*. Vol. de 220 págs. New York, Columbia Univ. Press y London, Oxford Univ. press., 1944. Después de analizar los fenómenos de la mitosis y discutir las teorías sobre el movimiento de los cromosomas, confiesa el autor lo inexplicable de tan complicado proceso.
- SMALL: *Ion concentration in plant cells and tissues*. Protoplasma Monographien, vol. II, 1929. Sobre pH y disociación iónica en células vegetales.
- STIEVE: *Nuevas investigaciones de anatómicos alemanes en los años 1933 a 1942*. Investigación y Progreso, mayo-junio 1943, págs. 148-166. Sobre estudios realizados acerca de la relación núcleo-plasmática.
- STILES: *Modern views of the mechanism of Carbon assimilation*. Scientia, volumen XXI, febrero 1927, pág. 117. Hay gran diferencia entre la investigación química, que prescinde del protoplasma, y la fisiológica, que considera la acción de éste. Las reacciones que tienen lugar en la fotosíntesis son varias y comienzan por la unión del anhídrido carbónico con la clorofila.
- STOCKARD: *The Physical Basis of Personality*. Vol. de 340 págs. en 4.º, New York, Norton Co., 1931. Factores intrínsecos y extrínsecos que influyen en el desarrollo del hombre y de los animales, indicando la acción de los genes, las influencias hormonales, las del ambiente, etc., y citando experiencias de transplantaciones embrionarias, de injertos, etc.
- SUÁREZ: *Algunas observaciones histológicas sobre el mecanismo de la metástasis en los ganglios linfáticos*. Rev. esp. de Biología, IV, 1935, páginas 149-156, con microfotografías. Estima el autor que sus observaciones son favorables a la teoría clásica que supone determinada la metástasis por el desplazamiento de células del tumor matriz a otras regiones más o menos distantes.
- SUSAETA: *Coloides y Fermentos*. Un vol. de 300 págs. en 4.º. Barcelona. Buenos Aires, Labor, ed. 1927. Es un buen tratado de físico-química de los coloides, especialmente de los que interesan al biólogo y de la acción catalítica de los fermentos.
- SWINGLE: *Metaxenia in the Date Palm. Possibly a hormone actio by the embryo o endosperm*. The Jour. of Heredity, XIX, 1918, pág. 257. Modo de obtener, por difusión en gelatina, la hormona vegetal de crecimiento, experiencias realizadas y explicación hormonal del fenómeno de la metaxenia.

- TADROS:** *Oestrogenic Substances Showing Anti-tumor Action*. Nature. Vol. 155, 1945, pág. 366. Sobre sustancias oestrógenas que tienen acción anticancerígena y no carcinógena, como algunos admiten.
- TANSLEY:** *Elements of Plant Biology*. Vol. de 420 págs. en 4.º, London, Allen Co., 1923. Tratado sencillo de biología y bioquímica vegetal, con preferente atención a los métodos experimentales.
- TAYLOR:** *Experimental evidence of the function of the fibrillar system in certain Protózoa*. Amer. Natur., LXIII, 1929, págs. 328-345. En los Infusorios, un sistema de fibrillas enlaza los cirros, membranillas y orgánulos motores y todas están en conexión con un corpúsculo, el *motorium*; las experiencias del autor demuestran que este sistema actúa de coordinador de los movimientos, como un sistema nervioso intracelular.
- TELLO:** *Algunas observaciones con los rayos ultravioletas*. Trab. del Lab. de Inv. Biol. Univ. Madrid, IX, 1911, pág. 111.—*Algunas observaciones sobre la histología de la hipófisis humana*.—Id., X, 1912, pág. 145.—*El retículo de Golgi en las células de algunos tumores*. Id., XXI, 1923, Etc. Discípulo de Cajal, sucedió a su insigne maestro en la cátedra de Histología de la Fac. de Med. de Madrid, colaborando con él en las últimas ediciones del *Manual de Histología normal* y de la *Anatomía patológica*.
- TILNEY:** *The Pineal Gland*, en pág. 501 del vol. I de Cowdry: *Special Cytology*. Estudio citológico de los elementos de la glándula pineal.
- UEXKÜLL:** *Ideas para una concepción biológica del mundo*. Vol. de 268 págs. en 4.º menor. Madrid, Calpe, ed. 1922. Citamos este libro, no obstante su escaso valor científico, porque en él desarrolla el autor sus ideas ultravitalistas y ultrafinalistas, así como antievolucionistas, pretendiendo apoyarlas en algunos fenómenos biológicos referentes sólo a la vida animal. En *Meditaciones biológicas*, vol. de 173 págs. en 8.º, Rev. de Occidente, Madrid, 1942, puede apreciarse su arbitraria interpretación de las experiencias de Spemann.
- VÁZQUEZ:** *El aparato de Golgi y otras estructuras citoplásmicas de las células sarcomatosas estudiadas in vitro*. Rev. Esp. de Biología, II, cuad. 3.º y 4.º, págs. 97-182.
- VÉRAIN et CHAUMETTE:** *Le pH en Biologie*. Vol. 240 págs. París, Masson, 1927. Sobre el gran interés biológico y médico del estudio y determinación del pH en los líquidos y jugos orgánicos.
- VERNE:** *Le protoplasma cellulaire système colloïdale*. Vol. de 225 págs. en 8.º París, Doin, ed. 1923. El protoplasma es considerado como sistema coloidal polifásico, según la teoría del biólogo italiano BOTAZZI.
- VIGNON:** *Introduction a la Biologie Expérimentale. Les Etres organisés, activités, instincts, structures*. Vol. de 750 págs. en 4.º mayor, de la Encycl. Biologique. París, Lechevalier, ed. 1930. Descripción detallada de diversos fenómenos biológicos y sus estructuras orgánicas, deduciendo el finalismo que parece presidir las actividades todas de los seres. En este orden, las ideas del autor son análogas a las defendidas por Driesch.



- VLÉS: *Cours de Physique biologique*. Un vol. París, Vigot, ed. 1925.—*Précis de Chimie physique*. Id. id., 1929.—*Recherches sur le pH intracellulaire*. Arch. Phys. biol., 1924.—*Considérations théoriques sur le point isoélectrique' des ampholites*. Id., 1925, y otros varios artículos sobre estos problemas.
- VRIES: *Especies et Variétés. Leurs naissance par mutations*. Vol. de 540 págs. en 4.º de la Bibl. Sc. International. Con detallada exposición de los descubrimientos del autor sobre el fenómeno de las mutaciones e ideas sobre el proceso de la evolución.
- WILLIAMS: *An Introduction to Biochemistry*. Vol. de 502 págs. en 4.º. London, Chapman, ed. 1931. Es un buen tratado de bioquímica fisiológica vegetal y animal, con las necesarias nociones de fisico-química. La última parte de la obra está dedicada al estudio del metabolismo.
- WILSON: *Newer aspects of the alveolar structure of protoplasm*. Amer. Natur., LX, 1926, págs. 105-120. Expone sus conceptos sobre la estructura protoplásmica alveolar, que deduce de sus observaciones.
- WURMSER: *Le rendement énergétique de la photosynthese*. Ann. de Physiol., I, 1925, págs. 47-63. Este rendimiento se eleva al 70-80 por 100, y de esto deduce el autor que la serie de reacciones se realiza en condiciones muy próximas a la reversibilidad.