

## IV. EL individuo protoplásmico autótrofo

24.X.73

*Ya no veo sobre su mesa la gramática italiana de Gaspey-Otto-Sauer que el doctor Cerdón ha repasado durante las últimas semanas. Cierta día, antes de saber yo que proyectaba un viaje a Italia, le pregunté por este libro, que destacaba, por contraste, entre sus habituales de biología.*

—Es el mismo libro que utilicé en la cárcel para estudiar italiano —*me dijo*—. Lo he desempolvado porque queremos hacer un viaje corto a Italia.

*Ahora, de regreso, me acoge una vez más en su despacho y, naturalmente, le pregunto por su viaje.*

—No hemos visitado sino Florencia.

—*¿Por qué sólo Florencia?*

—Porque Florencia, por sí sola, ya es ciudad para dejarla en el recuerdo sin mezclarla con otras impresiones.

—*¿Qué le llamó la atención en su viaje?*

—En primer lugar, la naturaleza. Fuimos en tren de Roma a Florencia. El campo es hermosísimo, verde, de un verde muy oscuro, y unos grandes espacios frondosos. Florencia mismo es una ciudad con parques muy hermosos. Y la gente es muy amable, yo creo que más que hoy aquí. Será un rasgo que se nos ha formado a partir de nuestra guerra, pero me parece que tenemos peor humor, que somos más agresivos.

—*¿Le sorprendió Florencia?*

—*¿En qué sentido?*

—*No sé. Uno siempre piensa que Florencia ha de sorprender.*

—Pues, verás: quizá lo que más me sorprendió de Florencia tal vez haya sido que, de entrada, no sorprenda. Y quizás ello sea la prueba de su grandeza que luego nos va penetrando. Creo que esta grandeza consiste en que la ciudad es una de las cunas señeras del mundo moderno que, en Florencia, manifiesta con especial claridad sus raíces

socio-económicas (vinculadas en buena parte a la historia de los Medici) que, en pocos años, dan origen a las más altas manifestaciones del pensamiento. Esta proximidad del mundo de Florencia al nuestro, que alcanza incluso a sus antecedentes medievales, le quita inicialmente sorpresa. Al visitar el Palacio de los Uffizzi, el espléndido museo de Florencia, que construyeron los Medici para domiciliar la Administración de la República, se tiene la impresión de un ministerio actual o de un edificio semejante. Y lo mismo vale para otros grandes *palazzi* renacentistas.

—¿También tuvo usted esa impresión con el arte?

—También. Tampoco hay sorpresa, pero sí asombro, ante estos grandes artistas del Renacimiento. En Florencia, además del Giotto, adelantado omnipresente del Renacimiento, están Masaccio, Miguel Angel y Fra Angelico entretejidos en la ciudad. ¿Qué decir de Miguel Angel, ejemplo vivo de un artista interiorizador con la máxima profundidad de un mundo que nace atormentadamente? ¿Y qué de Fra Angelico, al que se ve vivir para recrear con tan tierna sinceridad la concepción de la vida medieval en moldes renacentistas? Pero mi mayor impresión me la ha proporcionado Masaccio, de obra tan cabalmente genial, a pesar de lo corto de su vida. En él nace tan claramente el mundo moderno que el hecho nos asombra y con él empieza a asombrarnos toda Florencia. Le diré que nunca había prestado atención alguna a San Pedro, pero, me lo han revelado de modo tan vivamente actual los frescos de Masaccio, que lo recordaré en lo sucesivo como el prototipo de la grandeza del hombre humilde abrumado por el peso de una herencia trascendente que ha recibido y aceptado plenamente.

—¿No salió de la ciudad?

—Sólo salí de Florencia para visitar San Gimignano, un día que terminamos extraviándonos mi mujer y yo por rutas de coches de línea. Todo en San Gimignano, en cambio, es medieval. De modo que cuando Florencia somete a su dominio a otros pueblos y repúblicas de su alrededor, ella evoluciona y otras ciudades, como San Gimignano, se quedan detenidas en el tiempo.

*Don Faustino se detiene y añade con una sonrisa:*

—No nos quedemos nosotros también detenidos, y dígame usted donde quedamos en nuestra última charla.

—*Me hablaba usted del protoplasma autótrofo.*

—La evolución del protoplasma autótrofo es un problema arduo, que intentaré abordar de manera sucinta, con objeto de llegar en un plazo prudente a etapas de la evolución más próximas a nuestro conocimiento directo y, sobre todo, al hombre. Una de las primeras ideas que se me impusieron fue que la adaptación al aprovechamiento de la nueva fuerza energética, el metano, conducía, casi inevitablemente, a la conveniencia de establecer asociaciones entre los individuos protoplásmicos autótrofos. Los individuos protoplásmicos heterótrofos, por la naturaleza misma de su evolución, perfeccionaban al máximo la aplicación de la energía obtenida en procesos de descomposiciones con liberación de energía, a procesos de síntesis con consumo de energía. El hecho, como le señalé a usted en su lugar, condujo a reacciones metabólicas cuya característica fundamental era un excelente aprovechamiento energético. En estas condiciones, los individuos protoplásmicos carecen de energía excedente para aplicarla a la asociación entre ellos.

*—La asociación entre individuos protoplásmicos heterótrofos era, pues, imposible, ¿no es así?*

—Así es. Y la objetividad de mi afirmación se pone de manifiesto con toda claridad en una apercepción de mi estudio del protoplasma. Yo sabía de antemano que, evidentemente, como paso previo a la formación de células, los individuos protoplásmicos habían tenido que asociarse, y así lo hice notar, al redactar mi libro, en un apartado introductorio de la evolución del protoplasma que titulé «Evolución de la acción y experiencia protoplásmica y de las asociaciones de individuos protoplásmicos». Pero como hasta entonces no tenía noticia sino de los individuos protoplásmicos heterótrofos, el hecho cierto es que el apartado se consumió en el esbozo de la evolución de su acción y experiencia, salvo un párrafo final de seis o siete líneas en que aludía a la necesidad de que, de algún modo y en algún momento, los individuos protoplásmicos hayan tenido que asociarse. La realidad es que no pude concebir cómo los individuos protoplásmicos que conocía —los heterótrofos— pudieran asociarse. En cambio, en cuanto percibí y definí el protoplasma autótrofo por el aprovechamiento del metano atmosférico, me saltó a la vista, de inmediato, la ventaja indudable que, para estos individuos, ofrecía asociarse y la posibilidad que tenían de hacerlo. De modo que, en mi opinión, los individuos protoplásmicos autótrofos constituyeron asociaciones casi desde el principio.

## LOS INDIVIDUOS PROTOPLÁSMICOS AUTÓTROFOS SE ASOCIAN

—¿Cuáles son las razones que hicieron imprescindibles estas asociaciones?

*No me contesta y le oigo alejarse por el pasillo para preguntar la hora. Cuando regresa, responde de inmediato, como si aquella salida del despacho hubiera sido en realidad un tiempo de descanso:*

—Para entender esto hay que comenzar por intuir qué cambio supuso en el modo de acción y experiencia del individuo protoplásmico su adaptación a vivir de metano disuelto; en una palabra, su paso al autotrofismo. A diferencia del alimento anterior del protoplasma, el metano no había surgido de la evolución conjunta del magma del protoplasma, sino que era un producto directo del magma de la atmósfera. Como sabemos, lo que constituía la característica general de los componentes del magma, luego componentes del medio del protoplasma heterótrofo, era la gran nivelación de los cambios energéticos que se producían entre unos y otros (lo que, como antes le dije, impedía precisamente disponer de energía para la asociación). El metano, con otra procedencia, tiene mucha más energía potencial por átomo de carbono, aproximadamente el triple. De este modo, la inserción de esta molécula carbonada en el medio protoplásmico (rutas de transformación metabólica heredadas de los individuos heterótrofos), supone necesariamente un exceso de energía carente de aprovechamiento posible dentro del marco metabólico heredado; es más, un exceso necesariamente perturbador. Desde el comienzo se me impuso el hecho de que la utilización de metano por el individuo protoplásmico autótrofo (supuesto todavía aislado) tuvo que determinar que la actividad se frenara alternativamente a sí misma por la energía extra, perturbadora para ella, que ella misma producía. Este concepto es interesante porque introduce nociones nuevas.

—Sí. —*convengo*—, es interesante, pero necesita aclaración.

### LAS FASES DE ACTIVIDAD Y DE REPOSO DEL INDIVIDUO PROTOPLÁSMICO AUTÓTROFO

—Para orientarle, le diré que, por primera vez en la evolución, aparecen en un ser vivo períodos de actividad y de reposo. Ante la presencia suficiente de metano, el individuo protoplásmico que lo metaboliza produce una energía química

ca inaprovechable que, para no perturbar, ha de captarse por moléculas especializadas en hacerlo. Sin duda, una vez saturadas éstas, tenían que liberarse de la energía acumulada para dejar en disposición al individuo protoplásmico de reiniciar un período de nueva actividad. El aprovechamiento del metano impuso, pues, a los individuos protoplásmicos la sucesión de períodos de actividad y reposo y, además, les proporcionó una energía extra, inaprovechable, que hubieron de eliminar al exterior. Estas inducciones inmediatas me impulsieron en seguida la posibilidad y la conveniencia de que estos individuos se asociaran para aprovechar mejor el metano.

—*El hecho de que en estos individuos se sucedan los períodos de actividad y reposo, ¿implica que les convenga asociarse?*

#### LA ASOCIACIÓN ENTRE INDIVIDUO PARENTAL Y FILIAL

—Verá. En seguida me asaltó la idea de que los individuos naturalmente vinculados (el parental y el filial), que en los individuos heterótrofos se separaban en cuanto el filial llegaba a la madurez (por concurrir con el padre ante el alimento y no tener posibilidad de cooperar eficazmente para conseguirlo), en la asociación inicial entre los individuos parental y filial autótrofos se da una primera forma de asociación permanente. Yo creo que a usted se le ocurre cuál es la primera forma de asociación, porque está muy clara. Era una forma muy primitiva, muy incipiente.

—*La alternancia, supongo. La alternancia, sencillamente, en el ejercicio de la actividad y el reposo.*

—En efecto. Veamos, con un poco de detalle, las ventajas de esta asociación entre individuos parental y filial y las posibilidades de realizarla. La ventaja es clara: ante una fuente ambiental de energía, el metano, que afluye desde la atmósfera con velocidad prácticamente constante, conviene obviamente que uno de los dos esté continuamente aplicado, frente a la alternativa de aplicarse los dos a la vez y de descansar juntos; pero, para que se estableciese esta asociación, no sólo tenía que ser conveniente, sino también posible. Era posible porque al individuo filial que, inicialmente, vivía de exceso de medio organizado por el parental (como, por otra parte, en los previos individuos parental y filial heterótrofos), no podían pasarle inadvertidas las oscilaciones de actividad del parental y, además, al iniciarse un período de reposo, éste se caracterizaba por la emisión de las sus-

tancias donde se acumulaba la energía extra producida en el período de actividad previa, y estas sustancias liberadas pudieron constituirse en señal para que se iniciara el período de actividad filial.

—*Usted ha dado como evidente que les es ventajoso asociarse, pero no acabo de entender para qué se asocian los individuos autótrofos.*

—Pues mire usted, aunque parezca paradójico, se asocian para mantenerse separados, lo que resulta una ventaja esencial para explotar toda fuente de energía y de materia de las características del metano que se han adaptado a explotar los individuos protoplásmicos autótrofos: una molécula disuelta a concentración casi constante en el agua en que viven. Es cierto que las moléculas del magma del protoplasma que aprovechaban los individuos protoplásmicos heterótrofos primitivos tenían análogas características; pero estos individuos no podían asociarse (aunque les conviniera hacerlo) por las exigencias de su perfeccionamiento evolutivo, de que antes le hablé.

»Para darle un ejemplo significativo, le diré que también se asociaban para mantenerse separadas las células verdes primitivas que constituyeron plantas acuáticas, células que igualmente viven de  $\text{CO}_2$  de origen atmosférico disuelto en concentración uniforme y de fotones, que inciden, asimismo, dispersos con regularidad. En el vegetal terrestre se han complicado las relaciones ya que, en la consecución de un ambiente hídrico común que distribuya lo que necesitan entre todas las células de la asociación, se diferencian distintos tipos de células (las verdes de las hojas, las de los pelos radicales, etc.). Como tanto el  $\text{CO}_2$  y la luz, que conviene lleguen en cantidad conveniente a las células verdes, como el agua de las anfractuosidades del suelo, que aprovechan las células de los pelos radicales, tienen características de dispersión iguales, resulta notorio que las células de las hojas vegetales se disponen en estructuras que permiten cubrir el espacio máximo conveniente para beneficiar el  $\text{CO}_2$  atmosférico y los fotones solares y que lo mismo vale para la estructura que dispersa los pelos radicales para aprovechar el agua del suelo. Las células en los vegetales se asocian para mantenerse separadas a la distancia conveniente.

»Así es para los individuos protoplásmicos autótrofos, que se asocian para mantenerse convenientemente separados en el espacio, y también en el tiempo, por la alternativa en las fases de actividad y reposo de que hemos hablado.

—*Bien. Usted me ha hablado hasta ahora de dos individuos —parental y filial—, pero, ¿cómo se asocian quinientos,*

*mil, o sencillamente muchos individuos protoplásmicos autótrofos? ¿En qué consiste esa asociación?*

—Ese fue, precisamente, el problema que se me presentó para explicar la asociación de individuos autótrofos.

*Don Faustino hace una pausa y yo la aprovecho para pedirle una tregua de una semana. Él sonríe y dice que continuaremos el próximo lunes.*

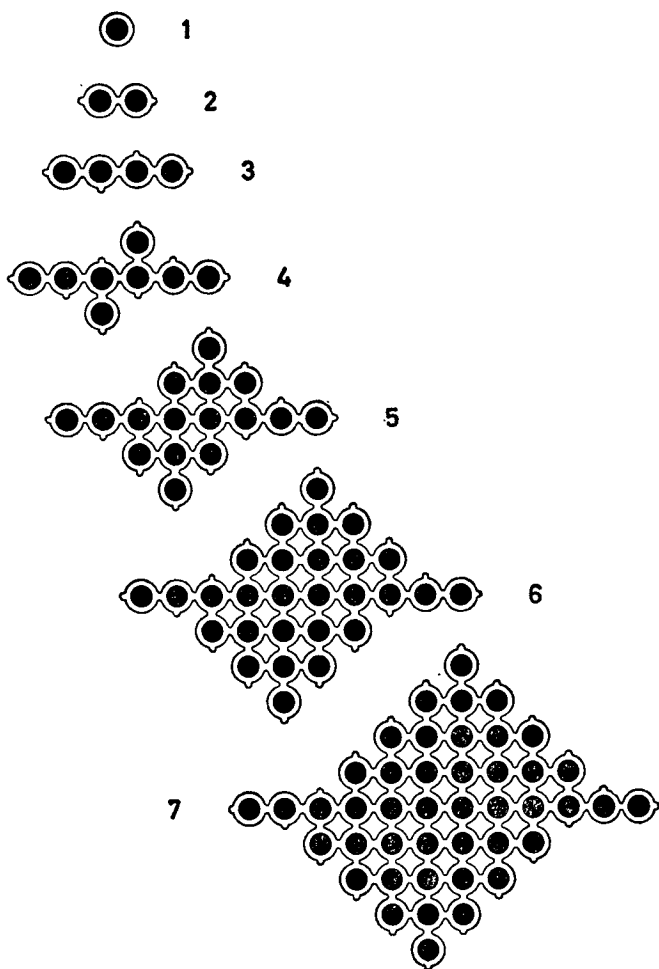


## V. La asociación de individuos protoplásmicos autótrofos y de neoheterótrofos

29.X.73

—Voy a intentar explicarle el problema de la asociación de individuos autótrofos —*me dice don Faustino*— con la ayuda de un primer esquema, del que le sacaré fotocopia para que la conserve y la una al texto. La figura<sup>2</sup> que usted ve constituye un primer esbozo puramente hipotético de la asociación, ideado para explicar la estructura fundamental de la célula, que, al fin y al cabo, terminará resultando de algún tipo de asociación de individuos protoplásmicos. Al examinar atentamente cuanto se conoce de la célula, se impone la convicción de que su estructura básica es la membrana que constituye el retículo endoplásmico (que penetra toda la célula), la que delimita la célula y el núcleo (membrana plasmática y nuclear), la que constituye la trama de la mitocondria, etc. La membrana celular, entendida con esta generalidad, es la organización de individuos protoplásmicos viviendo dentro de la célula y al servicio de ella, de la misma manera que los epitelios son la organización de células dentro del animal y al servicio de él. En la figura se cumplen varias condiciones que, indudablemente, se dan en la membrana celular. Ante todo, la naturaleza porosa. Pero, en la estructura plana, hice el supuesto adicional de que el nacimiento de los individuos nuevos se tenía que producir distalmente respecto a la asociación, precisamente por esta tendencia básica de ellos de permanecer unidos para separarse y poder explotar mejor el medio. En esta figura, se señala con unas pequeñas protuberancias la iniciación de individuos protoplásmicos nuevos a partir de los existentes que, por su posición (bordeal), todavía están en condiciones de reproducirse. Marqué la iniciación de estos individuos nuevos en el lugar del individuo parental más alejado de la asociación, que es lo que llamamos en lugar distal. De esta manera, se origina el crecimiento de la asociación por sucesivas reproducciones de los individuos, en generaciones simultáneas. Y así debe ser, por razones que no es momento de desarrollar.

2. Véase la figura 1.



etc....

FIGURA 1. Representación esquemática de uno de los posibles y más sencillos modos de desarrollarse (necesariamente en superficie) la asociación más primitiva de individuos protoplásmicos autótrofos; cada círculo representa un individuo protoplásmico.

La figura está tomada de la obra de F. Cordon, *La alimentación, base de la biología evolucionista*, vol. I, «Origen, naturaleza y evolución del proto-plasma», 1978.

LA ALTERNANCIA DE FASES DE ACTIVIDAD Y REPOSO  
EN LA ASOCIACIÓN DE AUTÓTROFOS

—¿Cómo se puede producir esta alternancia de fases de actividad y reposo, que tan clara parecía entre el filial y el parental, en una asociación compuesta de tantos individuos?

—La solución satisfactoria cuya ventaja uno entendería es la de que, en un momento dado, se encontraran siempre en fase de actividad la mitad de los individuos y la otra mitad en fase de reposo; es decir, que se produjera simul-

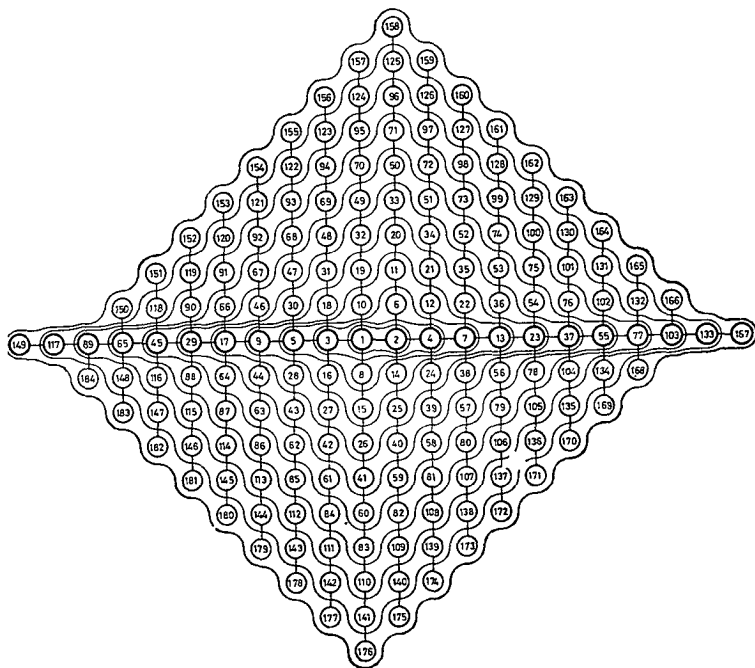


FIGURA 2. Esquema de las líneas de descendencia de los individuos protoplásmicos dentro de una asociación primigenia de autótrofos. Los trazos rectos enlazan individuos parentales y filiales. Los individuos protoplásmicos incluidos entre cada dos líneas cerradas constituyen una generación, es decir, se postula que estos individuos se han originado y luego reproducido simultáneamente.

Figura tomada de F. Cerdón, *La alimentación, base de la biología evolucionista*, vol. I, «Origen, naturaleza y evolución del protoplasma», 1978.

táneamente la alternancia de fases en todos, y que se encontraran en la fase de signo contrario a la de cada individuo los cuatro que le rodean. De esta manera, hablando figuradamente, se encenderían alternativamente todos los individuos que se encuentran en las casillas blancas de un tablero de ajedrez, a la vez que se apagaban los que se encontraban en las negras.

*La habitación está bañada en la luz dorada que envían hasta nosotros en esta tarde otoñal los cristales de las casas rojizas y altas de enfrente. Don Faustino hojea uno de los tomos mecanografiados del primer volumen de su libro La alimentación, base de la biología evolutiva, y continúa:*

—El esquema de la figura, analizado con detenimiento, entrega fácilmente una solución que voy a procurar ponerle de manifiesto con otra figura que, asimismo, puede usted reproducir.<sup>3</sup> Es indudable que, para ser consecuente con mi pensamiento, cada individuo debe haber modelado su acción y experiencia sobre la pauta del parental que lo ha alimentado durante todo su desarrollo ontogénico, que culmina en su capacidad para asimilar metano. Por tanto, debemos admitir que cada individuo protoplásmico cambia de fase exactamente cuando el parental lo hace en sentido contrario. En la figura me he limitado a unir con rectas cada individuo filial con el correspondiente parental (de número, naturalmente, más bajo), y a enmarcar con líneas cerradas las sucesivas generaciones. Me saltó a la vista la notable disposición de las líneas de descendencia de estos individuos protoplásmicos, que se reducen en la figura a una horizontal constituida por individuos que, como regla, tienen tres descendientes, y líneas verticales, que parten de ellos hacia arriba y hacia abajo, constituidas por individuos que sólo tienen un descendiente.

*—Según lo anterior, y de acuerdo con esta tercera figura que usted me enseña,<sup>4</sup> y que creo que debemos unir también al texto, los individuos protoplásmicos, desde el central, cambian de fase alternativamente.*

—En efecto. Y lo deben hacer con una ligerísima demora en comparación con la duración de las fases, de modo que el resultado es que siempre la mitad de los individuos están en fase de reposo y la otra mitad en fase de actividad, y ello según la pauta del tablero de ajedrez de que hemos hablado.

*—He creído entender la ventaja que para los individuos*

3. Véase la figura 2.

4. Véase la figura 3.

supone permanecer asociados en esa estructura plana, que los extiende convenientemente para aprovechar el metano disuelto. También me parece que está claro el funcionamiento mediante la alternancia de fases, que les permite adaptarse perfectamente a la concentración de metano. Sin embargo, quería hacerle una pregunta: ¿Repercute esa adaptación en los individuos mismos?

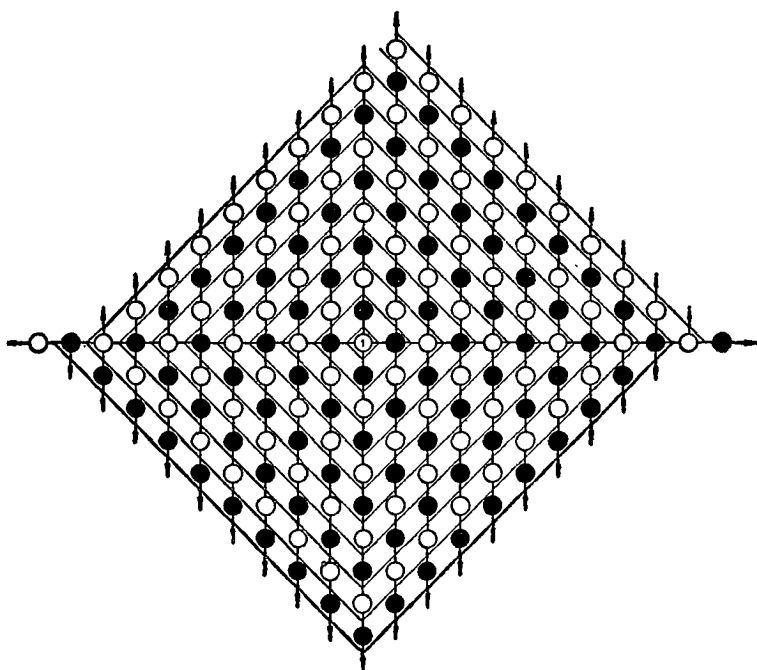


FIGURA 3. Representación esquemática de la marcha de los cambios de fase actividad-reposo, en los individuos protoplásmicos autótrofos de una asociación primigenia. Los individuos que equidistan del germinal de la asociación (el central, el 1) verifican el cambio de fase con un número de «cuántos de demora» que varía con el número de ellos: este número es obviamente el mismo para los individuos que se encuentran entre cada dos cuadrados consecutivos. El cuánto de demora debe ser cortísimo respecto a la duración de las fases.

Figura tomada de F. Cerdón, *La alimentación, base de la biología evolucionista*, vol. I, «Origen, naturaleza y evolución del protoplasma», 1978.

## LA TENDENCIA A IGUALARSE DE LOS INDIVIDUOS AUTÓTROFOS DENTRO DE SU ASOCIACIÓN

—La pregunta tiene sentido biológico y puede ayudar a entender el comportamiento dialéctico de la naturaleza; es decir, aquel carácter esencial de su constitución que modela nuestro pensamiento. A mí me parece que lo anterior ha tenido que establecer, como ventaja selectiva en la concurrencia entre distintas asociaciones, la igualdad entre los diferentes individuos protoplásmicos y, por consiguiente, la regularidad, cada vez mayor, de la asociación como un todo. Entiéndase que esta asociación no pasa de ser una totalidad, integrada por individuos que todavía están muy lejos de dar origen a una unidad superior. El primer perfeccionamiento de esta totalidad, por ventajas selectivas al servicio del modo de asociarse expuesto, es precisamente éste: hacer a todos los individuos escrupulosamente iguales y, en consecuencia, formar una asociación de una perfecta uniformidad geométrica. Lo notable, dialécticamente, es que esa igualdad es la básica de las diferenciaciones que conducirán a la unidad superior.

—*¿No cree usted que un cierto reflejo de lo que me expone se da en la evolución social misma?*

—Sí, así lo creo. La conquista de ciertos niveles de igualdad entre los hombres es indispensable para sentar las bases de un tipo de cooperación más elevado entre ellos que, a su vez, determina nuevos modos de diferenciación entre las personas.

—*Eso, traducido a un lenguaje más concreto, no puede facilitararlo hoy sino el socialismo, que tiende a la igualdad económica entre los hombres. Es evidente para mí que, a partir de esa equiparación, puede y debe construirse la vida social que, en definitiva, no será nada uniforme, ni monótona, sino varia y rica, pues cada individuo elegirá el camino de su acción y experiencia en consecuencia con sus aptitudes y sus gustos.*

—Así lo creo yo también.

*Y animado, en medio de la dificultad que para mí ofrece el tema tratado, por la coincidencia que sus conclusiones tienen con lo que sucede en un campo que me es familiar, hago al doctor Cordón la siguiente pregunta:*

—*¿Le parece a usted que abordemos ahora el tema de la asociación de individuos neoheterótrofos?*

*Sonrie don Faustino y luego dice:*

—Para desarrollar cualquiera de estos temas se necesitaría un curso, dada la complejidad de ellos (la evolución conjunta de la biosfera durante un largo tiempo) y la dificultad de lograr un acuerdo claro de los puntos de partida. Hablar improvisadamente me es muy difícil, pero me he comprometido con usted a hacerlo.

—*¿Qué son esas asociaciones de individuos protoplásmicos neoheterótrofos?*

—Como siempre, para entender unos individuos, tenemos que procurar entender el estado de cosas, el entorno, del que surgen. Los individuos protoplásmicos autótrofos, constituyendo asociaciones, habían aprendido a explotar una fuente de energía y de carbono enormemente más abundante que el magma del protoplasma, de que vivieron los heterótrofos primigenios (el metano atmosférico que iba disolviendo el mar primitivo); por tanto, hubieron de proliferar extraordinariamente, constituyendo una masa incomparablemente más grande que la de los heterótrofos primitivos que explotaron el magma del protoplasma primigenio. Es concebible que las asociaciones muertas de autótrofos, que necesariamente irían acumulándose, constituyeron una nueva fuente de energía a cuya explotación se hubieron de adaptar asociaciones de autótrofos vueltas al heterotrofismo.

—*Según eso, ¿se alimentaban las asociaciones de neoheterótrofos de las de autótrofos?*

#### EL ALIMENTO INICIAL DE LOS NEOHETERÓTROFOS

—Se alimentaban de restos muy degradados de asociaciones de autótrofos. Hemos reservado el nombre de asociaciones de individuos neoheterótrofos para aquellas asociaciones cuyo heterotrofismo (es decir, el vivir de lo construido por la previa evolución biológica) se refiere a los individuos protoplásmicos que las constituyen, uno a uno, y no al conjunto de ellos cooperando en una actividad trófica. Ahora bien, por su historia evolutiva, la molécula de tamaño máximo que puede captar enzimáticamente por sí solo un individuo protoplásmico en sus rutas metabólicas (en su medio o, si usted quiere, que puede someter a su acción y experiencia) es la de los alfa-aminoácidos —acción en la que culmina el metabolismo del individuo protoplásmico—, como constituyentes que son de las proteínas del propio soma. Por ello, el heterotrofismo de nuevo nivel (el vivir sobre restos de

asociaciones de autótrofos en vez de vivir del magma del protoplasma, como vivían los heterótrofos primitivos) tuvo que iniciarse con unas asociaciones de individuos que vivían de alfa-aminoácidos dispersos, de manera análoga a como los autótrofos vivían de metano.

—¿Puede darme una idea de cómo se verifica esa adaptación a vivir de alfa-aminoácidos disueltos, en vez de vivir de metano?

*Emite un sí ensimismado, mientras me mira desde el otro lado de la mesa. Salta del sillón y, después de unos pasos rápidos por la habitación, vuelve a ocupar su lugar, frente a mí.*

#### PLANTEAMIENTO DEL ORIGEN DE LOS NEOHETERÓTROFOS

—Para centrar el problema de la naturaleza de la asociación de neoheterótrofos y darle una noción en lo posible inequívoca, tengo que hacerle varias puntualizaciones. ¿Está usted dispuesto a ello?

—*Veamos la primera puntualización.*

—Los individuos protoplásmicos autótrofos (que vivían de metano) procedieron de heterótrofos primigenios, muy evolucionados, a los que suplantaron totalmente, ya que la adaptación al metano se produjo en vísperas del agotamiento del magma del protoplasma del que vivían los heterótrofos. Por tanto, los neoheterótrofos procedieron de autótrofos en época en que suponemos extintos los heterótrofos y bien adaptados los autótrofos al metano.

—*Entendido —y le animo a que prosiga con sus puntualizaciones.*

—En segundo lugar, debemos tener muy claro que los neoheterótrofos surgen de autótrofos, pero no los suplantán, ya que viven de ellos, de restos de autótrofos muertos. La biomasa de los neoheterótrofos tuvo que ser siempre muy pequeña comparada con la biomasa de los autótrofos.

—*La relación entre los unos y los otros es, por lo tanto, muy parecida a la de los animales con los vegetales.*

—Ha entendido usted perfectamente en cuanto a las relaciones tróficas, aunque el paralelismo no es riguroso porque los animales no proceden de los vegetales y porque tienen un nivel de acción y experiencia superior a éstos. Un

ejemplo mejor es el de las asociaciones de células saprofitas (hongos), que viven de restos de asociaciones de células autótrofas (vegetales); a la vista salta que la biomasa de los vegetales ha de exceder enormemente de la de los saprofitos. Lo mismo tenía que suceder entre las asociaciones de autótrofos y las de neoheterótrofos, cuya población hubo de ser muy pequeña en comparación con la de aquéllos, que, hasta el surgimiento, todavía muy lejano, de la célula autótrofa, fueron el componente principal y básico de la biosfera.

—*Me parece interesante no perder de vista la relación cuantitativa entre los autótrofos y los neoheterótrofos devoradores de restos de los primeros.*

—En tercer lugar, debo señalarle que los individuos autótrofos no podían tener mayor dificultad en adaptarse a vivir de restos muy descompuestos de las asociaciones de autótrofos, a saber, de alfa-aminoácidos, en lugar de vivir de metano. La razón es obvia; los alfa-aminoácidos, como hemos dicho, son el alimento inicial de los individuos protoplásmicos y, en todos ellos, siguen siendo la culminación de sus rutas metabólicas de síntesis. La adaptación se produciría, pues, fácilmente donde se acumularan restos de autótrofos, convenientemente lisados.

—*Me parece que nos acercamos a nuestra cuestión; los heterótrofos, antepasados de los autótrofos, vivían aislados. ¿Cabe pensar que las asociaciones de autótrofos que se adaptaron a vivir de alfa-aminoácidos procedentes de descomposición recayeron en la vida aislada, individual?*

#### LA ASOCIACIÓN SE CONSERVA EN LOS NEOHETERÓTROFOS

—No; la capacidad de formar asociaciones no se pierde una vez conseguida, por las ventajas que reporta. El nuevo alimento, los alfa-aminoácidos de descomposición, como el metano, está constituido por moléculas disueltas y, para aprovecharlas bien, sigue resultando muy útil que los individuos protoplásmicos se unan para mantener la conveniente separación regular y así explotar mejor entre todos el espacio que ocupan.

—*Me parece necesario recordar algunas ideas de conversaciones anteriores —le digo al doctor Cerdón—. La adaptación al metano impuso la formación de asociaciones entre individuos protoplásmicos, por la energía química anormalmente alta respecto a los componentes del metabolismo de los heterótrofos primitivos: tal excedente de energía es lo*

*que llevó a almacenarla en fases de reposo y lo que determinó la conveniencia de alternar entre padres e hijos las fases de actividad y de reposo, que fue la base de la asociación de autótrofos. Si en el alimento de los neoheterótrofos, en los alfa-aminoácidos, no hay tal exceso de energía, ¿cómo y para qué se siguen asociando los neoheterótrofos?*

#### LA NATURALEZA Y EVOLUCIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE NEOHETERÓTROFOS

—Los individuos protoplásmicos crearon, por así decirlo, el órgano de la asociación entre ellos. Una vez creado, dada su ventaja general, no se pierde, sino que se adapta a distintos modos de actividad asociativa. De hecho, en la asociación de neoheterótrofos se perfecciona un paso más la actividad asociativa entre cada dos individuos contiguos (parental y filial), a lo largo de líneas de descendencia de los individuos.

»En efecto, en la asociación de autótrofos, el metabolismo de cada individuo era algo independiente, cerrado, y la única relación entre individuos contiguos era la utilización por todo individuo de metabolitos residuales del parental. En la asociación de neoheterótrofos, los excedentes del metabolismo básico de cada individuo (aunque perfectamente aprovechables para el crecimiento de éste) no podían serlo porque lo impide la asociación misma, establecida por el autotrofismo. Por esta causa, la actividad asociativa entre los neoheterótrofos se reduce a perpetuar las relaciones que, en los heterótrofos, se dan efímeramente entre cada individuo y su parental, en tanto permanecen adheridos. En definitiva, en la asociación de neoheterótrofos se establece, a lo largo de las líneas de descendencia de los individuos coasociados, una corriente metabólica general, en cuyo detalle no podemos entrar, que termina en los individuos finales de cada línea de descendencia; esto es, en los bordeales de la asociación que, esos sí, pueden crecer libremente y reproducirse una vez. Así, puede decirse que el modo de actividad asociativa en esta asociación de neoheterótrofos es la posibilidad de contribuir entre todos los individuos a la reproducción de los bordeales del momento; es decir, al crecimiento de la asociación.

*En este momento entra Eloy Terrón para consultar un volumen de la librería del despacho y don Faustino aprovecha para preguntarle por otro libro; cuando quedamos solos, me dice:*

—Se trata de un libro de un marxista italiano en que se

estudia la influencia que la cultura ha ido causando en el paisaje en Italia, que me interesa para contrastar, con un autor solvente, impresiones superficiales de viaje.

*Luego prosigue:*

—Terrón es una persona magnífica y un colaborador inestimable. Desempeña en IBA, no ya con eficacia, sino con espíritu realmente creador e independiente, su función de estudiar la realidad socio-económica y su evolución y, en particular, cuantos aspectos de ella estén directa o indirectamente implicados con el futuro de la industria alimentaria y afines, a cuyo fomento nuestro Instituto procura contribuir con un conocimiento lo más amplio y objetivo posible. Fue un día señalado para mí aquél en que llegó a mi casa hace ya unos doce años para iniciar una colaboración que no se ha interrumpido ni entibiado nunca. Su solidez moral (su entrega constante a objetivos supraindividuales) penetra toda su labor intelectual, por lo demás, incansable, y le confiere su originalidad que hay que buscar en aguas profundas.

*Le invito a continuar con nuestro tema, él asiente y yo le propongo una nueva cuestión:*

*—De manera análoga a lo que ocurría en la asociación de autótrofos, en los que el modo de asociación influía sobre la naturaleza de los individuos asociados y sobre la asociación misma, parece que algo semejante debió ocurrir con la asociación de neoheterótrofos. ¿No es así?*

—La pregunta es oportuna y certera. Vimos que la forma de asociarse los individuos autótrofos condujo a una extraordinaria uniformidad de ellos y a la regularidad consiguiente de la asociación. Pues bien: la adaptación a vivir de alfa-aminoácidos y el modo de asociación de los neoheterótrofos va a producir un efecto complementario de distinto signo, a saber: por una parte, iría diferenciando los individuos protoplásmicos por esa actividad asociativa y, por otra, iría modelando la asociación plana de autótrofos (que se extendía indefinidamente hasta escindirse de modo puramente mecánico) en una asociación que tendía a combarse, constituyendo como una superficie esférica abierta. La asociación, por último, va a tender a un tamaño definido.

*—¿Podría usted aclararme este concepto?*

—Sí, sí. Le diré a usted, incidentalmente, que la inducción de este orden de ideas es muy reciente, de la primavera pasada. El examen de esa corriente metabólica general que transporta los excedentes de alfa-aminoácidos producidos por

los individuos de una línea de descendencia hacia el terminal de ella, me impuso pronto varios hechos, de los que procuraré darle una idea intuitiva de los principales. No le he hablado de que, ya en los autótrofos, la existencia de la asociación determinaba en los individuos que la constituyen dos caras, que corresponden a lo que podríamos convenir en llamar haz y envés de la asociación. Por una de las caras (a la que corresponde el haz), los individuos captan el alimento que les viene del ambiente (en un caso, metano; en el otro, alfa-aminoácidos de descomposición) y realizan su metabolismo individual, básico; por la otra cara (la correspondiente al envés), los individuos realizan su actividad asociativa, mediante la que se vinculan metabólicamente con el contiguo en su línea de descendencia. Pues bien, en la asociación de neoheterótrofos, los individuos tienden a acercarse lo más posible por el envés (por la cara donde se establecen las vinculaciones asociativas entre los individuos, más concretamente por donde circulan las corrientes metabólicas generales), en tanto que los individuos, como sabemos, tienden a mantenerse separados frente a los aminoácidos del ambiente, esto es, por el haz. Estas dos tendencias, contrarias, de los individuos de la asociación de neoheterótrofos respecto a los inmediatos, según sea la cara de la asociación, hacen que el haz tienda a ser mayor que el envés, y, en definitiva, que la membrana que la asociación constituye tienda a combarse (a formar una superficie esferoidea con el haz hacia fuera y el envés hacia dentro). Ésta es una primera consecuencia, sobre la asociación como un todo, de la nueva manera de alimentarse.

»En segundo lugar, a medida que nos alejamos del individuo originario de una línea de descendencia hacia el borde, la corriente metabólica general que circula por el envés va aumentando de caudal con las aportaciones de los sucesivos individuos. De este modo, el todo (la asociación) establece una primera diferenciación entre los individuos que se adaptan a transportar hacia el filial una carga metabólica creciente a medida que su situación se aleja del centro u origen de la asociación.

»Pero no sólo ocurre esto. En tercer lugar, cálculos sencillos me convencieron de que la corriente metabólica que así aumentaba de intensidad, no lo puede hacer indefinidamente, sino que, en cuanto contribuyen a ella un cierto número de individuos, su caudal alcanza un valor máximo irrebাসable. Seguramente, en la concurrencia entre asociaciones, pudo poseer valor selectivo que éstas se escindieran en cuanto se alcanzase este valor máximo. De este modo se llegó a una asociación conchoidea o esferoidea, y de un tamaño más o menos fijo, cuando le conviene reproducirse. Muy

de lejos, la asociación de neoheterótrofos recuerda a la futura célula, que surgirá de su evolución.

—*Me parece importante conocer el camino que han de recorrer las asociaciones de individuos neoheterótrofos desde este punto hasta llegar a formar la célula.*

—La evolución de esta asociación de neoheterótrofos, forzada por el cambio del alimento, va a transformar esa totalidad formal que acabamos de ver en una totalidad de acción para dominar el alimento, hecho que expresamos cambiando el nombre de asociación de individuos neoheterótrofos en asociación heterótrofa de individuos protoplásmicos. (Como usted ve, los que van a vivir ahora de los restos de asociaciones de autótrofos son las asociaciones como un todo, y no ya sus individuos.) Pero formarnos una idea de esta evolución, que culminó en el surgimiento de una individualidad de nivel superior (que transforma una totalidad en una unidad alta; a saber, la asociación en célula), tiene la suficiente dificultad e interés para que le dediquemos una nueva conversación.

*En un taxi, de regreso a casa, hablamos de Lamarck y de su polémica con Cuvier.*

—Lamarck quizá sobresalga entre todos los biólogos por la altura de su problemática —dice Cordón—. Hace más de un siglo y medio se planteó problemas fundamentales que siguen sin encontrar solución correcta y para los que él brinda respuestas que, en general, guardan un gran fondo de verdad y que, en cambio, están en contradicción con hechos concretos. Nada más fácil que hacer la crítica de Lamarck, ni reto más difícil que satisfacer sus preguntas y que armonizar sus soluciones con los hechos.

»Un rasgo de Lamarck es la fidelidad a sus convicciones superiores que, todavía mal entendidas por él, le llevan a posiciones erróneas, obcecadas. Por ejemplo, su descubrimiento, capital, de la evolución biológica le lleva a negar la existencia de las especies animales (hecho que, equivocadamente, cree que se opone a la evolución). Este carácter del pensamiento de Lamarck le hace fácil víctima de Cuvier, superficialmente más verdadero, aunque profundamente equivocado, lo que nos duele como una injusticia. Sin embargo, Cuvier sostiene (como, en general, la ciencia hecha) un cabo de verdad, y Lamarck, como todo progreso en profundidad, muchos hilos débiles.

*Luego me habla de Aristóteles, uno de los biólogos culminantes, que trascendió su sistema filosófico de su refle-*

*xión sobre los seres vivos, de Darwin, de Pasteur, de Virchow, de Haeckel.*

—Quizá haga una semblanza de cada uno de estos hombres desde su influencia sobre mi pensamiento. Pero eso es un trabajo de jubilado y a mí me falta mucho para jubilarme, ¿no le parece?

*Le veo sonreír en la penumbra del coche. Los dos sabemos que el tiempo presumible de una vida es siempre corto cuando el objetivo que se pretende alcanzar es alto: hay tareas que nos exceden. Pero los dos sonreímos ahora: él porque es un optimista; yo porque, a pesar del cansancio de la tarde, me siento contagiado de un inesperado entusiasmo.*

## VI. De la asociación de neoheterótrofos a la asociación heterótrofa y naturaleza de esta asociación

5.XI.73

*Cuando para iniciar la conversación le hago notar que se mueve con una rapidez impropia de sus años, me mira largamente, sonrío y dice:*

—Tiene usted razón. Cuando yo tenía cuarenta y tantos años sentía con frecuencia necesidad de quemar energía y, yendo o viniendo del trabajo, corría detrás de un tranvía para justificar la carrera. Cuando el tranvía se detenía, yo aflojaba mi marcha, me hacía el desentendido y derivaba hacia la acera donde empezaba a andar a buen paso, pero normalmente.

»Antes, en mis treinta y tantos, recuerdo que, a veces, pensaba: «¡Qué ganas tengo de ser viejo para permanecer tranquilo.» A pesar de la movilidad superior a mis años que me atribuye, ya estoy desgraciadamente tranquilo.

—¿Anda usted todavía mucho?

—No; en estos últimos años solíamos venir Terrón y yo al Instituto andando. Pero al observar la contaminación de la atmósfera, desistimos del paseo, y ahora vengo en autobús, como resguardado en un túnel de chapa que me desembarca en este despacho.

—¿Le parece a usted bien que empecemos nuestro tema?

—Claro. ¿En qué habíamos quedado?

—El lunes último dijimos que hoy nos correspondía estudiar la evolución de la asociación de neoheterótrofos hasta culminar en la primera célula.

—Sí, sí, recuerdo que ése es el tema.

—¿Cuál es la línea fundamental de este proceso?  
*Se calla durante unos instantes, y luego dice:*

—Abstraer las líneas principales de estos temas complejos es una tarea difícil.

—¿Por qué?

## DIFICULTAD DE NUESTRAS CONVERSACIONES

—La dificultad es múltiple. En primer lugar, el objeto mismo de nuestras conversaciones suele estar alejado de la experiencia del común de las personas, de modo que, aunque yo esté de alguna manera familiarizado con el tema por haberle dedicado una reflexión prolongada, tropiezo con la dificultad de tantear constantemente el contacto con el nivel de conocimiento de usted. En segundo lugar, los datos objetivos de un proceso, necesariamente muy largo, son indudables, pero, al propio tiempo, resulta muy difícil inducir las secuencias concretas del proceso. Y, en tercer lugar, la naturaleza de lo que vamos a considerar es en sí misma ardua, dado que tuvo que ser un proceso laborioso y complejo: se trata del primer surgimiento de un ser unitario, de un grado de complejidad mayor, sobre la evolución conjunta de lo inferior. Es decir, se trata de entender el proceso de origen de un nuevo nivel de ser vivo o, si se quiere, de un nuevo modo de acción y experiencia; en este caso, el celular. El compromiso de dar idea de esto en las horas de una tarde resulta casi paralizador.

—*Vamos a esforzarnos —le digo animosamente—. Le ruego que inicie el tema de la línea general que lleva a la célula desde la asociación de individuos protoplásmicos neoheterótrofos.*

## LA EVOLUCIÓN DE LA ASOCIACIÓN DE NEOHETERÓTROFOS

—Por definición —dice don Faustino resueltamente—, los neoheterótrofos se habían adaptado a vivir de una fuente de materia y energía hasta entonces no aprovechada. Recordará usted que se trataba de las masas de asociaciones muertas de individuos protoplásmicos autótrofos. Necesitamos considerar qué cualidades especiales tenía esta fuente ambiental de energía para que los individuos adaptados a aprovecharla hubieran de progresar hacia la célula. Las asociaciones de neoheterótrofos que hemos considerado no podían aprovechar más que los últimos fragmentos de la desintegración de estos residuos; principalmente, los alfa-aminoácidos, que constituían las piezas elementales, los monómeros, de las proteínas de que está formado todo protoplasma. Por tanto, los neoheterótrofos estaban reducidos a esperar la desintegración espontánea (puramente química) del gran acúmulo de reserva muerta en presencia. A la vista salta la enorme ventaja que tuvo que suponer el aprovechar, por una

asociación de neoheterótrofos, fragmentos mayores de materia muerta, descomponiéndola, por la propia acción, en aminoácidos asimilables por sus individuos. La primera asociación de neoheterótrofos que aprendió a escindir en sus aminoácidos el resto más pequeño de proteínas (un dipéptido) abrió el camino hacia el aprovechamiento activo de esa enorme reserva muerta. El progresivo perfeccionamiento de este modo de actividad es lo que condujo al surgimiento de la célula.

—*¿Cómo pudo aprovechar una asociación de neoheterótrofos ese fragmento superior de materia muerta?*

#### LA CONQUISTA TRÓFICA INICIAL DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA

—Ante todo, digamos que la asociación de neoheterótrofos que logró esta hazaña trófica llena de tan enorme porvenir evolutivo, no fue una asociación cualquiera, sino que tuvo que ser, precisamente, una asociación muy evolucionada. En la conversación anterior dijimos que el perfeccionamiento de la asociación de neoheterótrofos, por su aptitud de aprovechar los alfa-aminoácidos, llevó a la asociación a adquirir una serie de propiedades concretas, como son la de adoptar una forma cóncava, cuya cara exterior aprovechaba los alfa-aminoácidos y cuya cara interior se dedicaba a la actividad asociativa que culminaba en la reproducción de los individuos bordeales; la asociación de neoheterótrofos tendía, además, a un tamaño máximo regular, conseguido el cual se dividía. Una de estas asociaciones estuvo en condiciones propicias para aprovechar materia muerta un poco menos descompuesta. A ello colaboraría una condición exterior, forzada, por lo demás, por el progreso de la propia eficacia, a saber: la escasez de alfa-aminoácidos, frente a una cantidad constante, inatacable, de materia muerta menos degradada. Tales son las condiciones para que se diera el cambio de trofismo de que vamos a ocuparnos.

—*¿En qué consiste este cambio?*

—El cambio supone una inversión completa de la relación existente entre los individuos y la asociación.

—*¿Qué quiere usted decir con ello?*

LA ALIMENTACIÓN EN DOS TIEMPOS  
PROPIA DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA

—Hasta ahora, en todas las asociaciones que hemos estudiado, se dan las siguientes relaciones con la fuente ambiental de materia y energía (que, sucesivamente, fueron el metano y los alfa-aminoácidos): los individuos, cada uno de por sí, aunque convenientemente separados para el mejor aprovechamiento, captaban las moléculas endergónicas disueltas que constituían su fuente de alimento y, secundariamente, aplicaban excedentes de este alimento suyo para establecer la actividad asociativa entre ellos, con provecho, bien de la disposición recíproca adecuada de que antes hablábamos, o bien, en los neoheterótrofos, para hacer crecer la asociación por la reproducción de los individuos bordeales. Pues bien: en la asociación heterótrofa, es decir, en una asociación que ha de vivir de polímeros, de macromoléculas resultantes de una desintegración imperfecta de asociaciones muertas, esta relación es imposible. Sencillamente, porque está fuera de la capacidad posible de un individuo protoplásmico aislado introducir en su metabolismo particular moléculas de un grado de complejidad superior al de los alfa-aminoácidos. Por consiguiente, las relaciones han de invertirse. La actividad asociativa ha de iniciar el trofismo captando entre todos los individuos protoplásmicos asociados el nuevo alimento (de un grado de complejidad que se acerca al del individuo mismo), y también, coordinadamente, transformarlo en aminoácidos libres que aprovechen ya los individuos aislados.

»En resumen, por primera vez en la asociación heterótrofa, la fuente de energía ambiental se capta por un conjunto de individuos coasociados que lo transforman en alimento protoplásmico; esto es, en alimento aprovechable por cada individuo protoplásmico. Tenemos, pues, una alimentación en dos tiempos, como harán las células futuras: se alimenta la asociación (como luego hará la célula) para alimentar sus individuos constituyentes. Por otra parte, los excedentes alimentarios de cada individuo coasociado se aplican, primero, a la actividad asociativa que requiere el modo de alimentarse, y, lo sobrante, al crecimiento y reproducción de la asociación.

*—De este modo parece cerrarse un ciclo funcional. La actividad asociativa, la asociación como un todo, es el alfa y el omega de la alimentación.*

—Ello constituye, repito, como un esbozo de lo que será la alimentación celular: entre varios individuos protoplás-

nicos cooperantes captan una fuente de energía ambiental y la transforman en alimento para cada uno de ellos.

—¿Cómo lo hacían?

#### LA FUNCIÓN DIGESTIVA COMO ACTIVIDAD ASOCIATIVA PROPIA DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA

—Voy a procurar señalarle tres o cuatro puntos que le permitan formarse una noción clara, aunque intuitiva, de la naturaleza de este logro último. En primer lugar, para entendernos, hemos de decir que esta actividad asociativa fue, evidentemente, una función digestiva. Y digestiva de material proteico, a partir de piezas cada vez menos degradadas. Una segunda idea consiste en que esta función digestiva, aunque se realizara por determinados individuos protoplásmicos especializados en ella (por razones que luego le diré, hay que admitir que serían los bordeales de la asociación, que rodearían la boca de la superficie esferoidea que formaba la asociación), tuvo que ser ejercida por la actividad asociativa; esto significa que se cumpliría en la cara interior de la asociación (en su envés). Por otra parte, la función digestiva sería, naturalmente (como ejercida por un individuo protoplásmico), una actividad enzimática. (El individuo protoplásmico sólo sabe realizar acciones enzimáticas y nadie más que él sabe realizarlas.) Hay que señalar que estos individuos bordeales —a los que vamos a llamar digestores—, encargados de la función digestiva, tenían que aplicar a ella energía procedente de actividad asociativa y canalizar, también mediante actividad asociativa, el alimento protoplásmico por ellos producido hacia los demás individuos coasociados. Obviamente, ello se consigue con una sencilla adaptación de la corriente metabólica general, que es, precisamente como sabemos, el resultado de la actividad asociativa en la asociación de neoheterótrofos que precedió a la asociación heterótrofa.

—Bien. ¿Puede decirme ahora por qué la función digestiva hubo de realizarse por los individuos bordeales?

—Para contestarle de una manera lo más directa posible he de decirle que esta transformación de la actividad asociativa de los neoheterótrofos en la nueva actividad asociativa propia de la asociación heterótrofa, significa la transformación de la primera en la segunda; es decir, la actividad reproductora, que era en los neoheterótrofos la manifestación de la actividad asociativa, se transformó, en la asociación heterótrofa, en actividad digestiva. La asociación heterótrofa

mientras es incipiente, en tanto crece por reproducción de los individuos bordeales a expensas de alimento proporcionado por la asociación parental, no puede ejercer función digestiva. Cuando la asociación filial alcanza un tamaño al que ya no basta el alimento parental, el individuo boreal, que normalmente se hubiese reproducido, deja de hacerlo. La asociación, hasta aquí de neoheterótrofos (que vivía vinculada normalmente a la asociación parental), deja de crecer y los individuos encargados de hacerlo —los bordeales— se especializan en la función digestiva. Evidentemente, todos los demás no pueden hacerlo, adaptados ya a transmitir la energía indispensable para que el boreal o bien se reprodujera o pasara a digerir.

—¿Comenzó, pues, de este modo la función digestiva en el ser vivo?

—Así es. Claro que esta función digestiva, que va a ser el origen mismo nada menos que de la acción y experiencia de la célula, es elemental respecto a la función digestiva que realizará el animal, en cuanto que ésta se halla integrada por función digestiva celular puesta al servicio del animal como un todo. Pero en lo dicho aparecen, además, algunos fenómenos fundamentales en su manifestación más primitiva. Desgraciadamente, la longitud permisible de estas conversaciones nuestras nos obliga a no explorar sino en determinadas direcciones, quizá no las más interesantes para usted, porque ¿cómo prever las perspectivas que puede ofrecernos cada tema de un diálogo emprendido tan libremente? Sea como fuere, hemos tenido que sacrificar unos temas en beneficio de otros, y, así, en general, para dar unidad y continuidad a nuestras conversaciones, he sacrificado la ontogénesis y reproducción en favor de la filogénesis y alimentación. Sin embargo, no puedo resistirme a hacerle una consideración sobre el desarrollo embrionario de la asociación heterótrofa. Esta asociación tenía un esbozo claro de desarrollo ontogénico en dos fases, con un cambio de calidad intermedio. En la primera fase, de crecimiento, la asociación filial, que dependía para alimentarse de la parental, se comportaba como una asociación de neoheterótrofos; comenzaba la segunda fase, de asociación heterótrofa genuina, adulta, cuando, habiendo alcanzado un cierto tamaño, se desprendía de la asociación parental, y estaba obligada a digerir para alimentarse, dejaba de crecer y, en cambio, a su vez, pasaba a reproducirse en otra asociación filial de ella.

»Por último, para ir enfocando su transformación evolutiva en célula, que consideraremos en otra conversación, conviene señalar que la función digestiva propia de la asocia-

ción heterótrofa es una actividad enzimática que es y no es protoplásmica. Es protoplásmica, en cuanto es ejercida por la acción y experiencia de unos individuos protoplásmicos, los bordeales de la asociación; y no es protoplásmica en cuanto está al servicio de la asociación como un todo y ajustada al alimento «celular». De este modo, los substratos de esta acción enzimática, los restos de asociaciones autótrofas, ofrecen ya una doble vertiente: por una parte, nutren los medios protoplásmicos de los individuos de la asociación, en cuanto les brinda alfa-aminoácidos; por otro lado, inicia, nada menos, que el medio celular. Estamos, pues, ante la solución de cómo la acción celular, cualitativamente distinta de la acción protoplásmica, se compondrá de acciones protoplásmicas enzimáticas como elementos suyos, y cómo, complementariamente, se va a integrar el medio celular con elementos del medio protoplásmico.

*—Así, pues, estamos ya en el camino que conduce directamente a la célula.*

—Eso es. La evolución de la asociación heterótrofa, en su adaptación continua a vivir de materia protoplásmica muerta de tamaño creciente, con eficacia continuamente aumentada por concurrencia entre las asociaciones, fue manejando estos substratos, que son protoplásmicos y supraprotoplásmicos, por acciones enzimáticas, las cuales, a su vez, son protoplásmicas y supraprotoplásmicas (en cuanto son alimentadas por corrientes metabólicas generales y alimentan tales corrientes); y ello fue originando asociaciones que terminarían integrando la unidad superior, la célula. Pero entrar en este proceso, y por tanto en el concepto evolutivo de célula, supone un viraje de la atención que ya no es posible atender hoy. ¿No le parece?

*Le digo que sí, que lo debemos dejar para otra reunión. Y en eso quedamos, en comenzar a examinar el surgimiento de la célula el próximo lunes.*



## VII. Inciso sobre citología empírica y citología evolucionista

12.X.73

*Hemos almorzado en un tranquilo restaurante italiano inmediato a IBA y he dirigido la conversación hacia sus recuerdos familiares y de juventud. Me habla con cariño de su padre, personalidad firme y notable. De su vocación juvenil por el arte. De cómo cursó rápidamente, por libre y en el campo, la carrera de Farmacia, y de sus actividades durante nuestro conflicto civil, en la industria de guerra. En cuanto entramos en su despacho, me pregunta, como siempre, por el orden del día.*

—¡Procurar formarnos una idea científica de la célula! Tal vez no perciba usted la dificultad objetiva que el tema lleva consigo.

### EL CONCEPTO VIGENTE DE LA CÉLULA

—A diferencia del individuo protoplásmico, usted tiene un concepto de la célula —añade Cerdón—. Y lo que nosotros debemos hacer en este caso no es ya establecer la existencia de seres vivos de un determinado nivel, como nos sucedía con los individuos protoplásmicos, sino que hemos de adquirir un concepto evolucionista o dialéctico de algo que, desde hace más de un siglo, tiene carta de naturaleza científica. La teoría general de la célula es un hecho que, desde Virchow, es aceptado por todos. Ningún biólogo duda de que todos los seres vivos actuales —animales y vegetales— están constituidos por células ni de que existen seres vivos unicelulares. Pero si preguntamos a un biólogo, a un médico o, en general, a una persona culta, qué es una célula, la definición será fundamentalmente empírica, descriptiva, basada únicamente en la observación microscópica. Por ejemplo, yo estoy convencido de que si le pregunto a usted qué entiende por célula, su contestación diferirá poco, en lo fundamental, de la que pudiera dar un citólogo competente.

—No, no, don Faustino. Yo soy un verdadero ignorante en estas materias.

—Hagamos la prueba —me pide—. ¿Qué es la célula para usted?

*No hay escapatoria.*

—Antes de tener conocimiento del individuo protoplásmico —digo—, yo le hubiera respondido que la célula es, sencillamente, la unidad más pequeña de ser vivo, de la que están compuestos todos los seres vivos más complejos. También le hubiera dicho que la célula posee los caracteres distintivos de lo vivo, como alimentarse, reproducirse, etc.

—De acuerdo —me dice rápidamente—. Pero supongo que usted también tiene noticia de los caracteres comunes que comparten la mayoría de las células, cualquiera que sea su origen (unicelular, vegetal, o animal).

—Sí. Tienen un orden de tamaño que permite verlas en el microscopio corriente. Y, sobre todo, todas las células constan de membrana, citoplasma y núcleo. Se admite, además, que el núcleo tiene propiedades rectoras importantes, y, así, se le considera como la cabeza que preside la actividad celular y, ante todo, la reproducción.

—Bien contestado. Lo que usted me dice se parece mucho a la definición que daría una citología actual, aunque usted me la da con menos aparato científico. Pero conviene observar que, como le dije antes, es una definición puramente descriptiva. Los creadores de la citología (el botánico Schleichen, el zoólogo Schwann y, principalmente, sobre la labor de los anteriores, el patólogo Virchow), observaron, al disponer de microscopios de suficiente poder resolutivo, que todas las plantas y todos los animales constan de unidades, a las que llamaron *células* por razones circunstanciales en las que no vamos a entrar. Y observaron también que, en la mayoría de las células, se puede distinguir una fina película exterior que se llama membrana, una masa interior delimitada, especialmente en ciertos estadios de la reproducción, que se llama núcleo, y una parte intermedia que se llama citoplasma. Es decir, con la célula se llega a una identificación puramente formal, exterior y descriptiva que es la que, por lo demás, se tiene de antiguo de los seres vivos que, por su tamaño, son congruentes con nuestros órganos de los sentidos, originados y educados en concurrencia con ellos; es decir, de los animales, ya que nosotros mismos lo somos.

—¿Cuál es el enfoque de este nivel de ser vivo de la célula en su obra?

#### ENFOQUE EVOLUCIONISTA DE LA CÉLULA

—Naturalmente, procuro elevarme a una definición evolucionista de la célula. Veamos qué es lo que supone este in-

tento... Ante todo, tenemos que dar la definición que corresponde a un ser vivo; esto es, a un tipo de ser que comparte con el individuo protoplásmico, que es el nivel inferior a él, y con el animal, que es el ser vivo de nivel superior a él, la cualidad de constituir una genuina unidad. Como sabemos por lo desarrollado en las conversaciones anteriores sobre los individuos protoplásmicos, los individuos celulares tienen que estar definidos por un campo físico indivisible, que se aplica continuamente en cada una de sus acciones y que se recupera continuamente en ellas, precisamente por la coordinación de acciones de los individuos protoplásmicos subyacentes. La célula, por encima de la asociación de estos individuos (asociación que podemos considerar su soma), está constituida exclusivamente por este campo físico en trance de continua desaparición y en trance de continuo resurgimiento sobre lo inferior. He aquí una primera condición de una definición evolucionista de célula: entender la naturaleza de este campo físico.

—*¿No está así definida la célula en la ciencia establecida?*

—Puede afirmarse que no. La ciencia actual, erróneamente, tiende a buscar la comprensión del ser vivo por analogía con lo que no lo es, máquinas, factorías, con artefactos esencialmente complejos. El individuo protoplásmico, la célula, el animal, son, por el contrario, seres profundamente unitarios que, como tales, se aplican y consumen como un todo en cada una de sus acciones, y que surgen de lo inferior tras cada uno de sus actos, que sirven precisamente de orientación de las acciones de lo inferior que les da origen. El punto de vista, pues, de la ciencia vigente y de nuestra consideración evolucionista son radicalmente opuestos; tanto, que uno de ellos invalida al otro.

—*¿Se trataría, en su caso, de un científico enfrentado al estado actual del conocimiento científico?*

—Prefiero hablarle de la célula a hablarle de mí, pero la labor de todo científico que procura serlo es, y no es, este enfrentamiento. Un científico necesita poseer la ciencia hecha —y, en ese sentido, la personifica—, pero lo hace para negarla, en un aspecto al menos, sin lo cual no la hace progresar y, por tanto, no es un científico. Si intento definir de modo evolucionista la célula, me opongo, evidentemente, a la definición clásica. En este caso, la oposición es muy básica y alcanza a casi todo el sistema conceptual y a la problemática de la citología.

—*¿Puede usted ampliarme la diferencia entre el concepto*

*que de la célula tiene la citología vigente y el evolucionista que usted sustenta?*

#### ORGANISMO Y MECANISMO

—Supone un cambio casi diametral del enfoque del ser vivo. Considerado uno de éstos (sea individuo protoplásmico, sea célula, sea animal) como una unidad genuina, evidentemente la clave de su surgimiento constante no radica en su interioridad, indivisible, sino en el entorno de cuya evolución conjunta dicha unidad aparece y se sostiene. Partiendo, por ejemplo, del campo físico que define la célula como unidad, tenemos que dirigir nuestra atención, para entenderlo, al conjunto de individuos protoplásmicos de cuya coordinación de actividades dicha unidad surge en cada momento. Pero, a la vez, esa coordinación, por lo demás completamente guiada por dicha unidad, exige el sostenimiento de cada una de esas unidades, lo que obliga, como ya sabemos, al mantenimiento de medios congruentes con dichas unidades y sostenidos por ellas, pero utilizando la energía de fuentes ambientales que ellas aprovechan. El dominio de estas fuentes ambientales, con sus oscilaciones correspondientes, exige dos condiciones: la primera, que estén mantenidas en su dirección e intensidad por el conjunto de la naturaleza; y, la segunda, que dichos individuos protoplásmicos hayan sido modelados por la evolución de la naturaleza. De este modo, la ciencia evolucionista, cuando mira al ser vivo, lo considera primeramente como una unidad (a esa unidad la denominamos *organismo*) y, en segundo lugar, remite la comprensión de esta unidad al todo en evolución.

»En cambio, la ciencia hecha considera la célula como algo complejo establecido indiscriminadamente por sus límites, y busca la clave en el interior, en el juego de sus partes, como si fuera un *mecanismo*. De hecho, la ciencia actual tiende a remitir la clave de los seres vivos a la intimidad de ellos, a la interioridad de piezas cada vez más pequeñas (de la célula al núcleo; del núcleo a los cromosomas, de los cromosomas a los ácidos nucleicos, ¿cuál será el futuro portador recóndito de la esencia de la célula?), que parecen guardar mágicamente el secreto de la vida. Busca en esa intimidad la solución del misterio. No es así. La ciencia avanza por la comprensión gradual del todo por cada parte, y recíprocamente. En pocas palabras, la citología vigente sigue lastrada por un idealismo no científico.

—*En el fondo, la ciencia biológica actual, a más de cien años de Darwin, continúa con una grave carga de creacionismo, ¿no le parece?*

—Sí, en efecto —*confirma don Faustino, deteniendo su paseo por el despacho*—. Es el todo el que, en mi opinión, tiene que dar cuenta de la unidad verdadera, y las unidades verdaderas de cualquier nivel tienen que dar cuenta del todo. El avance de la ciencia es penoso, es lento, pero tiene un carácter diferencial del pseudoconocimiento. Es el avance de la comprensión general de la naturaleza entendida monísticamente; es decir, como algo comprensible en sí, de lo que nosotros somos hijos y lo es nuestro conocimiento mismo. La ciencia avanza de la mano del pensamiento general. Debe alumbrarlo y apoyarse en él, debe ser un foco permanente de racionalidad. Me parece que la llamada ciencia actual es, en buena parte, por el contrario, un manantial de irracionalidad.

—*Usted decía que, para elevarse a una consideración evolucionista de la célula, había que tocar distintos aspectos y que uno de ellos era el de que la célula debía definirse como una genuina unidad, que radica en un campo físico, y que su comprensión exigía entender este campo físico. Antes de entrar en la consideración concreta de este campo, ¿qué otros aspectos exige una definición evolucionista de célula?*

#### EL PROBLEMA DEL ORGANISMO CELULAR

—Este campo físico, circunscrito, que es la sede de la individualidad de la célula, recibe en nuestra terminología evolucionista el nombre de organismo celular; el organismo celular personifica, pues, la unidad de la célula en contraposición al conjunto de individualidades protonplásmicas que, con su ámbito hídrico, constituye el soma celular; pues bien, el organismo celular, por una parte resulta de la actividad coordinada de este conjunto y, por otra, permite y dirige esta coordinación.

»Otro aspecto esencial que hay que tener en cuenta al definir toda individualidad genuina, todo organismo, es el de que personifica un agente que actúa por mediación de su soma. Una segunda exigencia, pues, de nuestra interpretación evolucionista de la realidad es definir la célula por su acción y experiencia. La célula tiene un modo de acción y experiencia que nadie más que ella tiene en la realidad y que la distingue del modo de acción y experiencia de los individuos protonplásmicos, por una parte, y de los animales, por otra. Este es, pues, un segundo aspecto que la consideración evolucionista de la célula tiene que precisar.

—*¿Y en qué consiste la acción y experiencia de la célula?*

## EL PROBLEMA DE LA ACCIÓN Y EXPERIENCIA DE LA CÉLULA

—Precisar la acción y experiencia de este tipo o nivel de ser vivo obliga necesariamente a entender su medio, ya que éste es, al fin y al cabo, aquellos aspectos del entorno de la célula que son el sustrato de la acción y experiencia de ella. Pero, por otra parte, el medio tiene su historia y, ante todo, hay que entender que el medio tiene, como punto central u origen, el alimento, de modo que una exigencia importante para comprender la célula consiste en saber qué notas especiales distinguen al alimento de la célula respecto del de los individuos protoplásmicos y del de los animales. Ante todo, el alimento de la célula ha tenido que preceder a ésta y, después, evolucionar con ella, pero siempre dentro de los caracteres esenciales que le convienen en cuanto elemento central definido por un modo de acción y experiencia.

—*¿Queda con eso determinada la problemática que plantea definir evolutivamente la célula?*

*Don Faustino se sienta en el sillón y toma un instante de respiro. En el jardín, ya oscuro, suenan unos ladridos potentes, roncos, como si el perro que los emite se hallara aquejado de una extraña afonía.*

## EL ENFOQUE HISTÓRICO DE LA CÉLULA

—Evidentemente —*me dice luego*—, todos los conceptos que le he indicado son complementarios, los unos llevan a los otros y ninguno de ellos puede entenderse sin la comprensión de todos. Pero hay un aspecto más que es necesario tener en cuenta, y es la comprensión histórica, evolucionista. El campo físico de que comenzamos hablando hubo de surgir como culminación del proceso evolutivo de asociaciones heterótrofas. Pero, además, lo hizo por la cooperación de los individuos asociados en ella en una actividad coordinada frente a un alimento que era el esbozo ya del alimento celular. Por otra parte, la coordinación de actividad (es decir, de la acción y experiencia individuales) de muchos individuos protoplásmicos es lo que, al integrar el organismo, va a integrar con ello un nivel superior de acción y experiencia. Por tanto, el esclarecimiento de la definición de célula exige, en una palabra, la comprensión de la célula por su proceso de origen.

*Hoy regresamos hacia el centro en el autobús, que llega a nuestra parada, casi vacío, desde la plaza de Castilla. Nos sen-*

*tamos y, al instante, don Faustino me hace cambiar de lugar y me sitúa junto a los cristales de la ventanilla. Como le miro sin comprender el por qué de la maniobra, me dice:*

—Tengo un amigo que perdió en la guerra, a la vez que yo, un ojo, si bien a mí me falta el derecho y a él el izquierdo. Días después hicimos un viaje a Valencia y, como éramos tuertos noveles nos sentamos cambiados en el coche y no nos vimos en todo el viaje. Le he pedido que se cambie para ir viéndole mientras hablamos.

*El trayecto no es tan largo como el de un viaje a Valencia, pero bajar desde cerca de la plaza de Castilla a la plaza de Colón, con el paseo de la Castellana embotellado, lleva su tiempo.*

—*¿Cómo perdió el ojo, don Faustino?*

—Como usted sabe, yo trabajaba del lado de la República en armamento. Fue un acto de sabotaje. Pero no fue lo peor que yo perdiera el ojo, sino que había venido a verme la familia y, en la explosión, murió mi hermano pequeño, el mejor dotado de todos los hermanos. Mis hermanas también resultaron heridas, pero salvaron la vida. Yo perdí el ojo y, además de mi hermano, a dos amigos inolvidables.

*No sé por qué le pregunté por el dolor experimentado al recibir el trozo de metralla, quizá porque a todo el mundo nos ha horrorizado alguna vez que nos ocurra un caso semejante.*

—No, no me dolió. La esquirla me vació el ojo, limpiamente; me lo partió por la mitad. Sentí un golpe seco, casi indoloro. A los tres días ya estábamos de nuevo vendados en nuestro trabajo, que no admitía demoras. Fue un tiempo terrible, pero heroico. De esto no cabe duda. Y conste que no lo digo por mí.

—*¿Cómo acogió su padre la noticia de la muerte de su hermano y todo lo demás?*

—Con entereza. Usted no lo vivió. No puede imaginar con qué entrega se luchaba, qué reservas morales guarda el hombre.



## VIII. Dirección y fases principales del progreso de la asociación heterótrofa

### 19.XI.73

*Llego antes de lo acostumbrado, pero don Faustino me recibe en seguida y, casi sin preámbulos, reanudamos el tema que dejamos interrumpido hace siete días. Yo, que he traído, como todas las semanas mi texto mecanografiado de lo hasta entonces hablado, le digo inmediatamente:*

*—He leído con atención las dos conversaciones anteriores y ambas terminan con la misma afirmación: la primera célula surgió de la asociación heterótrofa. En la penúltima conversación hablamos ya por extenso de esta asociación. ¿Le parece a usted que abordemos hoy concretamente el surgimiento de la célula?*

*—Percibo perfectamente que tiene usted la impresión de que nos alejamos muchas veces de nuestros objetivos. Yo sé, o creo saber casi siempre, a dónde quiero ir, a dónde quiero llevarle Pero, inevitablemente, en temas tan arduos, hemos de tantear rodeos, o buscar los atajos de más fácil acceso.*

*»Lo que no quiere decir que en mi improvisación, inexperta, muchas veces no le lleve por un mal camino. Pero, en definitiva, el esfuerzo por entendernos, aunque lo logremos torpemente, cumple una cierta finalidad en sí.*

*—Estoy dispuesto a ir con usted por los vericuetos que sea preciso.*

*—Muchas veces apenas vislumbraremos el panorama entre la niebla —insiste él—. Sea como fuere, recuerde usted que siempre le he señalado la dificultad intrínseca de los temas. De cualquier forma, lograr algo positivo obliga a proceder escalonadamente. Sin duda, para conseguir una comprensión válida, por intuitiva que sea, del surgimiento de la célula tenemos que recorrer todavía bastante camino. Pero antes de emprender la marcha me parece necesario que precisemos en lo posible hasta dónde hemos llegado, que situemos nuestra estación de partida. Usted, que ha hecho aplicadamente el esfuerzo de recoger nuestras conversaciones, debe tener muy presente las ideas principales que le he ido exponiendo. Corrijame si me equivoco en mi recapitulación de lo último, que procuraré sea muy breve y sucinta.*

*—Soy todo oídos.*

—En nuestra última conversación nos limitamos a una sola cuestión: distinguir la noción descriptiva de la célula con que se contenta la citología vigente (a saber, cómo la célula aparece, por dentro y por fuera y en diversas fases o estados suyos, a nuestros ojos armados de microscopio), del concepto esencial de ella que exige una citología evolucionista. Dijimos que, para adquirir un concepto evolucionista de la célula, dado que ésta es un foco unitario de acción y experiencia (un ser vivo), hay que esforzarse en responder, entre otras, a preguntas como la de la naturaleza del campo físico del organismo celular, dado que la célula es una genuina unidad que radica en un organismo.

#### LOS CONCEPTOS DE ORGANISMO Y DE MECANISMO

—*En efecto, recuerdo perfectamente que usted destacó la necesidad de concebir todo ser vivo, y por tanto la célula, como un organismo (como algo unitario surgido sobre lo complejo) y que criticó las interpretaciones al uso de la célula como un mecanismo (como algo, en sí, en su culminación misma, complejo, como lo son un reloj, una fábrica, un montón de arena, etc.). Llegó usted a afirmar que la diferencia entre las dos concepciones es tan radical que la una invalida necesariamente a la otra.*

—Así es. Estamos llegando (penosamente, tras dos siglos de esfuerzos subterráneos, en oposición más o menos consciente al pensamiento dominante) a una concepción general del universo en la que lo complejo (los mecanismos) se expliquen por lo uno (los organismos), y viceversa. Lo que, en cada caso, obliga al biólogo a explicar la unidad (el individuo protoplásmico, la célula, el animal) por el todo en evolución.

*Queda ensimismado un instante y yo le animo a que prosiga su resumen:*

—*Además de ese problema fundamental de la naturaleza física del organismo celular, usted se extendió en la consideración de algunos problemas básicos de la citología evolucionista, tal como usted la enfoca.*

#### LA PROBLEMÁTICA DE LA CITOLOGÍA EVOLUCIONISTA

—En efecto, hablamos de que la citología evolucionista se enfrenta con el problema de la acción y experiencia celulares; acción y experiencia peculiar, esto es, distinta cualitativamente de la propia del individuo protoplásmico y de la

propia del animal. Un tercer problema es el de la naturaleza general del alimento y del medio celular; es decir, de lo que en torno a cada célula es objeto de la acción y experiencia de ella (por una parte, lo que la permite subsistir y, recíprocamente, lo que es modificado por ella). Me parece que estos tres puntos concretos (el organismo, la acción y experiencia, y el alimento y medio, celulares) son los aspectos que, entre otros importantísimos, elegimos, en nuestra última conversación, como esenciales, para comprender científicamente, esto es, en términos de los procesos del resto de la realidad, a la célula.

»A la vista ha de saltarle a usted que cada uno de los tres problemas exige la solución de los otros dos y que, recíprocamente, contribuye a resolverlos. Como usted ha apuntado antes, nuestra última conversación terminó destacando que el surgimiento de la primera célula (ya definida por organismo, acción y experiencia y alimento y medio celulares) tuvo que ser la culminación de un largo proceso de evolución de asociaciones heterótroficas, a lo largo del cual se fue intensificando y perfeccionando la cooperación de sus individuos protoplásmicos hasta establecer entre todos la unidad supraprotoplásmica, el organismo celular.

*—En nuestra penúltima conversación hablamos con alguna extensión de la asociación heterótrofa. Puesto que esta asociación es el precedente inmediato de la célula, ¿qué nos falta para considerar ya el surgimiento de la célula?*

—El tema de nuestra penúltima conversación fue la transformación de la asociación de neoheterótrofos en asociación heterótrofa y las características generales de esta última. Para formarnos una idea del surgimiento de las primeras células (proceso mucho más difícil y notable que la transformación de un tipo de asociación en otro), es imprescindible adquirir antes una noción, por somera que sea, de la evolución de la asociación heterótrofa desde que surgió hasta que se perfeccionó lo suficiente para constituir sobre ella el organismo celular (para hacerse célula). La evolución de la asociación heterótrofa de individuos protoplásmicos es, pues, nuestro tema inmediato, forzoso.

#### RECAPITULACIÓN DE LOS CARACTERES DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA

*—Perfectamente. Pero ahora, venciendo mi impaciencia (mi temor a no sacar de usted la exploración general de la biología que yo me prometía en esta veintena de tardes, ¡qué lejos está todavía el hombre!), soy yo quien le pide que faci-*

*lite mi comprensión de la evolución de la asociación heterótrofa, resumiendo sus características, de las que me habló dos tardes atrás. De acuerdo con usted, creo que así ganaremos tiempo.*

—Me parece muy bien para concretar nuestras ideas de partida, aunque usted, que ha hecho el esfuerzo de recoger la conversación, recuerda sin duda las ideas expuestas. En algún momento, le hice notar que la asociación heterótrofa no suplantó, en la evolución, a la asociación de autótrofos, dado que vive de ella (más concretamente, de sus despojos muertos, como un hongo vive de detritos vegetales), y lo mismo sucederá con la célula heterótrofa primigenia, cuya relación con la asociación de autótrofos corresponde a la que luego se daría entre el animal con el vegetal, del que se alimenta.

*—En efecto, usted me hizo esta observación general, que sitúa la asociación heterótrofa dentro de la marcha general de la evolución.*

—Paso a resumirle las ideas principales respecto a la asociación heterótrofa. Procedió directamente de la asociación de neoheterótrofos por adaptación de una de estas asociaciones (que vivían de  $\alpha$ -aminoácidos procedentes de la descomposición de las asociaciones de autótrofos) a un alimento directamente relacionado con el de la asociación de neoheterótrofos (a saber, restos de asociaciones de autótrofos algo menos descompuestas), pero que, en lo que respecta al trofismo de los individuos protoplásmicos, es cualitativamente distinto de los tipos de alimentos antes aprovechados (magma del protoplasma, metano,  $\alpha$ -aminoácidos libres). En efecto, se trata de un alimento que no puede ser aprovechado directamente por los individuos protoplásmicos, por lo que habrá de ser transformado en  $\alpha$ -aminoácidos por individuos protoplásmicos especializados en digerir material proteico más o menos descompuesto.

*—Como siempre, el alimento precede a los seres vivos que han de aprovecharlo. Usted explicó que el agotamiento de los  $\alpha$ -aminoácidos libres obligó a una asociación de neoheterótrofos a liberarlos de los restos muertos de que procedían.*

—Así es, y observe usted que todo nuevo alimento de algún modo está relacionado con el alimento anterior y con la acción y experiencia de los seres vivos anteriores. La evolución biológica no es comprensible sin entender, complementariamente con la evolución de los seres vivos, la

evolución de los medios y, aún más, la evolución de los ambientes tróficos (la evolución de la biosfera).

»Lo notable para nosotros es que los individuos de la asociación heterótrofa se alimentaban (como los individuos protoplásmicos de la célula) en dos tiempos; en el primero, entre todos captan lo que podemos llamar alimento de la asociación, lo transforman por digestión en aminoácidos y se los distribuyen por la corriente metabólica general; en el segundo tiempo, cada uno de los individuos protoplásmicos coasociados se alimenta de estos  $\alpha$ -aminoácidos. La asociación heterótrofa tiene, desde su origen, un alimento y un modo de alimentarse, por así decirlo, celulares. Aprovechaba el alimento celular ejerciendo una función digestiva a la que, según expusimos entonces, se especializaron individuos protoplásmicos bordeales; esto es, los terminales de las líneas de descendencia situados en la boca de la asociación. Así hubo de ser porque la función digestiva es una adaptación de la previa actividad asociativa que, en la asociación de neoheterótrofos (ancestral de la heterótrofa), era ejercida por los individuos bordeales, terminales. Éstos, pues, son los únicos capaces, filogénica y ontogénicamente, de digerir. Pero, además, los individuos protoplásmicos digestores han de realizar la función digestiva mediante un órgano especial capaz de coordinar (mediante coenzimas) dos procesos de *tempo* distinto: uno, el del metabolismo básico del individuo (impulsado por el alimento protoplásmico); y otro, el de su actividad asociativa, cuya intensidad (mucho más variable de un momento a otro y en intervalos más largos) depende de la cantidad de alimento celular que llega y de la correspondiente cantidad de alimento digerido que resulta. Pues bien, ese órgano de un individuo protoplásmico, por razones que no es posible exponerle, parece que tuvo que formarse como una adaptación del esbozo de lo que hubiese llegado a ser su individuo filial, surgido, ni que decir tiene, en el borde de la asociación.

»Así, pues, en toda asociación heterótrofa, la corriente metabólica general de alimento protoplásmico que circula por las líneas de descendencia de sus individuos protoplásmicos, se dirige (en sentido contrario que en la previa asociación de neoheterótrofos) desde el borde, donde se produce el alimento digerido, protoplásmico, hacia el centro de la asociación. Lo hace, obviamente, por la cara interna de la asociación (por lo que llamaremos su envés), donde se produce la actividad asociativa, y desde esta cara cada individuo, a través de un poro de la asociación, hace pasar el alimento protoplásmico hacia su zona de metabolismo básico situada en la cara exterior (en el haz) de la asociación. Toda esta circulación metabólica se representa en este esquema que

le muestro de una asociación heterótrofa supuesta pequeña y esferoidea (caracteres heredados ya de la asociación de neoheterótrofos ancestral, muy evolucionado).<sup>5</sup>

»Esto es, con alguna puntualización, lo que debió ser toda asociación heterótrofa, según lo expuesto hace dos semanas.

## LA EVOLUCIÓN DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA

—*En la recapitulación no sólo me ha hecho usted recordar lo que he recogido, sino que me lo ha hecho ver desde un nuevo ángulo. Parece que es el momento de abordar ya el tema de cómo esta asociación heterótrofa evolucionó hacia la célula. ¿Qué ha podido rastrear usted de este proceso?*

—No es fácil exponerlo de forma rápida y poco rigurosa, porque lo que puede decirse de este proceso es relativamente rico, como corresponde al conocimiento objetivo actual de lo que resulta de él, la célula. En el progreso de la asociación heterótrofa hacia la célula, para que ésta se originara (bien entendido que en su forma más primitiva y elemental, pero ya con su modo de experiencia y acción característico, esencial) hubieron de sucederse varias líneas de perfeccionamiento de la asociación heterótrofa que, a veces, se superpusieron y evolucionaron complementariamente. Fascina inquirir este surgimiento de un ser vivo sobre la evolución conjunta de seres vivos de nivel inferior (de individuos protoplásmicos). En cada una de tales líneas de progreso sucesivas hay que procurar inducir, con cuanta verosimilitud nos permitan los datos poseídos, cómo se pudo establecer antes la estructura básica que va a perfeccionarse, cómo esta estructura, «inesperadamente», adquirió un esbozo de utilidad nueva, y cómo la selección natural la fue perfeccionando por esta utilidad suya hasta dar ocasión a una estructura o función incipiente capaz de ofrecer la base de una nueva línea de progreso sucesiva o complementaria con la anterior. Precisamente, durante los meses pasados y en este momento, trabajo, sobre todo, en este proceso evolutivo que constituye el objeto del último capítulo de la primera parte de *La alimentación, base de la biología evolucionista*, que espero

5. Se trata de la figura 4, donde los individuos protoplásmicos se representan en oscuro y la circulación metabólica (en medio) por las líneas con flechas exteriores a ellos; *i* individuo protoplásmico inicial de la asociación, de la que se representa una sección por dos líneas de descendencia que empiezan en él y terminan en sendos individuos protoplásmicos digestores (bordeales, esto es, que delimitan la «boca» de la asociación).

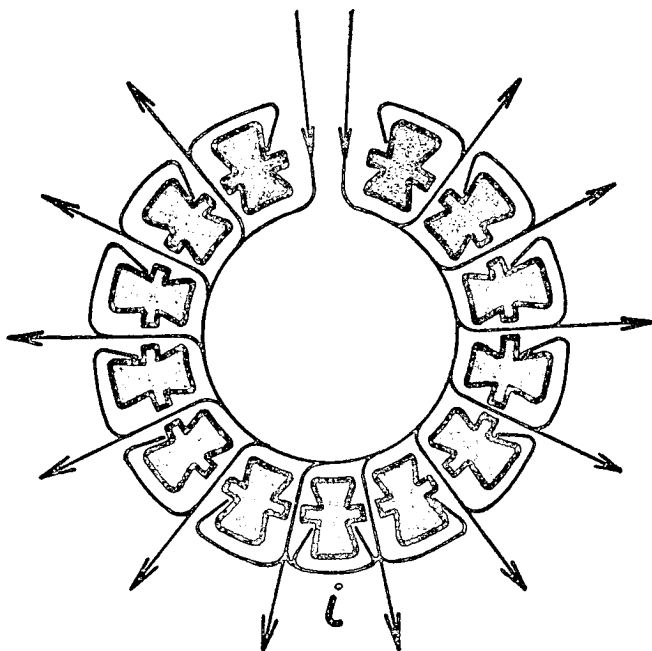


FIGURA 4. Esquema de la circulación metabólica general (de individuo protoplásmico al contiguo en cada línea de descendencia) en una asociación heterótrofa.

Esquema de la obra de F. Cordón, *La alimentación, base de la biología evolucionista*, vol. I, «Origen, naturaleza y evolución del protoplasma», 1978.

terminar de redactar este verano, con el que doy fin al volumen relativo al origen, naturaleza y evolución del protoplasma. Aunque todavía me falta mucho que puntualizar (dentro, claro es, de las grandes líneas en que puedo aspirar a moverme), me he formado una idea que me parece ya coherente de las principales líneas de la evolución de la asociación heterótrofa. Sin pretender entrar en su análisis, voy a limitarme a enumerárselas y a darle una idea muy somera de cada una.

—*Veamos en qué pudo consistir, según su criterio, este impresionante proceso histórico.*

—*Anote, pues —comienza a decir, andando a grandes pasos por la habitación—, lo que considero las líneas principa-*

les del progreso evolutivo de la asociación heterótrofa, y en el orden de iniciación que me parece más probable. La *primera*, la evolución del alimento «celular» provocada por la proliferación y perfeccionamiento de la asociación heterótrofa misma. La *segunda*, complementaria de la anterior, el perfeccionamiento de la función digestiva, actividad asociativa básica de esta asociación. Podemos considerar como *tercera* línea de progreso de la asociación heterótrofa la evolución de la corriente metabólica general determinada por el progreso de la función digestiva. Como *cuarta* línea de progreso tenemos el establecimiento, por la corriente metabólica general evolucionada, de una corriente dirigida de agua a través de la asociación heterótrofa en su conjunto. La *quinta* línea de progreso pudo ser el recubrimiento de la cara interna de la asociación (de su envés) por una película lipoidea. La *sexta*, el desarrollo de un nuevo tipo de estímulos, los estímulos «celulares», que, al originarse por individuos de la asociación pueden incidir simultáneamente sobre todos los demás individuos coasociados y, además, con más rapidez que los estímulos protoplásmicos que sólo vinculan la actividad asociativa entre cada dos individuos protoplásmicos contiguos en una misma línea de descendencia de ellos. Por último, la *séptima* línea de progreso dio origen a «acciones» supraprotoplásmicas (esbozo ya de acciones celulares) como respuesta a los estímulos «celulares».

»Éstas son las líneas de progreso de la asociación heterótrofa que he podido inducir partiendo de la naturaleza de lo que evoluciona (la asociación heterótrofa), de la naturaleza del resultado de la evolución (la célula), y de la evolución del ambiente trófico sobre el que la evolución se produjo (los restos muertos de las asociaciones de autótrofos, entonces proliferantes, hegemónicas). Cada una de estas líneas de progreso prepara la iniciación de la línea siguiente; por otra parte, el desarrollo de cada una exige el mantenimiento de las anteriores e, incluso, impulsa determinadamente el ulterior progreso de ellas como condición del progreso propio.

»En fin, deseo hacerle observar que la culminación de la asociación heterótrofa, su última línea de progreso, fue su capacitación para realizar lo que hemos llamado esbozo de acciones celulares: acciones celulares todavía sin agente celular. «En el principio fue la acción», decía Goethe. No falta ya para la célula sino el último paso; a saber, que estas acciones den origen a lo que será el agente de ellas mismas, con lo que la asociación heterótrofa culmina su evolución transformándose en célula. Para ello, determinadas acciones «celulares», producidas por la cooperación de individuos protoplásmicos especializados, hubieron de aplicarse a la producción ininterrumpida de los estímulos «celulares» que

las provocan. De este modo, los efectos de la acción se interiorizan en el organismo, las acciones se enlazan por experiencia. Sobre la asociación surge un campo físico unitario mantenido frente al todo (frente al ambiente trófico en evolución).

—*Me parece necesario que, tras esta enumeración tan sucinta, tan abstracta, me haga usted en seguida, por breves que sean, las puntualizaciones concretas que me permitan formarme una idea de las líneas de progreso que ha enumerado.*

*Don Faustino se dirige a la ventana de la terraza de su despacho, ante la que permanece callado unos momentos. El cielo, intensamente azul en estos días, sostiene unas nubes blancas y ligeras que corren hacia la izquierda, suavemente, por encima de los edificios ocre y rojizos. Luego, vuelto hacia mí, reanuda su exposición lentamente.*

#### LA PRIMERA LÍNEA DE PROGRESO DE LA ASOCIACIÓN HETERÓTROFA: LA EVOLUCIÓN DE SU ALIMENTO

—Voy a procurar darle a usted con orden una idea concreta de las líneas de progreso que quepan en el corto plazo que nos queda de esta tarde. Empecemos, pues, por lo que hemos considerado primera línea de progreso de la asociación heterótrofa, aunque, de hecho, no pasa de ser la influencia que, a lo largo de toda su evolución, esta asociación fue ejerciendo sobre su ambiente trófico; es decir, se trata de la evolución del alimento celular a digerir, del cambio de tamaño de los restos muertos de asociaciones de autótrofos.

»¿Cuál pudo ser la evolución de estos restos muertos, a los que estaba adaptada la asociación heterótrofa? La respuesta no puede ser más que una. Con el progreso de la función digestiva, que inicialmente sólo podía aplicarse a material proteico muy descompuesto (por ejemplo, sólo dipéptidos, formados por la combinación de dos aminoácidos), proliferarían las asociaciones heterótrofas hasta aprovechar al máximo este material producido por degradación espontánea de las asociaciones de autótrofos muertas. Llegada esta situación, tendría evidente ventaja selectiva para la asociación heterótrofa el adaptarse a digerir restos muertos un punto menos degradados (por ejemplo, tripéptidos y tetrapéptidos); en efecto, la fuente ambiental de alimento (los restos muertos aprovechables) aumenta, ya que los restos más degradados proceden de los menos degradados por una

descomposición espontánea y producida con pérdida; en segundo lugar, inicialmente el nuevo alimento abundaba mucho, por estar sin explotar; y, por último, el aprovechamiento del nuevo alimento impide la formación espontánea del previo, con lo que las asociaciones que se adaptaron a digerir material menos descompuesto fueron suplantando, privándolas de alimento, a las que no lograron la adaptación.

»En definitiva, en el curso del tiempo, la asociación heterótrofa se iría adaptando a digerir alimento muerto de tamaño de partículas creciente, que requería una digestión cada vez más laboriosa y difícil, y que se encontraba en cantidad cada vez mayor, con lo que iría creciendo poco a poco la biomasa de la asociación heterótrofa. Tenga presente que esta biomasa hubo de ser siempre muy pequeña con respecto a la biomasa de la asociación de autótrofos de cuyos restos vivían las asociaciones heterótropas (restos, obviamente, de naturaleza esencialmente proteica y que habían de digerir a aminoácidos aprovechables por sus individuos protoplásmicos constituyentes).

*—Para mí esta primera línea está perfectamente clara, pero quiero preguntarle algo. En su progresiva explotación de los restos muertos, a la asociación heterótrofa se le ofrece un tipo de alimento que empieza en dipéptidos y termina, teóricamente en asociaciones de autótrofos recién muertas. La pregunta es ésta: ¿recorrió la asociación heterótrofa en su evolución hasta el final todo este camino que se le ofrecía?*

—Sí —asiente don Faustino—, el camino se recorrió de punta a punta y, es más, dio de inmediato acceso a alimentarse de asociaciones de autótrofos vivas. Ahora bien, este camino no lo recorrió entero la asociación heterótrofa. En un momento indeterminado de la evolución del alimento (provocada obviamente por el progreso de la asociación heterótrofa), se produjo la transformación de la asociación heterótrofa en célula heterótrofa y fue ésta (suplantando a la asociación heterótrofa) la que hizo recorrer al alimento que nos ocupa el resto de su evolución. Finalmente, tendríamos, pues, células heterótropas viviendo sobre asociaciones de autótrofos vivas, al modo como los animales han de vivir sobre los vegetales (asociaciones de células). Me inclino a pensar que el tamaño de los restos que impusieron ya el surgimiento de la célula fue relativamente pequeño, de modo que la mayor parte de la evolución fue forzada ya por la célula. Esto es cuanto puedo decirle.

*—¿Le parece que pasemos ya a la segunda línea principal de la evolución de la asociación heterótrofa?*

—Indudablemente: hemos de quemar etapas.

*Pero en este momento, Josefa Vila entra en el despacho y le anuncia al doctor Cordón que ya se ha reunido el grupo de médicos, biólogos y bioquímicos con el que hoy inicia una labor de seminario, que se prolongará hasta el verano. Don Faustino asiente, pero no se mueve del sillón.*

—Tenemos que dejar para el próximo lunes la segunda línea del proceso evolutivo que nos ocupa. Nos reuniremos en Torres Blancas, a donde sabe usted que nos mudamos mañana.

*En efecto, hace semanas que tengo noticias del cambio de sede de IBA, y hoy, al llegar, he percibido la inminencia del traslado al ver a Eloy Terrón empaquetando afanosamente libros. Don Faustino parece distraído hasta que, levantándose, a modo de despedida, me dice:*

—Quiero disculparme y ponerle a usted en guardia acerca de mi modo de hablar, demasiado tajante y afirmativo. Tal vez fuera prudente (y es lo que conviene con mi espíritu ponderativo y presidido por la duda) que, al pasar sus notas en limpio, esmaltara mis palabras de expresiones como «posiblemente», «cabe pensar», «con todas las salvedades», etc. Sólo que temo hacer más tediosa y difícil la exposición de nuestros arduos temas.

»Una vez más, querido Núñez, hay que insistir en que la verdad absoluta no existe; sería la experiencia de un Dios omnisciente por todopoderoso (al que, ni que decir tiene, no veo realizarse sobre mi propia acción y experiencia humana). Para destacar lo relativo de los conocimientos humanos, resulta divertido imaginar el Juicio Final de un gran científico: «Mira, tonto —diría cariñosa y comprensivamente el Altísimo—, así son de verdad las cosas» (en el interior del átomo, en la estructura general del Universo, etc.). Y riase usted de lo que sería para el científico esa experiencia de conocer algo desde el todo.

»Aunque no lo diga en todo momento, sepa usted, de una vez para todas, la humildad radical de mi conocimiento. Nuestra vida es una pequeña rendija entre todo un evo de pasado y un evo de futuro. A través de la momentánea rendija, el hombre de ciencia, apasionadamente, quiere saberlo todo, realizarse sabiéndolo, y su pequeña verdad relativa sólo va ganando unos pocos quilates con el apoyo cada vez mayor y más íntimo de la experiencia general humana. La única manera de enjuiciar la orientación del propio pensamiento consiste en procurar integrar las flechas que apuntan al desarrollo de éste, impuesto por los hechos, desde el pasado de la ciencia. Si nuestra orientación es correcta, se suma a la línea más densa y central apuntada por el pasado; y, re-

cíprocamente, nos ayuda a percibir esa línea de integración de experiencia humana. ¡Pero qué masa de errores y prejuicios hay que desprender para poner al descubierto esas débiles líneas de progreso, sólo fuertes por su solidaridad, cuyo conjunto forma, no la verdad, sino el camino de la verdad!