



ARTICULOS

CELULAS Y ASOCIACIONES DE CELULAS

El segundo nivel de integración de la evolución biológica

FAUSTINO CORDON

Madrid



En este artículo voy a procurar exponer del modo más sumario (abstracto) posible el tema principal del volumen II, dedicado al estudio del «origen, naturaleza y evolución de las células y asociaciones de células», de *La alimentación, base de la biología evolucionista (Historia natural de la acción y experiencia)*, volumen en el que actualmente estoy trabajando y a cuya redacción espero dar cima antes de un año. Me es un gratisimo deber agradecer al profesor Gustavo Bueno la generosa apertura de su espíritu que le ha llevado a interesarse por el volumen I y a pedirme este anticipo del II. Me parece que una rara cualidad que distingue al verdadero espíritu crítico es ésta del esfuerzo por dominar todo trabajo antiguo y a mayor abundamiento nuevo, procurando descubrir objetivamente lo que en él haya de positivo entre la ganga de debilidades e imperfecciones, inherentes a todo lo humano y más cuando intenta penetrar denodadamente en lo desconocido en lucha contra el propio prejuicio (1).

Los niveles de integración energético-material en la organización del universo

Una de las ideas rectoras de nuestro trabajo es la de que, no solo en los seres vivos, sino en lo inorgánico, la

Nota de la Redacción: Hemos creído conveniente señalar con un asterisco aquellos términos utilizados por el autor de este artículo que alcanzan en su obra el carácter de tecnicismos. Remitimos al lector, por nuestra parte, al vol. I de *La alimentación base de la biología evolucionista* (Madrid, Alfaguara 1978) y, en particular, al *Glosario* que ocupa las páginas 641 a 664.

(1) El prof. Bueno, a quien no he tenido el gusto de conocer personalmente hasta este año, tuvo para con mi trabajo (cuando no hacía sino iniciar la dirección en que ha persistido desde entonces) la misma abierta actitud con ocasión de la publicación, en 1954, de mi primer libro *Inmunidad y automultiplicación protéica*. Por lo demás, la detenida y meditada recensión del profesor Bueno (*Theoria*, 9, 153-158, 1955) fué el único eco público que el libro despertó en España.

realidad está estructurada en lo que denominamos *niveles de integración energético-material, que quizá podrían designarse más expresivamente como niveles de individualización energético-material. En ciencia y, en particular, en biología se habla cada vez más, desde hace una treintena de años, de niveles; ahora bien, lo que suele denominarse así son grados o estratos de agregación espaciales que el hombre aprende a distinguir y que le ayudan a orientarse en la, al parecer, inextricable complejidad de la naturaleza. En un punto cualquiera del universo y sin movernos de él pero aumentando progresivamente el diámetro del ámbito considerado y de sus relaciones, el observador, de tanto en tanto y por saltos bruscos, se va encontrando, por así decirlo, con un número de pisos de conjuntos, pisos que se contienen los unos a los otros como un juego de cajas de distinto tamaño. De este modo, dentro del marco de lo inorgánico, en la Tierra podemos distinguir pisos de agregación estratificados que van desde la energía radiante a las galaxias. Desde la perspectiva que la realidad ofrece al hombre, desde nuestro planeta, se van distinguiendo muy distintos niveles, deslindados con riqueza creciente por el entrenamiento analítico en que sobresalen (en mi opinión, excesivamente) las ciencias experimentales modernas. La física y la química (que, en sus diversas ramas, se ocupan de estados de agregación de la realidad que van desde lo infinitamente pequeño al tamaño de los que maneja el hombre) distinguen muchos niveles entre los que podemos recordar los de la energía radiante, los fotones, las partículas elementales, las órbitas de ellas dentro del átomo, los átomos, las agrupaciones especiales de átomos dentro de la molécula, las moléculas, las moléculas complejas o macromoléculas, las asociaciones de moléculas, los agregados de moléculas caracterizados por su estado físico, los conjuntos interactuantes de estos agregados (los sistemas dispersos, los mecanismos, etc.). Dentro de otro margen de tamaños —desde la Tierra, como un todo, al hombre—, la geología distingue

otra serie de niveles tales como, las tres partes que se distinguen por su estado físico en el planeta (parte sólida, hidrosfera y atmósfera), las divisiones que en cada una de estas partes se establecen por distintos criterios (así, en la parte sólida, las grandes capas sial, sima y nife), los estratos que se diferencian en el sial, las rocas y minerales de cada estrato, etc. Por último, dentro del margen de tamaño que va desde nuestro planeta a lo infinitamente grande, los astrónomos distinguen, satélites, planetas, astros, sistemas solares, astros con movimiento regular recíproco, constelaciones, galaxias, sistemas de galaxias, el universo.

Todos estos llamados niveles tienen ciertamente en común el hecho de que el hombre ha podido distinguirlos como hitos permanentes, de modo que mediante ellos puede orientar con eficacia su acción (2). De hecho, son logros fundamentales de la ciencia experimental que constituyen, por así decirlo, los planos en que se produce el desarrollo de sus diversas ramas. Pero, evidentemente, todos los niveles señalados no tienen la misma significación científica, no tienen el mismo valor para una interpretación monista, racional, de la realidad. Bien al contrario, son sumamente heterogéneos: se han establecido por muy diversos criterios. En un primer análisis, algunos de estos niveles parecen artificiales, o, dicho de otro modo, puramente descriptivos, y su valor, hasta ahora, se reduce al de mera referencia a nuestra situación en el universo (3); otro tipo incluye los niveles que se refieren, ciertamente, a agregados bien definidos y que se encuentran en alguna forma de relación regular con agregados análogos (lo que parece indicar que se originaron simultáneamente, en un mismo proceso), pero, sin duda, están trabados entre sí por vínculos cuya naturaleza nada tiene que ver (resulta incoherente) con los agregados mismos —aunque de ellos dependa la intensidad del vínculo, lo que parece referir este a constituyentes de tales agregados— (4); hay un tercer tipo de niveles constituídos por elementos relacionados entre sí por un vínculo cuya naturaleza (cuya existencia) parece depender muy directamente de los elementos que forman nivel, de modo que el vínculo toma razón de ellos e inversamente, y, asimismo, de los miembros de estos niveles, cuando se coordinan debidamente, parecen surgir directamente los miembros de un nivel inmediato superior (5). En definitiva, estos últimos niveles, a la vez vinculados y vinculantes, parecen marcarnos los cauces por los que ha ido surgiendo y continuamente se mantiene toda la organización de la realidad; se trata pues de los niveles activos, dinámicos (a diferencia de los otros dos grupos de niveles que, con esta perspectiva, aparecen como configuraciones yertas *(artefectos) de los anteriores); y, para ellos, en cuanto evolucionistas interesados en la historia del continuo proceso de la realidad,

(2) Digamos de pasada que el hecho de que el hombre, de distintas maneras y por distintos artificios, haya podido percibir todos estos niveles indica que ellos son previos al origen del hombre mismo, que éste resulta de la integración de ellos, que él está en un estrato evolutivo superior a lo que así percibe. Estar en esta posición es condición necesaria, pero no suficiente, para la percepción de algo.

(3) Tal vez en esta categoría de niveles haya que incluir los establecidos por las diversas categorías de división que se distinguen en las partes sólida, líquida y gaseosa de la tierra, las constelaciones, las galaxias, etc.

(4) A esta segunda categoría de niveles parecen corresponder las órbitas de partículas elementales en el átomo, las agrupaciones especiales de átomos dentro de las moléculas, las macromoléculas, las asociaciones de moléculas, los agregados de moléculas, los sistemas dispersos, los mecanismos artificiales y los sistemas solares.

(5) En principio, y con las reservas a que obliga, no sólo la limitación de la ciencia actual sino la mía personal por mi dedicación a la biología, me parece que en esta tercera categoría de niveles sólo se pueden incluir la energía radiante, los fotones, las partículas elementales, los átomos y las moléculas.

reservamos el nombre de *niveles de integración energético-material* o abreviadamente de niveles (6).

Los niveles de integración biológicos

Después de esta sumaria introducción referente a los niveles inorgánicos pasemos a considerar paralelamente los niveles biológicos, cuyo desentrañamiento y estudio compete a la biología evolucionista. De estos niveles no tenemos más conocimiento que la forma particular que ellos adoptan en la Tierra, de modo que, bajo el supuesto plausible de que hayan podido organizarse, sobre la evolución de lo inorgánico, en otros cuerpos celestes que ofrezcan condiciones homólogas a las de la Tierra, el hecho significa una indudable limitación. En cambio, a diferencia de lo que sucede con el nivel de integración energético-material superior de lo inorgánico, el molecular, (y, a mayor abundamiento, con los inferiores a él —átomos, partículas elementales, fotones, energía radiante—), los niveles biológicos han ido surgiendo, escalonadamente (los superiores sobre la evolución de los inferiores) en sucesivas etapas evolutivas, cada una de las cuales es el antecedente y clave de la inmediata posterior (superior), de las cuales la primera fue un proceso de evolución conjunta de una determinada masa del nivel molecular en el seno del mar primitivo (7); el hecho significa que los antecedentes completos de la evolución de lo inorgánico de que surge el primer nivel biológico y la evolución de todos y cada uno de los niveles biológicos se ha producido y sigue produciéndose en la Tierra, hecho que los pone virtualmente al alcance de la investigación científica, y favorece en cambio extraordinariamente la consideración evolucionista de los niveles biológicos respecto a los inorgánicos.

Sea como fuere, la diferenciación de niveles puramente descriptiva ha tenido especial boga en biología y se ha realizado de modo igualmente indiscriminado que en las ciencias físico-químicas. Baste una enumeración, ciertamente incompleta, de los niveles que los biólogos encuentran en el seno de un ser vivo superior, de un animal. Desde el nivel molecular a la célula pueden distinguirse niveles intermedios como son, el conjunto de metabolitos y el de enzimas; el sistema de macromoléculas que forman la trama de la célula (proteínas, ácidos nucleicos, lipoides, polisacáridos), los organelos que se distinguen en el soma celular (retículo endoplásmico, microsomas, centrosoma, nucleolo, mitocondrias, cloroplastos, cromosomas, vacuolas, etc.), las grandes partes del soma celular (membrana, protoplasma, núcleo) y las célu-

(6) De este modo, el origen y mantenimiento de todos los niveles, en cuanto efectos *circunstanciales* que son de los niveles genuinos, brindan datos insustituibles para el conocimiento de éstos, y, a la inversa, su conocimiento profundo corresponde a las grandes ciencias (teóricas ya no meramente descriptivas) que se ocupan de los verdaderos niveles de integración. Por ello a la químico-física corresponde el estudio de los sistemas dispersos, de la cosmofísica, etc.; y, por ello, el hombre puede conocer (desde su nivel de integración superior, a la Tierra, a los astros, a las galaxias).

(7) Se trata, de hecho, de la inflexión, producida en un espacio limitado (la biosfera primordial) del sentido del cambio que, durante un prolongado periodo, está experimentando el nivel molecular en la Tierra. En toda la masa planetaria y, en concreto, en su corteza, el nivel molecular (como los demás niveles inorgánicos) experimenta un constante y general aumento de entropía, esto es, una desintegración y nivelación de la energía química potencial. En una zona concreta de la superficie terrestre se dieron, en un momento dado, las condiciones (la primera la condensación de una masa de agua) para que parte de la energía química liberada en dicha desintegración general de moléculas endergónicas se aplicara a revertir en un espacio concreto (la biosfera) el sentido de la transformación y se iniciara, en él, un proceso conjunto de evolución molecular ascendente. Este proceso, de genuina evolución del nivel molecular (que culminaría en el surgimiento de la primera vida), puede considerarse la primera etapa de la evolución biológica.

las en toda su variedad. Desde la célula al animal (o, en su caso, el vegetal) se distinguen variadísimos tejidos, los órganos, los sistemas de órganos, y en fin, los individuos vegetales y animales y sus especies y grupos axonómicos superiores. Por último, a partir de los individuos animales y vegetales, los ecólogos distinguen «niveles de organización de la materia» como son, poblaciones, comunidades, ecosistemas (en los que pueden diferenciarse varios niveles hasta llegar a los de máxima amplitud o biomas) y, en fin, la ecosfera. A la vista salta que los niveles de esta larga serie (que podría ampliarse, y, en algunas porciones de ella, diferenciarse de otro modo) son tan heterogéneos como los inorgánicos y pueden clasificarse en los mismos tres tipos.

En el primer tipo de niveles señalado, el de los meramente descriptivos o establecidos artificialmente, se podrían incluir (al menos tal como los conocemos actualmente) muchos de los niveles biológicos enumerados, y de manera definitiva algunos como: el sistema de las macromoléculas que constituyen la trama de la célula, las grandes partes de la célula, las categorías taxonómicas (excepto la de especie) de células, vegetales y animales, los tejidos, las comunidades, las poblaciones. En el segundo tipo de niveles, el de los que designan agregados bien definidos y cuyos miembros se encuentran en alguna forma de relación regular recíproca pero mediante vínculos cuya naturaleza es incoherente con la de ellos, hay que contar casi todos los restantes niveles biológicos, entre ellos: el conjunto de metabolitos de una célula, id de enzimas, el conjunto de organelos, el de órganos, el vegetal, los ecosistemas y la ecosfera. En fin, nos queda el tercer tipo de niveles, el de los constituidos por miembros relacionados entre sí mediante un vínculo establecido directamente por ellos mismos, de modo que su propia naturaleza es la del vínculo (en nuestra terminología, la naturaleza física de cada nivel de organismo es la de su estímulo peculiar) y, así, por una parte, los miembros de estos niveles son genuinos individuos y, por la otra, están conectados directamente al todo en evolución del que son a la vez agentes y resultado inmediato; pues bien, entre todos los «niveles» biológicos señalados, sólo corresponden a este tercer tipo de niveles (el de los genuinos niveles de integración energético-material) la célula y el animal a los que hay que añadir el individuo protoplásmico, primer nivel biológico intermedio entre el molecular (el superior de los inorgánicos) y el celular (el segundo, por consiguiente, de los biológicos).

Me parece indudable que los genuinos niveles de integración energético-material (energía radiante, partículas elementales, átomos, moléculas, individuos protoplásmicos, células animales) tienen una destacadísima significación científica, tanta que cada uno de ellos le corresponde ser el objeto genuino de una de las grandes ciencias experimentales (que se ocupan de las relaciones constantes que se producen dentro de cada nivel, esto es entre entidades homogéneamente activas y surgidas coetáneamente hasta ocupar determinados ámbitos del universo (8)) y que el conjunto de ellos marca la línea ineludible, el argumento principal, de la ciencia evolucionista (que

se ocupa de las relaciones entre cada dos niveles consecutivos y, en particular, de cómo cada uno ha surgido y se mantiene sobre el proceso conjunto del nivel inmediato inferior —madurado a lo largo de su historia evolutiva— a fin de, mediante la comprensión progresiva de esta interacción dinámica pero ordenada históricamente entre los distintos niveles, ir ganando una interpretación en lo posible unitaria y coherente del conjunto de la realidad objetiva).

La unidad esencial del proceso de cada nivel de seres vivos dentro de la unidad superior que constituye la evolución biológica

Excusado es decirlo, que a la biología evolucionista le compete un fragmento muy determinado de la evolución cósmica y que transcurre en un lugar delimitadísimo del universo (la biosfera terrestre): a saber el estudio de los tres niveles superiores de integración (protoplásmico, celular y animal). Nuestro libro *La alimentación, base de la biología evolucionista* se ocupa, pues, del estudio sucesivo de estos tres niveles: el volumen I, del origen, naturaleza y evolución de los seres vivos del primer nivel de integración biológico, a saber, de los individuos protoplásmicos; el volumen II, del origen, naturaleza y evolución de los seres vivos del segundo nivel de integración biológico, a saber, de las células; y, en fin, los volúmenes III y IV estudian el origen, naturaleza y evolución de los seres vivos de tercer nivel, a saber, de los animales (y dentro de ellos, como culminación de la evolución animal, del animal autótrofo, del hombre). El tema de cada una de estas tres partes principales de la obra posee una gran unidad en cuanto que se ciñe al estudio de un nivel (o, dicho de otro modo, de la etapa de la evolución biológica por él presidida, etapa que se extiende desde el surgimiento de los primeros seres vivos del nivel hasta que aparecieron los primeros seres vivos del nivel inmediato superior) sobre la base, principal siempre y muchas veces única, del estudio de cómo se originan (ontogénesis) y de cómo se mantienen instante a instante en términos del proceso del resto de la realidad (naturaleza) los seres vivos actuales del nivel, bien libres, bien formando meras asociaciones, bien constituyendo el *soma de un ser vivo del nivel inmediato superior. Sea como fuere, el estudio de un nivel ofrece una gran coherencia interna y difiere cualitativamente del estudio de los demás; se trata de como todo un ámbito de la realidad (la biosfera terrestre) se va elevando conjunta y progresivamente al nuevo nivel de relaciones (de *conciencia), sobre la base de la evolución previa del nivel inferior. Para todos los individuos de cada nivel es común, por definición, el nivel de integración energético-material, esto es la naturaleza del campo físico sustrato de su individualidad (lo que denominamos su *organismo); también es la misma para todos ellos, la naturaleza de las acciones *somáticas que, necesariamente, han de realizarse siempre por actividad cooperante de individuos del nivel inmediato inferior; y, en consecuencia, también es común para todos los individuos del nivel la naturaleza básica del *alimento (de la fuente energética que utilizan para subsistir) y, en general, la del *medio que les conduce al alimento (por

(8) A la vista salta que al ascender de un nivel al inmediato superior el ámbito que éste ocupa en el universo es forzosamente menor que el ámbito ocupado por el inferior, ya que este nivel sirve de base sine qua non del superior.



distinto que uno y otro puedan parecer, a veces, a primera vista). Por otra parte, cada nivel no puede propagarse sino dentro del ámbito limitado que le establece el nivel inmediato inferior (9), sobre el que aquél necesariamente se constituye, y toda la diferenciación interna de un nivel y su paulatino progreso general se explica por el desarrollo de la acción y experiencia de los individuos del nivel y, subsidiariamente, por la selección natural de las estructuras somáticas más favorables para dicho desarrollo, en la concurrencia de ellos dentro del ámbito limitado (la biosfera) que pueden ocupar y de la limitada provisión del tipo de alimento que les es propio. Por último, desde que la evolución de cada uno de los niveles culminó en el hecho de que sus individuos llegaron a constituir asociaciones capaces de integrar cada una un individuo de nivel superior (las asociaciones de individuos protoplásmicos, a constituir las primeras células; asociaciones de células, los primeros animales) se detiene lo que podemos llamar su evolución independiente y pasa a evolucionar por ventajas selectivas para los individuos del nivel superior surgidos de él. Así se explica, en definitiva, la íntima unidad, la gran coherencia interna, que ofrece el estudio de cada uno de los tres niveles.

(9) Ciertamente un nivel puede dilatar la biosfera más allá del ámbito que logró ocupar el nivel inmediato anterior porque dentro de él, sus individuos encontraban las condiciones que requieren para vivir; pero ha de hacerlo por la creación de biosfera para este nivel inferior que forma su base misma (creando intrasomáticamente las condiciones que tal nivel inferior necesita para vivir).

Ahora bien, la unidad temática, íntima y excluyente, que constituye el estudio de cada nivel (10) no impide el hecho de que el estudio global de los tres niveles biológicos configure, a su vez, otra unidad temática de nivel superior, que es el objeto de la biología evolucionista. En efecto, se trata de la investigación del curso de un gran proceso único que ha transcurrido, a lo largo de un enorme número de años (11), dentro de un mismo ámbito de la realidad (la biosfera terrestre (12), proceso en el que se diferencian cuatro grandes procesos sucesivos de los que fueron protagonistas respectivamente el nivel molecular y cada uno de los tres niveles biológicos (*protoplásmico, *celular y *animal). Es obvio que cada acto prepara para el siguiente que resulta ininteligible sin el conocimiento esencial o sumario del anterior (sin él, pueden observarse los resultados, las manifestaciones de un nivel, pero no entender a éste por su origen y por tanto la verdadera naturaleza de sus individuos —por así decirlo, se pueden describir los artefactos que producen sus individuos, no entender, en cambio, a éstos, a los agentes—). En definitiva, toda biología evolucionista (por tanto la nuestra) tiene que ser estructurada forzosamente en tres partes dedicadas a exponer, en orden obligado, cada uno de los grandes actos en que se ha cumplido la evolución de los seres vivos en la Tierra.

Cada uno de los tres actos posee, como se ha dicho, unidad interna: tiene un principio bien definido (el origen del nivel correspondiente), un término igualmente preciso (el surgimiento del nivel inmediato superior), y un desarrollo (que cubre una de las etapas de la evolución biológica) que conduce, desde el principio al fin, a través de unas fases también definidas, en sus líneas generales, por el proceso conjunto de la evolución biológica, de modo que son bastante paralelas en los tres grandes actos o etapas. Así, los individuos de cada uno de los tres niveles biológicos surgieron como heterótrofos, esto es aprovechando para alimento la materia *endergónica acumulada en sus somas por los individuos del nivel anterior; en segundo lugar, el perfeccionamiento del heterotrofismo condujo al aprovechamiento al máximo de esta provisión limitada, y el hecho, a su vez, determinó que algunos individuos del nivel, sumamente evolucionados, se adaptaran al autotrofismo propio del nivel, esto es, a la utilización de una conveniente forma de energía extrabiológica en presencia, para la producción de alimento extra conveniente; asimismo el perfeccionamiento del autotrofismo puede conducir a la constitución de asociaciones biológicas entre los individuos del nivel, lo que, a su vez, abre la posibilidad de que una determinada asociación se adapte a vivir sobre un tipo de alimento en presencia, hasta entonces inaprovechado —a saber, la materia viva organizada hasta el nivel mismo— lo que, por la complejidad de tal alimento, exige un

(10) Tan íntima que, no lo olvidemos, las grandes ciencias experimentales (de las cuales el ejemplo más definido y concluso tal vez sea la química dedicada al nivel molecular) que han llegado a constituir impresionantes construcciones teóricas cerradas en sí mismas se ocupan de sendos niveles de integración. Y, también, que resulte siempre arriesgadísimo extrapolar de modo puramente formal las conclusiones obtenidas en un nivel, a otro.

(11) Hoy es imposible datar con un grado de aproximación razonable no ya el origen del proceso (la iniciación de la primera etapa de evolución de moléculas endergónicas en el seno del mar primitivo que culminaría en el surgimiento del primer protoplasma) sino el origen del protoplasma, el de la célula e, incluso, el del animal. Sólo puede afirmarse que se trata de un proceso ininterrumpido que se hubo de iniciar mucho antes de la época en que se datan los primeros fósiles, unos 600 millones de años.

(12) La biosfera es una capa de agua líquida, en íntimo intercambio con la atmósfera y el suelo, donde surge y se mantiene continuamente la vida (de un modo que hay que entender históricamente) como el gobierno, desde sucesivos niveles de acción y experiencia, de la energía liberada en procesos de transformación química (molecular) gobernados por el nivel inferior biológico, por el protoplásmico.

nuevo modo de acción y experiencia: el surgimiento del ser vivo de nivel inmediato superior sobre la culminación evolutiva de las asociaciones dichas de individuos de nivel anterior — íntimamente cooperantes para aprovechar el alimento nuevo—; seres vivos que, en consecuencia, surgen —a semejanza de como hicieron los primigenios del nivel anterior— como heterótrofos; y se repite el ciclo.

Situación y carácter del nivel celular dentro de la evolución biológica

No obstante, a pesar de este carácter cíclico de los sucesivos niveles, el proceso conjunto de la evolución biológica muestra, por su parte, una unidad superior de desarrollo progresivo. Según esto, a cada uno de los tres actos (al de la evolución protoplásmica, al de la evolución celular, al de la evolución animal) le corresponde un cierto carácter que marca su impronta sobre la correspondiente parte de la biología evolucionista. De acuerdo con ello, el volumen I de nuestra obra, que versa sobre el origen, naturaleza y evolución de los individuos protoplásmicos y de sus asociaciones, esto es, sobre el origen de toda la evolución biológica, tiene cierto carácter básico, es el *planteamiento* de lo que, para nuestra naturaleza de hombres, se irá especificando de modo cada vez más preciso en las etapas sucesivas. El volumen II, que voy a glosar, estudia lo que podemos considerar el *nudo argumental* de toda la evolución biológica; en efecto, la evolución celular constituye la rampa evolutiva, recorrida por un modo de acción y experiencia propio del segundo nivel biológico (de gobierno del agua), que condujo desde el modo de acción y experiencia protoplásmico (de gobierno de moléculas) al modo de acción y experiencia animal. En fin, los volúmenes III y IV se dedicarán a lo que merece considerarse el *desenlace* de la evolución biológica, la evolución del tercer nivel biológico (el animal), no sólo porque el individuo autótrofo de este nivel, el hombre, sea el protagonista actual de la evolución biológica, sino por el hecho de que hay razones fundadas (que se desarrollarán con detalle en el volumen IV, como conclusión de toda la obra) para admitir que él es el ser vivo definitivamente superior de la evolución biológica terrestre (13), que —sin transformación de su naturaleza biológica esencial— será el protagonista del resto de ella en que irá conquistando (a través de quien sabe qué trastornos y conflictos) el manejo en provecho propio de todos y cada uno de los niveles de la realidad, mediante una comprensión cada vez más rica y profunda del proceso integrado de la evolución cósmica.

Así, pues, el rasgo distintivo, el provecho principal, que puede derivarse del estudio del origen, naturaleza y

evolución de las células y asociaciones de células (en una palabra, del nivel biológico intermedio), tema del volumen II de *La alimentación, base de la biología evolucionista*, es el de enfrentarnos dos veces con un proceso de tanto interés científico como es el surgimiento, sobre la evolución conjunta de lo inferior, de un nivel de la realidad; de un nuevo modo de acción y experiencia (dicho de otro modo, de un nuevo nivel de conciencia). En efecto, por una parte, el volumen II dedica su Sección Primera, al estudio lo más racional, concreto y detallado que me ha sido posible, de cómo se produjo, sobre la evolución conjunta del nivel inmediato inferior (el protoplásmico estudiado en el volumen I), el surgimiento de las primeras células, esto es, el origen filogénico de la célula, en una palabra al estudio del salto evolutivo del primer nivel biológico al segundo; por lo demás, el conocimiento de este proceso de origen es necesario para comprender la ontogénesis de cada célula y la naturaleza misma de ésta (14). Por otra parte, la Sección Tercera del volumen, dedicada a la evolución de las células y asociaciones de células, termina con el estudio de una asociación de células adaptadas a vivir de alimento propio ya de animal, alimento cuya utilización está fuera del alcance de una célula aislada y exige la actividad coordinada de células íntimamente cooperantes; la evolución de esta asociación, en su adaptación progresiva a su alimento peculiar, inició un nuevo salto de nivel, el último de la evolución biológica, desde el nivel celular al animal, salto cuya precisión final corresponde a la Sección Primera del volumen III, pero cuyas fases iniciales se estudian ya en el volumen II.

En consecuencia, el volumen I, dedicado al nivel protoplásmico, constituye la base indispensable para desarrollar (y estudiar) el II, dedicado al nivel celular; y, análogamente, el volumen II sienta la base necesaria del volumen III, dedicado al nivel animal. Esto nos puede dar idea de las exigencias de rigor de la ciencia evolucionista, comparadas con las de la ciencia experimental: son las de ésta potenciadas, por así decirlo, un grado más. En efecto, el estudio evolucionista de un nivel (por ejemplo, del protoplásmico) tiene que irse apoyando y satisfacer todos los hechos experimentales conocidos relativos al nivel; pero luego, además, la interpretación evolucionista (histórica, integradora y dinámica) conseguida ha de contrastar su validez con una piedra de toque radicalmente distinta, a saber, por su capacidad de dar cuenta detallada, causal, del surgimiento de lo cualitativamente distinto, superior, y así irse abriendo camino, paso a paso, penosamente, hacia el objetivo final de la ciencia: la concepción unitaria del cosmos, entender lo particular (¡y muy principalmente los focos de acción y experiencia y, entre ellos, nuestra individualidad humana!) en términos del todo (del universo en evolución) y viceversa. En concreto, el volumen II ha de servir de contraste (y plantear nuevas preguntas) al I, y darle su pleno significado biológico; y lo mismo habrá de ser el III respecto al II.

(13) Señalemos de paso que hay razones casi inapelables para pensar que en cualquier astro en que las condiciones del proceso del nivel molecular hayan permitido, como en la Tierra, el desarrollo de la evolución biológica, esta ha tenido que transcurrir forzosamente a lo largo de los tres sucesivos niveles de integración, protoplásmico, celular y animal; y ello como consecuencia de que todo el universo experimenta un proceso (básico del biológico) de evolución cósmica que, en todos los puntos del cosmos, recorre (cierto que sin isocronía) la integración sucesiva de los mismos niveles de integración inorgánica.

Claro que, según las circunstancias, puede diferir mucho (en un grado difícil de precisar) las manifestaciones estructurales de los niveles biológicos, pero creo que habrán de darse sucesivamente los tres, definidos por los mismos modos de acción y experiencia y con una individualidad sustentada por organismos, respectivamente, de la misma forma de energía que los de los tres niveles de seres vivos terrestres.

(14) Los *individuos, que constituyen los niveles de integración surgieron por primera vez como resultado culminante de la evolución conjunta del nivel inmediato inferior y se mantienen, en cuanto individuos que son, en trance permanente de desaparición, ya que se aplican en cada acto como un todo indivisible, de modo que vivir es una sucesión densa de actos discretos de surgimiento y aniquilación. Todos estos surgimientos incesantes, a lo largo de las eras y de los individuos, se producen siempre forzosamente sobre el nivel inferior, en su culminación evolutiva, por lo que la filogénesis de todo nivel, la ontogénesis de cada uno de sus individuos (por diferenciados que aparezcan), y su mantenimiento instante a instante, son, de hecho, el mismo proceso que no difiere de un caso a otro sino por la circunstancia histórica (de la estirpe, del individuo) en que se cumple.

Las fases sucesivas del salto de nivel desde el protoplasma a la célula

En el marco de un artículo no puede exponerse con un mínimo rigor este tema que exige una exposición larga y sobre la base indispensable del conocimiento del nivel biológico inferior, del nivel protoplásmico. Tengo, pues, que limitarme a señalar unas nociones que den al lector una primera idea de lo que he podido entender del origen de un nivel (en este caso el celular).

Excusado es decir que esta cuestión del surgimiento de un nuevo nivel como resultado culminante de la evolución conjunta del nivel inmediato inferior hubo de abordarse ya en el Volumen I de *La alimentación, base de la biología evolucionista*, al tratar, en su Sección Primera, del origen de los primeros individuos protoplásmicos. La estratificación en niveles de integración de toda la realidad nos impone que el surgimiento del primer nivel de ser vivo tuvo que producirse a partir de una evolución experimentada por el nivel inorgánico superior, en concreto, a partir de la evolución conjunta de una masa de moléculas endergónicas —que se habían producido previamente en la evolución geológica—. Todo cuanto sabemos nos dice que este proceso se inició al depositarse los primeros mares y que el agua líquida actuó: 1) acelerando la desintegración de la masa de moléculas endergónicas, en atmósfera (15), y 2) como ambiente molecular que sirvió de nexo entre las distintas reacciones de unas moléculas con otras constituyéndolas en un sistema reaccional que —a expensas de la disminución de la masa de tal material endergónico— inició una evolución (un cambio conjunto, progresivo) tal que fueron predominando las moléculas que se transformaban en (y resultaban de) el mayor número de otras, y mediante reacciones en las que se liberaba (o captaba) una cantidad de calor uniforme alrededor de un valor medio, en lo posible bajo. Así, en el seno del agua líquida (ambiente y reactivo común), la masa de moléculas endergónicas disueltas fue evolucionando hacia un sistema cada vez más dinámico y más uniforme energéticamente, capaz de producir un rendimiento creciente síntesis a expensas de reacciones de demolición. En dicha Sección Primera del Volumen I se procura inducir en los términos más concretos posibles (16), como pudieron transcurrir las frases principales del proceso: la constitución de asociaciones de moléculas (de moléculas vinculadas por valencias secundarias) y, en fin, el hecho crucial de que una de estas asociaciones llegase a producir (por la coordinación espaciotemporal de sus moléculas) un campo físico unitario, por la confluencia de los efectos ambientales determinados por las moléculas asociadas ante determinados estímulos químicos causados por moléculas del entorno. Este campo físico es el *organismo* protoplásmico, sede de la individualidad del ser vivo de primer nivel que, a su vez, va a poder vincular de modo nuevo las moléculas coasociadas, constituyéndolas en un soma, con lo que la

asociación devino una unidad, capaz de sostenerse por su propia acción y experiencia.

Pues bien, en la Sección Primera del Volumen II, ha podido estudiarse el segundo salto de nivel biológico (el surgimiento del nivel energético-material celular a partir del protoplásmico) de un modo mucho más rico en datos y más concreto de lo conseguido al analizar el primer salto de nivel que acabamos de recordar. El hecho es perfectamente explicable porque se refiere a un proceso más próximo, en todo un grado, a nuestro propio nivel de acción y experiencia; por la misma razón, el siguiente y último salto de nivel biológico (desde el nivel celular al animal) es susceptible de ser entendido con un grado de precisión todavía mayor. (Sin duda, parte de lo que se aprende en el análisis de cada salto de nivel posee —por la coherencia general de la realidad— carácter general y es aplicable, pues, a los demás niveles, de modo que lo conseguido en el estudio del surgimiento del nivel celular contribuirá a interpretar mejor el surgimiento del nivel protoplásmico). Sea como fuere, la comprensión del surgimiento de la célula (y por tanto de la naturaleza esencial de ésta, entendida por su origen) sólo resulta posible sobre una comprensión suficiente de la naturaleza y evolución del nivel protoplásmico; de este modo, su capacidad de servir de base a una primera interpretación racional del surgimiento de la célula, parece probar que la línea general de pensamiento seguida en el Volumen I es correcta (del mismo modo, digamos de pasada, que la validez del pensamiento que se está desarrollando en el Volumen II se contrastará muy principalmente por su capacidad de servir de base para entender el surgimiento y la naturaleza de los individuos del tercer nivel de integración biológico, de los animales).



(15) Impulsando, como luego habrán de hacer los seres vivos de los tres niveles, el aumento general de entropía en los niveles inorgánicos en la Tierra, para derivar parte de esta energía a revertir parcialmente tal proceso, en la disminución puntual de entropía que significa cada vida.

(16) A la luz de lo que hoy representa el material molecular en evolución (a saber el conjunto de metabolitos) y lo que hoy representa al nuevo nivel que resultó de la evolución (los individuos protoplásmicos del soma de las células actuales).

Dado que el margen conveniente para esta comunicación está ya tendido más de lo admisible, paso a dar una idea sumarisima de las fases sucesivas que nuestra interpretación distingue en el surgimiento del nivel celular, fases que, por su carácter, parece que tienen que darse en la misma secuencia en el surgimiento de los demás niveles biológicos; en particular, podemos adelantar que del mismo modo se entiende el origen del nivel animal (17).

El proceso evolutivo que nos ocupa (como una asociación de individuos protoplásmicos adquirió organismo, esto es, un campo físico unificador de la actividad de ellos) es un proceso corto en el que culminó la evolución paulatina de una determinada asociación. Esta evolución es el antecedente directo del surgimiento que nos ocupa; se trata de la evolución de una asociación de individuos protoplásmicos a la que las circunstancias coetáneas llevaron a adaptarse a un alimento fuera del alcance de todo individuo protoplásmico, pero que por la actividad cooperante de los individuos de la asociación podía transformarse en alimento protoplásmico: en una palabra a una asociación adaptada al primer alimento celular. Se trata de la asociación que se estudia en la Sección Tercera del Volumen I de *La alimentación, base de la biología evolucionista* con la designación de asociación heterótrofa de individuos protoplásmicos. Contrasta lo mucho que hemos podido rastrear de esta asociación (de su situación en la evolución del nivel protoplásmico y del progreso evolutivo de ella misma) (18) con la mera inducción, hecha al estudiar el origen del nivel protoplásmico, de que el proceso de maduración evolutiva de la masa ancestral de moléculas endergónicas en el seno del mar primitivo hubo de culminar en la formación de asociaciones de moléculas y éstas a su vez elevarse a constituir los individuos protoplásmicos primigenios (19).

Como introducción indispensable a la exposición sumaria del surgimiento del organismo celular (del nuevo nivel energético-material) voy a recordar las líneas principales de la evolución de la asociación heterótrofa de individuos protoplásmicos, que se estudia en el Capítulo 13 del Volumen I. En esta evolución se distinguen tres prolongados períodos:

1) La nueva asociación se inició por la adaptación de una asociación de individuos neoheterótrofos (20) al aprovechamiento de un tipo de alimento hasta entonces inaprovechable (restos de asociaciones de individuos protoplásmicos autótrofos, más complejos que α -aminoácidos) mediante la adaptación de *individuos protoplásmicos bordeales a una actividad digestiva e inversión de las corrientes metabólicas generales;

2) Establecimiento de una corriente dirigida de agua desde la boca de la asociación y que sale por los poros,

(17) Nos referimos en particular al origen filogénico (esto es al surgimiento de los primeros seres vivos de un nivel), pero podemos señalar, de pasada, que, dada la homología entre filogénesis y ontogénesis, las mismas fases sucesivas se deben producirse en el rápido proceso de surgimiento de la individualidad de cada ser vivo, en que culmina un previo desarrollo de una asociación de seres vivos de nivel inmediato inferior.

(18) Véanse los Capítulos 11 y 13 (páginas 463 a 518 y 575 a 620) del Volumen I de la obra citada.

(19) Volumen I, Parte Primera, Capítulo 2, páginas 171 a 173. El proceso de constitución del individuo protoplásmico se expone en las páginas 173 a 178.

(20) Individuos que aprovechaban con independencia α -aminoácidos resultantes de la descomposición espontánea de material protoplásmico muerto.

como resultado de la integración de innumerables efectos parciales que antes no se sumaban y que, al hacerlo, tienen la ventaja de favorecer el ingreso hacia la boca de la asociación del alimento, propio ya de la futura célula, al que se ha adaptado la asociación.

3) Formación, sobre la cara interna de la asociación, de una película lipoidea que determina dos porciones de agua: una capa fina entre la cara interna de la asociación y la película (capa que es la sede de los sucesivos medios de los individuos protoplásmicos) y la masa interior de agua delimitada por la película que queda protegida por esta de cambios químicos y de movimiento (y que, así, quedó en condiciones de constituirse el sustrato material del esbozo del estímulo celular, del que luego se diferenciaría el organismo celular).

Pues bien, cuando la asociación heterótrofa de individuos protoplásmicos adquirió al fin esta estructura — con que culminó la evolución del nivel protoplásmico, tal como se desarrolló en el Volumen I — quedó en condiciones de experimentar el proceso, en nuestra opinión rápido, del que surgiera, sobre ella, el nuevo nivel de integración energético-material: la primera célula. En esta inflexión evolutiva se han podido distinguir tres momentos, que probablemente han de darse en el mismo orden en el surgimiento de los tres niveles biológicos, momentos que se han estudiado sucesivamente en los tres primeros capítulos del Volumen II que constituyen su Sección Primera dedicada al origen filogénico de las primeras células. Con la mera enunciación de los tres momentos y de su significación terminamos este arduo trabajo de síntesis:



Primer momento: de surgimiento del esbozo del estímulo celular: Dado que el núcleo inicial del medio de todo ser vivo (en la filogénesis y en la ontogénesis) es el alimento, el esbozo del estímulo propio de la futura célula tuvo que ser una alteración del ambiente hídrico de la asociación heterótrofa, causada por efecto de la actividad de unos individuos de la asociación (provocada de algún modo por alimento propio de la célula), y que, al incidir en los medios de los otros individuos coasociados, pueda ser percibida por ellos para que respondan al unísono de modo conveniente establecido por su acción y expe-

riencia. A este fin, el estímulo así producido tiene que tener un alcance mayor y transmitancia con más rapidez que los protoplásmicos, a los que, como se ha dicho, ha de condicionar.

En la asociación heterótrofa, ancestral de la célula, el estímulo supraprotoplásmico sólo pudo consistir en cambios de estado de la bolsa hídrica interior provocados por ácidos orgánicos producidos por los individuos protoplásmicos en su zona de actividad asociativa. Así, pues, el esbozo de estímulo celular era puramente interno (21) y consistía en ondas de cambio de pH que recorren la bolsa hídrica interior y que son producidas por las oscilaciones de la actividad asociativa provocadas por la llegada de alimento celular y que, por ello, pueden constituirse en señal simultánea de esta llegada para todos los individuos coasociados y facilitar así su actividad cooperante. Los estímulos celulares se emiten, pues, mediante la película lipoidea que puede así considerarse como el organelo primogenio del estímulo celular.

Segundo momento: de surgimiento del esbozo de acción celular: El esbozo físico de lo que será estímulo celular no pudo actuar de estímulo general para los individuos protoplásmicos (no pudo alcanzar intensidad suficiente, ni, sobre todo, significación de estímulo) hasta que no actuaron al unísono, ante el alimento celular, todos los individuos protoplásmicos de las distintas líneas de descendencia. Cuando todos los individuos protoplásmicos digestores de la boca de la asociación cooperaron constituyendo entre todos el organelo digestor, comenzó a producirse cada vez más sincrónicamente la actividad asociativa (provocada por el alimento celular) de todos los individuos de la asociación, es decir surgió el esbozo de la acción celular (una penetración pulsátil de agua, vectora de alimento celular, al compás del estado alimentario general de la asociación). Pues bien, cuando esto se produjo el esbozo físico del estímulo podía actuar ya de estímulo, pero no todavía del individuo celular (que aún no existía), sino directamente sobre todos los individuos de la asociación que así cooperaban al unísono en la realización del esbozo de la futura acción celular.

Tercero y último momento: surgimiento del organismo celular y con ello del nivel celular. El hecho de que, ante todos los individuos protoplásmicos, se activaran a la vez sus estímulos protoplásmicos por el esbozo del estímulo celular supuso un gran progreso para la asociación heterótrofa en su difícil aprovechamiento del alimento celular; en consecuencia, constituiría entonces la ventaja selectiva principal para la propagación de la asociación todo cuanto favoreciese la eficacia y la regularidad de significación del estímulo celular. Esta línea de progreso hubo de conducir (del modo que expongo con detalle en el Capítulo 3 del Volumen II, o de otro modo viable que pueda proponerse) a la diferenciación del organelo del estímulo celular —a saber, de la película lipoidea mediante la que actúan las zonas de actividad asociativa de los individuos protoplásmicos de la asociación— en dos porciones: la de un grupo de individuos especializados en producir el estímulo celular y en responder cooperando a la debida acción celular; y la formada por los indivi-

duos restantes especializados al principio en amortiguar el estímulo para mantenerlo entre los márgenes de intensidad conveniente. Pues bien, el límite al que tendía el perfeccionamiento de esta diferenciación parece que hubo de ser que la segunda porción se especializara en reaccionar a todo estímulo celular restableciendo un determinado campo de pH, frente al que adquirieran significación cada vez más matizada los distintos estímulos celulares.

Este campo físico (circunscrito a la masa hídrica interior dicha de la asociación), *campo, pues, de la misma naturaleza que el estímulo celular* (un campo de gradientes determinados de pH) es el organismo celular, **unidad de acción contrapuesta, mediante el estímulo celular (unificador de los estímulos del nivel inferior), al *todo en evolución.* Me parece que al llegar aquí nos encontramos con la inflexión principal, con el hecho crucial, en que se manifiesta una ley general de toda la realidad que preside y da cuenta de toda la evolución: a saber, cuando, de nivel en nivel, se origina uno de estos campos físicos circunscritos (**organismos*) que es el resultado directo de la evolución y que, como tal, está enfrentado continuamente con el efecto más integrador de ésta (a saber, el estímulo del nivel correspondiente, en nuestro caso el estímulo celular) parece imponérsenos que tal *resultado pasivo* se convierte en *agente*, (esto es, en un foco de **acción y *experiencia*) de un nivel de integración energéticomaterial superior a los anteriores; nivel que —en cada individuo— se realiza en una sucesión de actos, en cada uno de los cuales aplica un **cuanto* de libertad que le permite resurgir continuamente influyendo sobre el todo en evolución, en concreto, sometiendo el entorno a medio, esto es, organizándolo en cauce cada vez más eficaz de energía ambiental (de alimento) hacia sí mismo, que, de este modo, desde el momento de constituirse pasa a ser el protagonista de la evolución al que, desde entonces, le corresponde la iniciativa en la conducción de la evolución, iniciativa que siempre tiene la férrea limitación de mantener en su plenitud evolutiva el nivel inferior del que continuamente ha de surgir aquél.

Nos encontramos, pues, ante la *historia natural de la acción y experiencia* (si se quiere, de la conciencia) en sus sucesivos niveles de estratificación, de los que el animal (y, dentro de este, el hombre) constituye la forma más alta. Basta enunciar el tema para entender que es el objeto genuino de la biología, que sólo puede ser abordado, en función del todo, esto es por la biología evolucionista (22). Tal es, en consecuencia, el papel esencial que en la comprensión de la naturaleza nos ofrece el estudio de los niveles de integración, que surgen continuamente unos de otros —en un dinamismo incesante— en un proceso (mantenido por el todo) de estímulos y organismos, que de hecho gobiernan y permiten entender en cada caso, la estratificación de los somas, de los medios y de los ambientes respectivos. Dicho en breves palabras, la delimitación rigurosa de los niveles de integración nos descubre el proceso de surgimiento de la capacidad de experimentar de la naturaleza en cada uno de ellos, que no es sino la otra cara de su propiedad de ser experimentada, ambivalencia de aspectos propia del universo en toda concepción rigurosamente monista.

(21) Como corresponde al hecho de que inicialmente todo medio se reduce al alimento que está, por tanto, siempre en relación inmediata con el ser vivo in statu nascendi.

(22) Y, *mutatis mutandis*, de toda la realidad inorgánica, por la ciencia evolucionista.