

## Prólogo

Significación de la técnica de los reflejos  
condicionados para entender el origen  
y naturaleza de la actividad animal



*Razones que han determinado que este libro de un psiquiatra lleve una introducción biológica*

El título de este libro del Dr. Colodrón da una idea clara de su propósito. Pretende exponer los hechos en que se basa una escuela médica cuyo exponente principal es Pavlov, así como los conceptos ganados por ella sobre la actividad animal (humana) y sobre los trastornos de este modo de actividad.

El mérito decisivo de tal escuela radica en el método de los reflejos condicionados, puesto a punto por Pavlov, que permite actuar congruentemente sobre la actividad animal y humana como un todo —sobre la psique animal o humana—, y, así, modificar reversiblemente la conducta, en su doble aspecto (por lo demás inseparable) interno y externo. Con esta técnica, aplicada de diversos modos, se ha demostrado la dependencia en que todos los procesos fisiológicos se encuentran con respecto a la actividad del animal como un todo. Aplicando la misma técnica se ha conseguido también trastornar la psique animal.

Utilizando la técnica de los reflejos condicionados se ha descubierto un riquísimo acervo de hechos experimentales de fisiología y patología. Este acervo no se limita a enriquecer nuestros conocimientos de estas ciencias, sino que lite-

ralmente constituye el *primer sistema de fisiología y patología del organismo animal (y humano)*. La mayoría de los restantes hechos fisiológicos conocidos se refieren a procesos parciales que afectan a procesos metabólicos, a organelas subcelulares, a células, a tejidos, a vísceras, a sistemas de órganos, etc.\* sin entender cómo están presididos (en fisiología) por la actividad unitaria del organismo, o cómo afectan (en patología) a esta actividad unitaria. No hay pues que insistir en que todo médico y biólogo actual necesita conocer los hechos de fisiología y de patología establecidos experimentalmente aplicando la técnica de los reflejos condicionados.

Esta necesidad la satisface con mucha dificultad el médico de habla castellana por varias razones: por el hecho de que los datos se hayan descubierto e interpretado en lo fundamental por investigadores rusos de cuyos trabajos tenemos información parcial, inexacta y anticuada; en segundo lugar, por la dificultad de extractar una enorme suma de publicaciones en que se recogen técnicas variadas y ajenas a nuestra experimentación fisiológica y patológica habitual y en las que, además, se ha desarrollado una compleja terminología propia; y, por

\* Nótese de paso el carácter heterogéneo de esta enumeración donde, junto a las células (organismos, como el animal mismo, con un modo de acción unitario), se enumeran, sin que, a primera vista, nos repugne, meros conjuntos de células desprovistos de actividad unitaria (tejidos) o artefactos somáticos del proceso ontogénico (organelas subcelulares, vísceras, sistemas de órganos, etc.)

último, porque la escuela pavloviana ha elaborado toda una interpretación de la «actividad nerviosa superior» que disiente de nociones vigentes en el ámbito cultural de nuestros médicos.

El Dr. Colodrón se dio clara cuenta de la necesidad de contribuir a dar a conocer a los médicos de nuestra lengua «los fundamentos fisiopatológicos de la medicina córtico-visceral» (que es como denominan los pavlovianos su propia concepción médica), así como de las dificultades señaladas que existen para difundir bien este conocimiento. Este libro que prologo vence estas dificultades por tres razones:

En primer lugar, porque su autor posee un amplio conocimiento del tema sobre el que ha reflexionado con gran continuidad y que ha contrastado en su práctica clínica durante años.

En segundo lugar, porque ha conseguido una exposición didáctica que confirma su perfecta asimilación del tema. No ha olvidado nada esencial y ha sabido prescindir de detalles que pudieran romper el hilo del pensamiento. Así consigue ofrecer una visión de conjunto, bien estructurada, de los descubrimientos e interpretaciones de la escuela pavloviana, de la que el lector puede completar pormenores con ayuda de la bibliografía bien seleccionada y clasificada.

En tercer lugar, el autor se adscribe al pensamiento de Pavlov que considera la base más importante para el establecimiento de una psiquiatría científica. Ahora bien, procura no dejarse sumergir en este pensamiento, y se esfuerza en percibir sus limitaciones —propias de

todo lo humano— a fin de beneficiar el progreso potencial que guarda el pavlovismo. Pavlov, como todo descubridor de una verdad importante, tal vez haya sufrido cierta limitación o deformación de pensamiento, por la proximidad de ella. El Dr. Colodrón procura asir en su justa perspectiva la verdad pavloviana, con el contraste del pensamiento de otras escuelas, para vislumbrar horizontes más amplios. Esta independencia respecto a Pavlov, este intento consciente de superar las nociones de Pavlov (llevándolas al nivel que pide la época, y siguiendo la dirección marcada por él) se aprecia particularmente: *a*) en la crítica de la estratigrafía de los sistemas de señales de Pavlov (capítulo V) y de la tipología humana establecida por el investigador ruso como corolario de dicha estatigrafía (capítulo VI); *b*) en el modo particular de concebir las neurosis humanas (capítulo VI); *c*) en su crítica al modo de actuar los estímulos verbales (capítulo V); *d*) en su postura crítica ante los conceptos pavlovianos de patología córtico-visceral, de actividad nerviosa superior, de reflejos condicionados e incondicionados; etc.

\* \* \*

Las páginas que siguen son la proliferación inesperadamente extensa de un prólogo que me fue solicitado hace unos meses. Basta leerlas para comprender que no se trata de un prólogo protocolario sino que obedece a una cierta necesidad interna que deseo razonar en dos palabras.

Puede extrañar que un psiquiatra pida una

introducción para un libro de su especialidad a un biólogo general. El hecho no sólo está justificado sino que concuerda con el único modo posible de elevar la psicología y la psiquiatría al nivel científico: apoyándolas en el pensamiento biológico superior.

Los psiquiatras, como los demás médicos, no tratan enfermedades sino organismos enfermos. Fundamental para tratar un organismo enfermo es conocerlo; pero también un modo esencial de conocerlo es entender cómo se trastorna. Ello, sin más, explica que la problemática del Dr. Colodrón y la mía convergieran, desde puntos de vista distintos y con distintos propósitos e información, sobre un mismo objeto de conocimiento: el modo de acción definidor del organismo animal (y humano). Luego veremos que hay dos modos esenciales de conocer un organismo: *a*) entender cómo se mantiene en actividad y *b*) entender cómo se sale de su actividad regular (cuáles son los límites del mantenimiento de su equilibrio). El primer método remite forzosamente a la comprensión del medio de un organismo y a la de la relación de tal organismo con su medio; el segundo, a la comprensión del surgimiento conjunto de un organismo y su medio como culminación de la evolución conjunta de organismos de un nivel inferior y sus medios correspondientes.

Ambos conocimientos exigen un planteamiento biológico general que no consigue (y, es más, tras el que no se esfuerza) la escuela de Pavlov, pero que echaba de menos el Dr. Colodrón. De este planteamiento se ocupa la introducción que sigue.

## *El concepto de organismo y los distintos tipos de organismos vivos*

Es indudable que el animal es un organismo; esto es, pertenece a un tipo de seres particular o determinado que intuimos que se diferencia muy especialmente de los que no lo son. Al final de este prólogo procuraremos dar una definición evolucionista de organismo y en particular de organismo animal; esto es, una definición basada en el modo de originarse y mantenerse el organismo en términos de procesos del resto de la realidad. Para empezar hemos de limitarnos a ofrecer una definición puramente descriptiva, pero lo bastante rigurosa para distinguir los organismos de los seres con otro tipo de coordinación entre sus partes (por ejemplo, de una roca, de una silla, de una máquina, etc.).

Definiremos como organismo, a todo ser de naturaleza unitaria, esto es, definido por un modo integrado de acción que lo mantiene en constante interacción con su medio. Con la expresión compendiada de que el organismo posee un modo integrado de acción, significamos que:

1) está definido por un sustrato físico real de naturaleza distinta de los sustratos físicos de todos los procesos internos, parciales, del organismo (por ejemplo, el sustrato físico de la actividad

animal es distinto del sustrato físico de la actividad de sus células y en particular de las neuronas);

2) dicho sustrato físico constituye un todo delimitado del medio, esto es, un campo circunscrito, establecido internamente;

3) este campo no verifica en cada instante más que un solo acto (gracias a ello los individuos animales y, en particular, los humanos poseen continuidad de existencia);

4) estos actos, cuya sucesión lineal constituye la actividad de un organismo, consisten en la regulación por el organismo de la actividad de otros organismos, de un nivel de integración inmediato inferior (la actividad animal regula actividad celular —neuronal—); y

5) el acto es el que lleva a que el campo físico, definidor del organismo, se automantenga frente a influencias del medio, cargado de su energía potencial que le permite actuar.

De lo anterior se deduce, sin más, que el animal no es el único tipo de organismo vivo. No es sino el tipo superior de organismo vivo, cuya actividad integrada se mantiene sobre el gobierno de la actividad de otros organismos de menor complejidad. Hay organismos vivos de menor complejidad, que se conocen con vida independiente (la célula), o que se postula la poseyeron al comienzo de la evolución biológica (el protoplasma) y que, en todo caso, persisten en el interior de los animales conservando su individualidad. Los modos de acción cualitativamente distintos que definen a los distintos tipos de organis-

mos vivos son pocos; en mi opinión, el protoplásmico, el celular, el animal.\*

La tarea básica del biólogo es entender en qué consisten estos modos integrados de acción; dicho de otro modo, es definir por su actividad los diversos tipos de organismo. Para ello ha de investigar cómo dependen de los inferiores (cómo surgen de ellos y cómo los gobiernan) y cómo, sin embargo, se mantienen constituyendo individualidades independientes de ellos, alojadas en un medio al que no tienen acceso seres de otros modos de acción. Puede decirse que la comprensión profunda de estos hechos proporciona el dominio de coordenadas generales de la biología desde las cuales se pueden orientar fácilmente innumerables problemas particulares. Se comprende, pues, que no haya para un biólogo ningún problema de más interés, que el del conocimiento de la actividad protoplásmica, de la actividad celular y de la actividad animal y de las relaciones entre los tres tipos básicos de actividad biológica.

### *Los dos métodos posibles para estudiar los modos de acción de los organismos*

¿Cómo puede abordar la biología el estudio

\* A semejanza del animal, el protoplasma y la célula fueron en un tiempo los seres superiores de la biosfera sostenidos por sendos modos integrados de acción. Pero, además, aún dentro de los organismos superiores, cada porción de protoplasma y cada célula se automantienen como individuos por sus respectivos modos de acción.

de estos tres tipos básicos de actividad (protoplásmico, celular, animal)? A mi modo de ver, hay dos métodos fundamentales con que abordar el estudio de un modo de acción biológico; por lo demás, estos dos métodos, por la unidad del objeto que estudian, se complementan y convergen.

*El primer método* consiste en descubrir la naturaleza de los procesos exteriores que son coherentes con el ser que se estudia. Estos procesos se distinguen de todos los restantes de la realidad por el hecho de que modifican reversiblemente el ser en cuestión y, a su vez, son modificables por él; estos procesos constituyen, por decirlo así, el sustrato del modo de acción peculiar de un determinado ser vivo. Cuando un experimentador conoce estos procesos, al aplicarlos al ser correspondiente lo modifica de modo tal que se recupera por sí solo y sin daño; es decir, el investigador consigue resultados reversibles y, por tanto, cuantificables.

*Consideremos ahora el segundo método*, que atiende preferentemente al interior del ser vivo en vez de a su entorno. Todo ser vivo, todo organismo genuino, es un campo físico, de naturaleza distinta para cada tipo de ser, que se automantiene cargado de energía potencial sobre la actividad de seres de niveles de organización gradualmente decrecientes que integra en su interior (si no fuera así el organismo se confundiría con el medio). La actividad animal se automantiene sobre la actividad celular; la actividad celular sobre actividad protoplásmica; la actividad pro-

topoplásmica (el nivel biológico inferior) sobre actividad molecular, etc. Estos sucesivos modos de actividad (precisamente por ser cualitativamente distintos) se relacionan unos con otros de modo constante, pero irreversible, no cuantificable. Esto significa que si se actúa sobre un nivel con tal intensidad o persistencia que la alteración provocada no se autocorrija dentro de él mismo, sino que repercute sobre el nivel de arriba o sobre el de abajo, los trastorna irreversiblemente. Se puede aprender mucho sobre el modo de acción de un nivel dado (protoplásmico, celular, animal) observando el trastorno patológico determinado en dicho nivel por alteraciones patológicas de los niveles contiguos. De este modo la patología se constituye en ciencia básica de la biología general.

Dedicaremos este prólogo a señalar cómo la biología puede aplicar uno y otro método a desentrañar la verdadera índole de la actividad animal (y, como caso particular, de la actividad humana).

*El primer método de estudiar la actividad animal. La técnica de los reflejos condicionados y su significación biológica*

En nuestra opinión, Pavlov cuenta entre los más grandes maestros de la ciencia experimental. Convencido del postulado, básico de la ciencia experimental, de que todos los fenómenos son inteligibles en términos de procesos de la realidad, esto es, que resultan de una concatenación determinada de causas y efectos, se propuso someter a experimentación la actividad animal (la psique o mente animal). Puede decirse que lo logró mediante la técnica de los reflejos condicionados.

La técnica de los reflejos condicionados actúa sobre la actividad animal por el primero de los dos métodos posibles de estudiar un tipo dado de organismo. Esta técnica enseña, en efecto, a manejar procesos exteriores al sistema nervioso del animal (estímulos procedentes de su medio externo o interno) de un modo coherente con la actividad animal, esto es, modificando reversiblemente la conducta.

Pavlov fue el primer fisiólogo que se propuso experimentar con el animal íntegro, intacto, esto es, modificar su comportamiento exterior y fisiológico de modo previsible y cuantificable. Al conseguirlo, sometió a experimentación rigurosa un

tipo de ser, antes inabordable por la ciencia: el individuo animal. Si definimos la fisiología como la ciencia del funcionamiento del organismo animal, puede decirse que fue el primer verdadero fisiólogo, ya que fue el primero en enseñar cómo se correlacionan los procesos parciales internos del organismo animal, unos respecto a otros, gobernados por la actividad integrada animal; y, sin duda, esta actividad integrada, es algo cualitativamente distinto de los procesos parciales. En una palabra, la técnica de los reflejos condicionados constituye un acceso fundamental por el que la ciencia irrumpe en todo un nivel de la realidad (en la actividad animal). La gloria de Pavlov es, pues, comparable a la de los grandes químicos (que podemos personificar en Lavoisier) que ocuparon científicamente otro nivel de realidad, el molecular, sometiéndolo a acciones reversibles y cuantificables.

Para destacar debidamente el valor científico de Pavlov nos interesa señalar que, teniendo en cuenta que el animal es un organismo, es decir, posee un modo integrado de acción definido por las cinco propiedades enunciadas al comienzo de este prólogo, puede afirmarse que la *técnica de los reflejos condicionados constituye el modo general y exclusivo de influir coherentemente sobre el animal.*

Estableciendo reflejos condicionados (como lo ha demostrado la escuela de Pavlov) se puede influir en las más diversas relaciones exteriores y en las más diversas funciones internas del animal. Pero este hecho nos indica algo más profundo: la unidad íntima de cada animal, que hace que una misma actividad gobierne la vida

de relación y las funciones fisiológicas internas. Todos los procesos del animal están presididos por reflejos condicionados, son reflejos condicionados. De hecho, la clasificación en procesos de relación y procesos internos es artificial; la vida de relación y el orden interno son inseparables y complementarios. El progreso en la capacidad de tomar nota de lo externo exige y permite un perfeccionamiento de las funciones mal llamadas vegetativas; y la vida de relación y la vida «fisiológica» están gobernadas, dentro de un proceso continuo e indisolublemente unitario, por un mismo sistema nervioso.

Por otra parte, la técnica de los reflejos condicionados conviene al hombre del mismo modo que a los animales. En el hombre, toda la fisiología y la vida de relación se resuelven en reflejos condicionados y en nada más que en ellos. Hecho que, digamos de pasada, significa que, en cuanto a la índole de su modo integrado de acción,\* el hombre no difiere de los animales.

Es, pues, evidente que la técnica de los reflejos condicionados tiene el enorme interés médico de que estudia experimentalmente la subordinación de todos los procesos fisiológicos a la actividad animal.

*Interpretación de la actividad animal  
por Pavlov y su escuela*

Pero aunque la técnica de los reflejos condi-

\* El hombre difiere cualitativamente de los demás animales de un modo que no es éste el lugar de discutir.

cionados sea —como hemos visto— el único método coherente para operar sobre la actividad animal, la aplicación de esta técnica y la observación de los resultados no basta para que entendamos dicha actividad. El animal no es obra del hombre, y, por tanto, su naturaleza no se puede entender en términos de mera actividad humana. Para explicarse en qué consiste el animal y el modo integrado de acción que lo define, hay que inducir, de los resultados de la actividad humana, cuáles son los procesos naturales: *a*) que mantienen y dirigen la conducta animal y *b*) que originan el animal mismo y su actividad. Concretamente hay que explicar, por consiguiente, *a*) cómo se producen los estímulos que originan, mantienen y modifican los reflejos condicionados en estado natural y *b*) qué son los reflejos condicionados mismos. ¿Qué piensa la escuela de Pavlov de estos dos importantes problemas?

\* \*

Con respecto a la primera cuestión, la escuela de Pavlov no da indicaciones precisas. Pavlov, claro es, afirma que el medio natural ofrece estímulos a los que el animal ha de ajustarse creando reflejos condicionados. Pero no se pregunta cómo lo hace; falto de pensamiento genuinamente evolucionista o dialéctico, considera el medio como algo informe y lleno de infinitas circunstancias en que están inmersos los animales que evolucionan ajustándose a él. No es así; la naturaleza está sometida a una evolución coherente que permite y explica los seres. Cada animal tiene su propio medio coherente que da cuenta de sus

cualidades, de su conducta; y todos los medios de los diversos animales están estructurados dentro de la evolución conjunta de la biosfera. Para comprender cuál sea el medio de un animal hay, pues, que buscar cómo la realidad en torno al animal está organizada para ofrecer estereotipos de estímulos capaces de crear los estereotipos de conducta del animal. Pavlov y su escuela no se plantean la pregunta y desaprovechan la posibilidad que la técnica de los reflejos condicionados brinda para entender el medio animal y su evolución. Puede decirse que, a este respecto, no se elevan los pavlovianos a una problemática evolucionista.

\* \*

Pasando al segundo problema, ¿qué son los reflejos condicionados para la escuela de Pavlov? Ante todo, opinan acertadamente que los reflejos condicionados son la función misma del sistema nervioso. Hemos, pues, de preguntarnos cómo esta gran escuela de fisiología entiende el modo de funcionar el sistema nervioso central y, en particular, la corteza cerebral.

Pavlov, muy acertadamente, primero procura entender la unidad funcional elemental de sistema nervioso y, luego, sobre la base que le ofrece este estudio analítico, intenta elevarse a la comprensión del modo de funcionar el sistema nervioso como un todo. Según una idea anterior, con firme base experimental, la *unidad funcional nerviosa es el arco reflejo constituido por una cadena lineal de células* (célula sensorial, neurona aferente, neurona o neuronas intercalares,

neurona eferente y célula efectora —muscular o secretora—); un proceso del medio que estimule a una célula sensorial pone en marcha una cadena de estímulos sobre las sucesivas células, que determina, por último, la contracción (o, en su caso, la secreción) de la célula efectora. Ahora bien, este proceso, en cadena, que recorre esta serie de células se produce, evidentemente, al nivel de organización celular (no animal). Puede observarse en una preparación aislada de nervio y músculo. Cada célula, al excitarse, modifica su medio hídrico y esta modificación estimula la célula siguiente, etc. El arco reflejo, considerado aisladamente, plantea el problema de cómo se estimula una célula, cómo una célula emite un estímulo (sin duda humoral) que actúa sobre otra célula, y en qué consiste la excitación celular y, en concreto la neuronal. El problema, pues, con que se enfrentó Pavlov fue entender cómo la actividad animal actúa sobre la actividad celular de estos arcos reflejos, y, en último término, qué sea la actividad animal.

Pavlov creyó encontrar la solución en el condicionamiento de reflejos, que, en primera aproximación, interpretaba del modo siguiente: cuando se excitan simultáneamente dos arcos reflejos (principalmente dos arcos reflejos largos con neuronas intercalares situadas en la corteza cerebral) se produce el fenómeno notable —siempre según Pavlov— de que se establece un *nuevo arco reflejo* constituido por la rama aferente de uno de los anteriores (arco condicionado) y por la eferente del otro (arco condicionante). De este modo, Pavlov, sin despegarse de su conocimiento analítico del sistema nervioso —en este no

despegarse radica su fuerza, pero también su debilidad— *remite la explicación del condicionamiento de reflejos a una propiedad de las neuronas intercalares*, principalmente de las neuronas intercalares de la corteza cerebral, que, con toda propiedad, podría denominarse de asociación optativa o múltiple.

La interpretación que da Pavlov a los reflejos condicionados nos enfrenta, al fin, con su noción de la actividad animal, ya que esta aptitud postulada de las neuronas intercalares de la corteza cerebral, de asociarse «potestativamente» en diversos arcos reflejos, no se puede ejercer a capricho, ni siquiera en beneficio directo de ellas, sino en beneficio del organismo animal de que forman parte. Para Pavlov, las neuronas intercalares, cuando se excitan, crean, a su alrededor, verdaderos campos de excitación que, de un modo no del todo inteligible, determinan campos de excitación e inhibición en otros lugares de la corteza; de este modo, en todo momento, existe—por mediación de estos campos— una perfecta coordinación en los estados de excitación e inhibición de las innumerables neuronas de la corteza: esta coordinación es lo que, según Pavlov, determina, en cada momento, sobre cuál otra neurona intercalar influye una determinada, esto es, cuál es el arco reflejo en que participa ésta. Por otra parte, los estados de excitación de cada punto de la corteza, no son persistentes, sino efímeros; en cada punto se suceden, con un ritmo variable, fases de excitación o de inhibición que influyen y son influidos por el coorden general de estados en el resto de la corteza cerebral. Para Pavlov, esta coordinación de activi-

dades de las neuronas de la corteza cerebral se confunde con la actividad animal. Dirige, como hemos señalado, las acciones musculares y secretoras determinando los arcos puestos en actividad en cada momento; y, por otra parte, se modifica según cuál haya sido la actividad previa animal, ya que la asociación de estímulos y la consiguiente coincidencia en el tiempo de dos arcos reflejos modifica, al parecer, la resonancia mutua que tienen las neuronas intercalares de los respectivos arcos reflejos.

*Aspectos positivos y negativos  
de la interpretación pavloviana  
de la actividad animal*

El marco de este prólogo no me permite sino apuntar sumariamente los aspectos positivos y negativos que veo en la interpretación que Pavlov hizo de la actividad animal y que, prácticamente sin modificar, acepta su escuela.

\* \*

Veamos, para empezar, el aspecto *positivo* de esta interpretación. He de tener el valor de manifestar sinceramente que considero equivocado el modo que Pavlov tiene de entender la actividad animal. Pero a la vez quiero destacar lo mucho de positivo y de bien orientado que hay en el propósito que persigue su interpretación. Podríamos decir que ésta apunta más certeramente a la verdad que ninguna otra, aunque sin conseguir dar en el blanco.

Creo que ningún hombre de ciencia puede

negar que el pensamiento de Pavlov se orienta correctamente en estos puntos de su teoría:

1) en considerar potencialmente inteligible la actividad animal, esto es, en procurar explicarla en términos de otros procesos de la realidad;

2) en hacerla depender precisamente de procesos que transcurren dentro de las neuronas;

3) en considerar esta actividad intraneural, no aisladamente, sino influida por un cierto entorno común, propio de ella (en su teoría este entorno está constituido por campos de excitación e inhibición, determinados por los estados de actividad de las neuronas corticales, y que influyen sobre estos estados);

4) en considerar, asimismo, la actividad conjunta del animal en términos de procesos de su medio (en términos de cómo se coordinan en este medio del animal los estímulos de los reflejos); y

5) en buscarle un sustrato físico a esta actividad (Pavlov parece encontrarlo en la coordinación general de las influencias recíprocas de unas neuronas corticales sobre otras, coordinación que, a su vez, se remite al establecimiento por las neuronas de distintas rutas de asociación entre ellas).

Estos cinco puntos están bien orientados, desde el punto de vista científico, en cuanto que:

1) tienden a explicar la actividad animal (diríamos el «ánima» del animal) en términos de otros procesos de la realidad;

2) los remiten a actividad de células nervio-

neuronas que «entran en actividad» y hacen «entrar en actividad» a otras neuronas. Según la teoría de Pavlov, las neuronas tienen dos modos de coordinar entre ellas su actividad celular, pero ninguno de ellos con más razón que el otro puede ser el sustrato de la actividad del animal como un todo.

Algo, pues, no acaba de puntualizarse en las hipótesis de esta teoría, en la que se confunden (bajo las designaciones equívocas de actividad nerviosa o de actividad cortical) dos modos integrados de acción que, por corresponder a dos organismos, genuinos ambos, pero de distinto nivel de complejidad (la célula, el animal), necesariamente han de ser claramente unitarios cada uno y claramente distintos entre sí. Por otra parte, es esencial distinguirlos, ya que el modo de acción animal se sostiene necesariamente sobre el modo de acción celular, y, precisando más, sobre la interacción de un tipo determinado de células, la neurona. En la neurona, pues, confluyen y se interinfluencian sin confundirse dos modos integrados de acción, el celular y el animal.

Sólo por una consideración evolucionista podrán distinguirse entre sí estos dos modos de acción. Así, pues, con el propósito de entender el modo de acción y la conciencia animal, voy a exponer cómo entiendo el surgimiento de la actividad animal como culminación de la evolución de ciertas interacciones celulares en organismos antepasados de los animales. Pero antes de entrar en ese tema hemos de considerar a la neurona como célula.

## *Características de la actividad celular en las neuronas*

Una neurona es una célula y, en consecuencia, posee el modo de acción común a todas las células y que las distingue del modo de acción de cualquier otro ser (y, en particular de los otros organismos biológicos, el protoplasma, el animal). Por otra parte, una neurona es un tipo especial de célula en el que el modo de acción celular presenta unas características especiales (análogamente a lo que sucede en todos y cada uno de los tipos de células).

La neurona, como toda célula, mientras vive está definida por un campo eléctrico que se auto-mantiene cargado de energía potencial. Esta carga de energía potencial es lo que permite que la célula reaccione continuamente como un todo a ciertas influencias del medio conservando su individualidad de organismo. Ni que decir tiene que este campo continuamente tiende a deshacerse, por lo que toda célula, también continuamente, ha de aplicar energía exterior al trabajo interno de mantenerlo (concretamente, mediante transformaciones químicas gobernadas por el modo integrado de acción inferior al celular, por el modo de acción protoplásmico).

Lo anterior significa que en toda célula existen puntos que constantemente mantienen entre ellos \* un cierto desnivel de potencial eléctrico que establece corrientes intracelulares dirigidas

\* Repitamos, en virtud de actividad protoplásmica (enzimática).

de iones. Estas corrientes eléctricas intracelulares (en continuo proceso) se aplican al desempeño de todas y cada una de las actividades en que participe la célula como un todo.\* Por ejemplo, a este campo eléctrico general se deben: el establecimiento y mantenimiento de la estructura celular (de la diferenciación de zonas y organelas); la composición en electrolitos del líquido intracelular (constante para cada tipo de células y distinta de la del líquido extracelular); la entrada y salida del agua intracelular; el proceso de división de las células; el movimiento ameboideo; la fagocitosis, la secreción celular; las interacciones celulares mediante hormonas; la contracción muscular; la transmisión del impulso nervioso (que nos interesa especialmente); etc.

Para mantener su campo eléctrico (que se eleva en ciertos puntos y que desciende en otros respecto al nivel, neutro, de su medio hídrico) la célula tiene que ajustar continuamente su actividad a variaciones de dicho medio suyo. Estas variaciones para todas las células (sin exceptuar las neuronas) son siempre:

1) alteraciones de la concentración absoluta o relativa de los electrolitos, que si no se compensaran por un reajuste del trabajo protoplásmico afectarían al campo eléctrico celular,

2) alteraciones de la concentración absoluta o relativa de los metabolitos \*\* que afectan direc-

\* En que intervienen la célula y su medio y son comprensibles por la evolución conjunta de una y otro.

\*\* Entendemos por metabolitos todas las sustancias relacionadas directa o indirectamente con las reac-

tamente al rendimiento del trabajo protoplásmico, si no se reajustan por el conjunto de la célula las condiciones de éste, y

3) alteraciones de la concentración de otras sustancias (grupos activos, activadores o inhibidores de enzimas, modificadores de la estructura protoplásmica, modificadores de la permeabilidad de la membrana de la célula o de la membrana de alguna organela celular, etc.) que afectan a la estructura submicroscópica de la célula y que modifican el rendimiento protoplásmico.

Estos tres tipos de alteraciones del medio celular, que podemos comprender bajo la designación común de «estímulos celulares»,\* operan siempre en mayor o menor intensidad en todas las células.\*\* Ahora bien, en el curso de la evolución, cada tipo de célula se ha ido seleccionando por su aptitud de reaccionar en un determinado medio que se ha ido estableciendo —en el curso de la filogenia y ontogenia— simultáneamente con la célula; de hecho, el medio de una célula es tan obra de ella, como ella lo es del medio. Toda célula, pues, tiene la aptitud, esta-

---

ciones químicas intracelulares, catalizadas por enzimas.

\* Designación imprecisa, que, en sentido estricto, conviene a las alteraciones 2, en las que habría que incluir, en el caso de las células fotosintetizadoras, las radiaciones luminosas.

\*\* Baste señalar que son las modificaciones ambientales que inciden directamente sobre los tres niveles integrados en toda célula (el molecular, sobre el que inciden las alteraciones 2; el protoplásmico, sobre el que inciden las alteraciones 3; y celular, sobre el que inciden las alteraciones 1).

blecida evolutivamente por selección natural,\* de reaccionar convenientemente ante la gama particular de dichos «estímulos celulares» que definen su medio peculiar.

Ante los estímulos de su medio coherente, las células responden integradamente aplicando a orientar la respuesta la energía del campo eléctrico que las define.\*\* Para que tenga valor su pervivencia, la respuesta que una célula dada da a unos estímulos dados de su medio tiene que cumplir estas dos condiciones:

- 1) conducir a la recuperación del campo eléctrico definidor de la célula, que se alteró directa o indirectamente por efecto del estímulo, y
- 2) que la perturbación que la respuesta determina a su vez en el medio, no lo trastorne irreversiblemente, sino que se constituya en estímulo coherente de otras células.

Estas dos condiciones, que reflejan la ley general de la evolución coherente de un ser y su medio, operan siempre cualquiera que sea el tipo de célula. Ahora bien, *el peso relativo de la segunda respecto a la primera crece, al avanzar con la evolución* (particularmente, ya en el seno de los

\* Esto significa: establecida por ventajas selectivas, para la célula sólo en el caso de los seres unicelulares, pero para el organismo de que forma parte la célula en los organismos pluricelulares que se reproducen por células germinales.

\*\* Por su rigurosa analogía con los «reflejos animales» que constituyen el modo de respuesta integrada del nivel superior al celular (el animal), proponemos denominar «reflejo celular» a la respuesta integrada de una célula cualquiera a estímulos de su medio.

organismos pluricelulares) *la diferenciación funcional de las células y la constancia que esta diferenciación exige y permite en el medio hídrico intracelular*. Llega un momento en el que las respuestas de las células de los organismos están dirigidas preferente o directamente a corregir las desviaciones del medio hídrico, para, sobre él, mantener el orden de funciones celulares que integra el ser pluricelular vegetal o animal, que es el que ahora se perfecciona por selección natural.\*

Ni que decir tiene que las preneuronas (las células de que surgieron las neuronas) y las neuronas, son un caso extremo de células evolucionadas. En efecto, exigen un medio (el líquido intersticial que las baña) muy constante en cuanto a la gama general de «estímulos celulares» que ejerce, en el que puedan actuar distintamente determinados estímulos peculiares que proceden de la actividad de otras células (la neurona precedente en la cadena anatómica o, en su caso, las células sensoriales) y que desencadenan un «reflejo celular» cuya respuesta se constituye en estímulo inequívoco de otras células (la neurona siguiente en la cadena anatómica o, en su caso, las células musculares efectoras). No hay que insistir en que la ventaja para el organismo de la respuesta efectora muscular es lo que fue seleccionando protoneuronas cada vez más aptas para

\* Naturalmente que las células, como todos los seres, siempre responden determinadamente a los estímulos que les llegan; es decir, lo que acontece en sus niveles integrados obedece a leyes. Pero lo que ha llegado a ser una célula sólo se entiende por la evolución conjunta de la biosfera.

recoger estímulos de las precedentes y transmitir-  
las a las siguientes.\*

Importa añadir que hasta aquí las neuronas no se diferencian de las demás células en cuanto a la naturaleza física de sus estímulos. Son células, como las demás, especializadas de un modo particular (como lo son las musculares, las secretoras, etc.). Ahora bien, sobre células especializadas del modo dicho, en cadenas anatómicas lineales, que transmiten impulsos de una célula sensorial a una efectora, y que primitivamente (en las preneuronas) sólo respondían a estímulos celulares, comenzaron a influir estímulos de un tipo nuevo, los procedentes de un ser de naturaleza nueva, del animal, definido necesariamente por un campo nuevo, capaz de automantenerse y de reaccionar como un todo.

¿En qué consiste este campo? Es evidente que surgió de la evolución de células (lo más evolucionado hasta entonces en la tierra) y que integra campos celulares. Pero si esto es así, la única novedad física que las células establecen en su ámbito son los campos electromagnéticos que determinan a su alrededor los campos eléctricos que ellas mismas son. Puede afirmarse, pues, que el único tipo nuevo de estímulo por el que una célula pueda tomar noticia directa de la actividad de

\* Nótese que el perfeccionamiento de las preneuronas, que culminó en las neuronas, fue permitiendo acciones efectoras que consiguieron mantener con eficacia creciente la constancia del medio intercelular, lo que, a su vez, permitió perfeccionar un punto más las neuronas. Claro ejemplo de la evolución complementaria y recíproca de un ser (la preneurona) y su medio.

otra son las oscilaciones que la acción de ésta provoca en el campo electromagnético general de la tierra. Cuando unas preneuronas consiguieron percibir este estímulo (esto es, se transformaron en neuronas) surgió el nivel animal, mantenido por mediación de ellas sobre el nivel celular.

En lo que sigue daremos nuestra interpretación de este salto evolutivo, en el que la neurona sin dejar de ser célula (¡sin dejar de responder como cuando era preneurona a los estímulos celulares!) aprendió a responder a estímulos procedentes de un nuevo modo de acción integrado sobre ella misma.

*Líneas generales del proceso evolutivo  
de la actividad celular de las preneuronas  
del que surgió la actividad animal*

Según el apartado anterior, entender el origen de la actividad animal equivale a descubrir cómo un conjunto de células de un organismo pluricelular consiguió establecer y mantener un campo electromagnético común tal, que la actividad conjunta de estas células determinen en este campo una gama de oscilaciones que tengan sentido para orientar dicha actividad conjunta de las células en provecho del organismo como un todo.

De este campo electromagnético común y de la posibilidad de establecerlo carecen, como hemos visto, las células aisladas y las células de todas las asociaciones pluricelulares anteriores al animal.

Se nos plantea, pues, el problema evolutivo de

saber cómo, en una determinada asociación pluricelular preanimal, ciertas células encontraron una ruta evolutiva en virtud de la cual el perfeccionamiento de sus interrelaciones cumplidas directamente de célula a célula (por mediación de «estímulos químicos» del medio celular) culminó originando un campo electromagnético común y privativo de ellas, mantenido por la propia actividad.

Pero el descubrimiento de cómo se originó el campo electromagnético supracelular, no resuelve aún el problema. Este campo evidentemente no fue buscado; suerte de «subproducto», de «inesperada» culminación evolutiva de la etapa anterior, tuvo que nacer forzosamente virgen de evolución. Falta por entender cómo, en una nueva etapa (la etapa de la evolución animal), las células dichas aprendieron a coordinar su acción, a través del campo electromagnético común. Y, de hecho, hubieron de aprender a ser gobernadas por él tan estrictamente, que este campo llegó a constituir un campo automantenido capaz de gobernar la actividad de ellas: el organismo (la conciencia) animal.

Por consiguiente, desarrollaremos el origen de la actividad animal en tres apartados sucesivos:

1. En el primero estudiaremos el lento proceso evolutivo del que surgió el campo magnético supracelular.

2. En el apartado siguiente estudiaremos la brusca inflexión evolutiva en virtud de la cual este campo magnético supracelular se transformó en la conciencia animal.

3. En el tercer apartado estudiaremos en qué consiste la evolución del animal y su medio, para terminar entendiendo qué es un animal en términos de su medio.

Todo ser no es sino un remanso de procesos de su medio. La evolución de un ser no se entiende sino por la evolución de su medio, y, recíprocamente, el medio evoluciona —está determinado— por la evolución de los seres congruentes. Por tanto, en cada uno de los tres apartados estudiaremos, la una por la otra, la evolución del ser en cuestión y la de su medio.

*La etapa evolutiva del vegetal saprofito y su medio hasta el ascenso al heterotrofismo*

En nuestra opinión, defendida en otros lugares, los animales resultaron de la evolución de vegetales saprofitos, esto es, de vegetales adaptados a vivir de restos vegetales. La primera adquisición evolutiva de estos vegetales fue la de células digestivas, y la segunda (apoyada en la anterior) la de una gástrula donde se alojaron dichas células. Los vegetales saprofitos gastrulados (en un principio constituidos como una bolsa casi inerte) se perfeccionaron después mejorando la aptitud de incorporarse fragmentos muertos de tamaño creciente; en este proceso actuaría como ventaja selectiva todo lo que ayudara al vegetal saprofito a responder, como un todo, a la presencia de materia muerta asimilable, con ingestión y digestión.

Esta aptitud, en un principio seleccionó a estos vegetales saprofitos, ancestrales de los animales, por varias cualidades de las que podemos señalar cuatro:

1) la especialización de células nerviosas y motoras, cuya actividad coordinada permitiera a vegetal ejercer acciones, de amplitud y complejidad crecientes, dirigidas a ingerir, conducir y excretar la materia alimenticia,

2) la especialización y diferenciación de las células digestivas,

3) la especialización y diferenciación de células receptoras de estímulos alimenticios procedentes de la materia muerta, y

4) la especialización de dispositivos (primeros esbozos de funciones excretoras y fagocitarias) que fueran estableciendo un medio interno (intersticial, intercelular) de constancia creciente, que, a su vez, permitiera que se fueran afinando la emisión y recepción de «estímulos químicos» entre células como base de la coordinación de las actividades celulares.\*

No cabe duda de que cada perfeccionamiento en una de las aptitudes favorece el de las otras; es decir, las cuatro se fueron perfeccionando, pa-

\* Ni que decir tiene que todas estas especializaciones se produjeron en asociaciones pluricelulares donde todavía no había sino actividad celular; seguían siendo vegetales. Simplemente su trofismo saprofito condicionó un modo de perfeccionarse que culminó en el animal, del mismo modo que el trofismo de los vegetales autótrofos condicionó un modo de perfeccionarse que culminó en los vegetales típicos actuales.

so a paso, simultáneamente. Ahora bien, para nuestro tema ofrecen un interés central las células nerviosas, ya que sobre su actividad se integró el nivel animal.

¿Cómo pudo producirse este surgimiento del nivel animal? Exigió naturalmente la evolución simultánea (mejor alternativa) y complementaria de dicho vegetal saprofita gastrulado y de su medio coherente, producida de modo que todo cambio de uno de ellos condicionara un cambio en el otro, y tal que la resultante general de estas influencias recíprocas determinaran una línea de perfeccionamiento constante, constituyeran un «progreso».

Veamos esquemáticamente cómo en esta etapa fueron evolucionando, el uno frente al otro, el medio y el ser.

\* \*

a) *Sentido de la evolución general del medio del vegetal saprofita.* El medio inicial del vegetal saprofita hubo de ser un mar somero, cálido, donde se acumulara una densa población de vegetales autótrofos. La abundante materia orgánica en descomposición procedente de los vegetales autótrofos muertos suministró sustrato alimenticio para que se adaptaran vegetales pluricelulares a la vida saprofita. Es evidente que, inicialmente, los vegetales saprofitos no pudieron aprovechar sino restos de tamaño subcelular o todo lo más celular, por sus células superficiales independientemente, y que, para acelerar la degradación de los restos hasta este tamaño verterían al medio enzimas digestivos. La especialización de su epitelio en diferenciar células

digestivas fue la condición previa de la gastrulación; y, a su vez, la posesión de gástrula condicionó la especialización de células en un aparato neuromuscular que permitió movimientos coordinados del vegetal gastrulado (prácticamente todo él gástrula) como un todo. Llegado este momento, punto de partida de nuestro análisis, la evolución del vegetal saprofito determinó un nuevo cambio progresivo en el medio.

En efecto, es fácil ver que las células digestivas epiteliales aceleraban la descomposición sin modificar el medio cualitativamente. Pero la posesión de gástrula con movimiento coordinado determinó, a medida que ésta fue perfeccionándose, una discontinuidad creciente del medio en cuanto a su contenido de materia muerta. A medida que el vegetal saprofito iba perfeccionando por concurrencia su aptitud de englobar y digerir masas pluricelulares muertas de tamaño creciente, su medio iba liberándose de partículas muertas inferiores a un cierto tamaño que progresivamente fue haciéndose mayor.

Es evidente que este proceso hubo de culminar en el desarrollo de vegetales saprofitos capaces de englobar y digerir vegetales muertos íntegros (autótrofos y saprofitos). Pero como los vegetales son inertes, no ofrecían diferencia, en cuanto alimento, los vegetales primitivos vivos de los muertos. El vegetal saprofito pasó así, paulatinamente, a vegetal heterótrofo, cuyo medio (prácticamente libre de materia muerta y ésta explotada por saprofitos especializados) constaría de agua y de vegetales vivos.

\* \*

b) *Sentido de la evolución general del vegetal saprofito.* Al ir aumentando la discontinuidad con que se les presentaba a los vegetales saprofitos gastrulados su alimento muerto, estos vegetales hubieron necesariamente de perfeccionar la aptitud de reaccionar ante un medio que ofrecía masas de comida de un tamaño creciente a intervalos también crecientes en que no ofrecía nada.

En el curso de la evolución de los vegetales saprofitos, esta aptitud suya nunca pudo perfeccionarse (por selección natural) por encima del grado de discontinuidad que hubiera alcanzado el medio nutricio hasta el momento. Pero es evidente que el perfeccionamiento de la aptitud exaltaba la discontinuidad del medio; y ello, a su vez, brindaba la posibilidad de perfeccionar un *quantum* más la aptitud del vegetal saprofito; etc.

¿Cómo se verificó el perfeccionamiento progresivo de la aptitud del vegetal saprofito de explotar su medio que cambiaba progresivamente por dicho perfeccionamiento? Principalmente por el afinamiento de las cualidades señaladas en pag. 38, de las que, como entonces se dijo, nos interesa particularmente el perfeccionamiento de la motilidad.

Es comprensible que las células del vegetal saprofito gastrulado que se especializaron en moverlo como un todo para coger y deglutir la comida, hubieron de constituir un sistema muscular de fibras alargadas y dispuestas paralelamente (para sumar su acción) y un sistema de células especializadas en recoger y transmitir estímulos químicos (para que las células musculares traba-

jaran al unísono frente a la presencia de alimento). Nótese que la diferenciación de células nerviosas y musculares y la organización de ellas en unidades neuromusculares dispuestas en un número mayor o menor de haces paralelos tuvieron necesariamente que ser dos procesos simultáneos y complementarios, ya que carecen de sentido, para el vegetal en su conjunto, el uno sin el otro.

Así, pues, la producción de un sistema neuromuscular primitivo, previo a la actividad animal, fue resultado de *progreso de actividad celular* dentro de una estirpe de vegetales saprofitos. Téngase muy presente que no existía todavía sino actividad celular (¡el sistema nervioso hubo de originarse antes que el modo de acción animal y no a la inversa!); en la etapa evolutiva que consideramos, las células nerviosas se coordinaban entre sí exclusivamente por «estímulos celulares» ejercidos por la actividad particular de la célula que precede a las estimuladas, dentro de las cadenas en que se estructuran.\*

Como conclusión de este apartado hay que señalar dos efectos que sobre las preneuronas \*\* ejerció la ventaja selectiva que las coordinó automáticamente del modo señalado:

\* No operaba, pues, aún sino el primer tipo de estímulos de los dos que actúan en el sistema nervioso animal, según la escuela de Pavlov (véase pág. 27): el que se ejerce entre células sucesivas de un arco reflejo (por su naturaleza idéntico al modo de estimularse entre ellas células de todo tipo).

\*\* Llamamos preneuronas a las células nerviosas anteriores al surgimiento sobre ellas de la actividad animal (véase pág. 33).

1. La preneurona, para perfeccionar su función de transmitir estímulos, alargó su cilindro-eje. Este hecho determinó que el campo eléctrico automantenido que define toda célula, tomara en las preneuronas una orientación peculiar, que hizo que éstas fueran recorridas permanentemente por una corriente eléctrica macrolongitudinal.

2. La preneurona, para perfeccionar su función de acompañar la contracción de la fibra o fibras musculares de su cadena, con la contracción de otras fibras musculares paralelas, se dispuso en haces rigurosamente paralelos con las preneuronas de otras cadenas, cuyas terminaciones sensoriales, sumamente uniformes, respondieran de consuno a los mismos estímulos celulares del medio. Este hecho determinó que las preneuronas de cada haz nervioso tuvieran un cierto sincronismo en la actividad de los campos eléctricos que las constituyen.

En el apartado siguiente vamos a ver cómo estos dos hechos (básicos en la evolución del vegetal saprofita) junto con el ascenso al heterotrofismo (básico de la evolución de su medio) sentaron las condiciones materiales para que, llegado el momento, determinado por la evolución conjunta de estos seres y de su medio, se produjera el tipo de acontecimiento máximo dentro de la evolución coherente de la realidad: el surgimiento, sobre la evolución integrada del previo, de un nuevo nivel integrado de acción, de una forma superior de conciencia, en este caso el surgimiento del nivel animal.

*Culminación del lento proceso de la etapa anterior en una transformación brusca: el salto al nivel animal*

La etapa evolutiva estudiada en el apartado anterior tuvo, sin duda, un curso lentísimo en el que se fueron modificando muy paulatinamente, según se ha explicado, el vegetal saprofito y su medio. Pasemos ahora a ver cómo estas modificaciones desembocaron en cambios cualitativos tanto en el medio como en el ser vivo en evolución.

Ni que decir tiene que estas modificaciones cualitativas del medio y del ser vivo hubieron de determinar una inflexión brusca de la evolución del uno por el otro. De hecho, se inició no solamente una etapa evolutiva nueva, sino una etapa evolutiva en la que se moldeó un ser radicalmente nuevo y más complejo. Este ser (el animal) tiene un sustrato físico, que antes no definía a ningún organismo, y que gobierna los organismos de nivel inferior (las células).

En el apartado que empezamos, vamos a estudiar, por separado, la mecánica del salto cualitativo del medio y la mecánica del salto cualitativo del ser, hacia el nivel animal. En el apartado siguiente procuraremos entender cómo el medio y el ser nuevos se condicionan mutuamente en la evolución del animal.

\* \*

a) *La inflexión de cantidad en cualidad que experimentó el medio.* Hemos visto que el curso de la evolución del vegetal saprofito culminó en

el heterotrofismo. Por pasos insensibles los vegetales saprofitos pasaron a alimentarse de vegetales vivos. Estos vegetales, pasto por primera vez de los heterótrofos, ofrecieron a éstos un medio riquísimo y pasivo. Los primeros heterótrofos no tropezaron en ellos con ninguna cualidad diferencial nueva que les impidiera proliferar abundantemente. Pero por numerosos que fueran los vegetales autótrofos del mar primitivo constituían, para los heterótrofos, un habitat limitado. Una vez colmado éste, comenzó a operar la cualidad del medio vivo que le distingue cualitativamente del medio muerto. ¿Cuál es esta cualidad?

La diferencia cualitativa entre el medio muerto del vegetal saprofito y el medio vivo del vegetal heterótrofo, es que este medio nuevo pasó a evolucionar por selección natural frente a su usuario. Naturalmente, los vegetales autótrofos (como los saprofitos y los heterótrofos recién originados) eran organizaciones pluricelulares que a) se reproducían a partir de células germinales y b) estaban diversificadas en comunidades de reproducción (en especies), dentro de las cuales operaba la selección natural. Ahora bien, hasta la aparición de los heterótrofos lo que perfeccionaba y diferenciaba las especies de vegetales autótrofos consistía exclusivamente en ventajas selectivas, relativas al aprovechamiento de la luz, del  $\text{CO}_2$ , del agua y de las sustancias disueltas en ésta. Desde la aparición de los heterótrofos comenzaron a seleccionarse los autótrofos (a perfeccionarse y diversificarse sus especies), no sólo por las anteriores ventajas, sino, preferentemente, por ventajas selectivas determinadas por su aptitud

para resistir a los heterótrofos.\* Las variantes de vegetales autótrofos que presentaron una propiedad hereditaria que les confería una ligera probabilidad mayor de morir dejando descendencia tendieron a dejar estirpes más abundantes que las variantes que carecían de ella. Este hecho darwinista condicionó la diferenciación del medio, constituido por vegetales autótrofos, en un número creciente de especies seleccionadas frente a los heterótrofos, ante todo, por sus modos de resistencia «pasiva» y por una serie de modos de adaptarse a ellos.

\* \* \*

b) *La inflexión de cantidad en cualidad que experimentó el vegetal heterótrofo.* Terminamos el apartado anterior (pág. 43) exponiendo que la evolución de los vegetales saprofitos hubo de determinar dos diferenciaciones de evidente valor adaptativo: a) que células suyas se especializaran en preneuronas provistas de largos cilindroejes; y b) que se fueran disponiendo paralelamente los cilindroejes de las preneuronas pertenecientes a cadenas celulares tanto de función sensorial como de función motora rigurosamente homólogas. Estas dos diferenciaciones histológicas fueron las que permitieron que células, actuando al unísono, determinaran que el saprofito pudiera efectuar movimientos cada vez más generales y eficaces.

Recordemos dos consecuencias que estos dos hechos tuvieron sobre el interior de las preneu-

\* Nótese que la diversificación de especies por las ventajas selectivas anteriores constituyó un sustrato bruto pero ya operante para las nuevas ventajas selectivas.

ronas. El alargamiento del cilindroeje hizo que la actividad de la preneurona (definida por un campo eléctrico) determinara la circulación de corrientes eléctricas por un largo recorrido. Esta corriente determina alteraciones orientadas de un campo magnético. Por otra parte, la disposición en paralelo de cilindroejes pertenecientes a cadenas nerviosas que responden a los mismos estímulos, tuvo como consecuencia cierta unificación de los campos magnéticos así determinados por la actividad de las preneuronas.

Parece indiscutible que, para la célula conductora nerviosa primitiva, para la preneurona, este hecho inicialmente hubo de carecer de significación. En efecto, su actividad (como, por definición, la de toda célula) causaba pequeñas oscilaciones en el campo magnético ambiental; por otra parte, en este campo magnético se producían necesariamente oscilaciones de otro origen. Es cierto que entre el campo eléctrico determinado por la actividad de la célula y el campo magnético en que se encuentra ésta, se producen influencias en doble sentido, que estudia la física; ahora bien, hasta que surgió el animal, estas influencias carecían de sentido para todas las células que, por su historia evolutiva, sólo habían llegado a ser un campo eléctrico, automantenido por la aplicación continua de energía química, orientada por enzimas coordinados en etapas previas de la evolución biológica. Por tanto, las oscilaciones del campo magnético que continuamente incidían en el campo eléctrico celular y las que se emitían por éste, resultaban caóticas para la actividad celular. Por otra parte, estas oscilaciones magnéticas no perturbaban práctica-

mente el campo eléctrico celular alimentado por la actividad protoplásmica de un orden de magnitud superior y autoajustado por estímulos de otro tipo («estímulos químicos»).

Es evidente que el hecho de haberse dispuesto paralelamente los cilindroejes, inicia para las preneuronas un cambio de condiciones: comienzan a deberse siempre a lo mismo (y por consiguiente a adquirir un sentido potencial) ciertas alteraciones de los campos magnéticos de cada cilindroeje; a saber, las alteraciones determinadas por la actividad de las preneuronas paralelas.

La preneurona puede, pues, captar por su cilindroeje (que de ser agente de la actividad celular pasará a ser antena de la futura actividad animal) oscilaciones del campo magnético en que se encuentra; estas oscilaciones se convierten en estímulos por dos razones: *a*) porque afectan el campo eléctrico y *b*) porque por primera vez inciden regularmente, ya que se deben a cambios del estado de actividad de las restantes neuronas paralelas. Ahora bien, para que la preneurona se seleccione por la aptitud de responder a estos estímulos regulares de naturaleza distinta a la de los que le eran habituales, esta aptitud tuvo que ofrecer una esencial ventaja. Esta ventaja es fácil de ver.

La ventaja anterior que estableció las unidades anatómicas (los mal llamados arcos reflejos) dentro de haces paralelos fue el responder a los receptores periféricos con una perfecta simultaneidad. Por ello, es manifiesta la ventaja selectiva que tuvo que constituir el que las neuronas se adelantaran a los estímulos particulares y respondieran instantáneamente a la iniciación ge-