

BIBLIOTECA HUMANIDADES

Editada por la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación, de la Universidad de La Plata

Tomo III

## ELEMENTOS

DE

# NEUROBIOLOGÍA

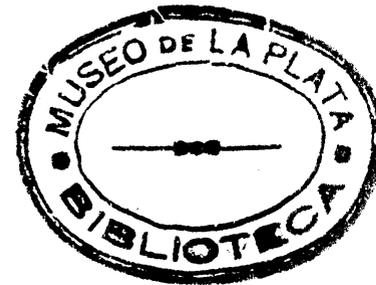
POR EL

D<sup>r</sup> CHRISTOFREDO JAKOB

Profesor en la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación  
de la Universidad de La Plata y en la de Filosofía y Letras de Buenos Aires  
Director del Instituto neuropatológico del Hospital nacional  
de Alienadas de Buenos Aires

Volumen I

PARTE TEÓRICA



LA PLATA  
REPÚBLICA ARGENTINA

1923

Art. 1°. — La Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación publicará una colección de obras originales de profesores, escritores y alumnos, que se denominará *Biblioteca Humanidades*.

Art. 2°. — De cada obra se imprimirán 600 ejemplares o un número menor, si la especialidad de la obra así lo requiriese, entregándose 100 al autor. Los restantes se pondrán en venta al público y se distribuirán entre los institutos, bibliotecas o personas dedicadas a los estudios. A los alumnos de la Facultad se les facilitará la adquisición de las obras a precio de costo.

Art. 3°. — La Facultad solicitará del honorable Consejo superior la suma necesaria para la publicación de la Biblioteca.

RICARDO LEVENE,  
Decano.

Carlos Heras,  
Secretario.

Imprenta y Casa editora «Conis», Perú, 684. — Buenos Aires

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA

*Presidente*

DOCTOR BENITO A. NAZAR ANCHORENA

*Vicepresidente*

DOCTOR FEDERICO WALKER

*Secretario general*

ABOGADO ADRIANO DÍAZ CISNEROS

*Miembros del Consejo superior*

- Instituto del museo : director, doctor Luis María Torres; delegado, doctor Roberto Lehmann-Nitsche.
- Instituto del observatorio : director, Juan Hartmann.
- Facultad de ciencias químicas : decano, señor Augusto C. Scala; delegado, profesor Edelmiro Calvo.
- Facultad de ciencias fisico-matemáticas, puras y aplicadas : decano, ingeniero Ferruccio A. Soldano; delegado, ingeniero Manuel F. Castello.
- Facultad de ciencias jurídicas y sociales : decano, doctor Alfredo L. Palacios; delegado, doctor Federico Walker.
- Facultad de agronomía : decano, ingeniero agrónomo Alejandro Botto; delegado (vacante).
- Facultad de veterinaria : decano, doctor Alfredo Marchissotti; delegado, Fernando Malenchini.
- Facultad de humanidades y ciencias de la educación ; decano, doctor Ricardo Levene; delegado, señor Rómulo D. Carbia.

5053

29 DIC 1947

FACULTAD DE HUMANIDADES Y CIENCIAS DE LA EDUCACION

---

*Decano*

DOCTOR RICARDO LEVENE

*Vicedecano*

(Vacante)

*Delegado al Consejo superior*

Profesor Rómulo D. Carbia

*Secretario*

Profesor Carlos Heras

*Consejeros académicos*

Profesor Coriolano Alberini, doctor Juan Chiabra, señor Pascual Guaglianone, doctor Alfredo D. Calcagno, ingeniero Antonio Restagnio, doctor Enrique Mouchet.

*Delegados de los egresados*

(Vacantes)

*Delegados de los estudiantes*

Martha Von Arx y Luis Lurá Villanueva

CUERPO DOCENTE

SECCIÓN FILOSOFÍA Y CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

*Historia de la filosofía* : profesor titular, doctor Alejandro Korn.

*Lógica* : profesor titular, doctor Alfredo Franceschi.

*Psicología* : profesor titular, doctor Enrique Mouchet.

*Biología y sistema nervioso* : profesor titular, doctor Christofredo Jakob.

*Higiene escolar* : profesor titular, ingeniero Antonio Restagnio.

*Psicopedagogía* : profesor titular, doctor Alfredo D. Calcagno.

*Legislación escolar* : profesor titular, doctor Eduardo J. Bullrich.  
*Didáctica general* : profesor titular, doctor José Rezzano.  
*Introducción a la filosofía* : profesor titular, señor Coriolano Alberini.  
*Metodología del dibujo* : profesor titular, señor Celso Latorre.  
*Ética* : profesor titular, señor Coriolano Alberini.  
*Jefe del seminario* : profesor Ernesto L. Figueroa.

SECCIÓN HISTORIA

*Prehistoria argentina y americana* : profesor titular, Luis M<sup>a</sup> Torres.  
*Historia argentina* : profesor titular, doctor Ricardo Levene; adjunto, profesor Mateo Heras.  
*Historia antigua* : profesor titular, señor Pascual Guaglianone; suplente, doctor José María Monner Sans.  
*Historia europea* : profesor titular, señor Rómulo D. Carbia; suplente en ejercicio : señor José A. Oría.  
*Geografía económica y política* : profesor titular, señor Pascual Guaglianone; profesor suplente, señor Romualdo Ardissoné.  
*Geografía económica y política argentina* : profesor suplente, doctor Juan José Nágera.  
*Introducción a los estudios históricos americanos* : profesor interino, señor Rómulo D. Carbia.

SECCIÓN LETRAS

*Teoría y práctica de la composición* : profesor titular, señor Arturo Marasso Rocca; profesor suplente, señor Carmelo Bonet.  
*Literatura argentina y de la América española* : suplente en ejercicio, doctor Arturo Capdevila.  
*Literatura castellana* : profesor interino, señor Arturo Marasso Rocca.  
*Literatura de la Europa Meridional y Septentrional* : profesor titular, señor Rafael Alberto Arrieta; suplente de Literatura de la Europa Meridional, doctor Julio Noé.  
*Literatura argentina e hispanoamericana* : profesor suplente, en ejercicio, doctor Arturo Capdevila.  
*Filología castellana* : profesor a cargo del curso, doctor Américo Castro.  
*Latín* (1<sup>o</sup> y 2<sup>o</sup> curso) : profesor titular, doctor Juan Chiabra; suplente (1<sup>er</sup> curso), doctor Enrique François.  
*Griego* (1<sup>er</sup> curso) : profesor titular, doctor Leopoldo Longhi; suplente, doctor Ángel Licitra.  
*Profesor a cargo del seminario de letras* : doctor Carmelo M. Bonet.  
*Jefe del seminario* : señor Héctor Ripa Alberdi.

## ELEMENTOS DE NEUROBIOLOGÍA

---

### PREFACIO

---

« Sol y cerebro son los creadores de nuestros mundos. »

Desde 1915 he comenzado a publicar un *Tratado de biología* para facilitar la enseñanza moderna de esa rama científica fundamental, que entre nosotros, ni en escuelas ni colegios ni en las aulas universitarias, no ha adquirido todavía la importancia necesaria, tal como en los demás países hace tiempo la ha adquirido. Han salido ya (ver *Anales del Jardín zoológico de Buenos Aires*, 1915-1922) el primer tomo de la *Biología elemental* y la primera mitad del segundo tomo (*Biología genética y comparada*). La continuación de este tomo forma la presente obra, que tratará los elementos de la neuro y psicobiología, capítulo biológico el más interesante para el espíritu humano, por investigarse en él las fuentes ge-

nuinas, tanto de su técnica lógica como de sus construcciones científicas y filosóficas, en una forma más amplia y documentada, cual corresponde a un órgano del que puede decirse : *cerebrum creavit mundum*. La obra comprenderá dos tomos : la parte teórica (tomo I) y los trabajos prácticos (tomo II).

He accedido con gusto a la invitación del profesor doctor Ricardo Levene, decano de la Facultad de Humanidades y Ciencias de la educación de la Universidad de La Plata, de incorporar este tomo a las publicaciones de esa Facultad. Para su material ilustrativo que traerá especialmente el tomo segundo, he utilizado mi colección particular del Instituto neurológico en el Hospital nacional de alienadas de Buenos Aires, y también lo referente al sistema nervioso que había salido ya en los dos tomos mencionados de biología : en el dibujo de esquemas y redacción de la parte histológica ha contribuido mi hijo Ricardo Jakob, estudiante de medicina.

A bordo del *Cap Polonio*, en su crucero a Tierra del Fuego,  
enero de 1923.

CHR. JAKOB.

## CAPÍTULO I

### Introducción al problema cosmo-biopsíquico

Entre todas las ramas de las ciencias naturales, la neurobiología — estudio correlativo entre organización evolutiva y función ascendente del sistema nervioso — es la que más tarde ha alcanzado su fase científica, pues apenas hace 50 años que se elaboran métodos capaces de acercar nuestra investigación del estudio infructuoso del órgano complejo en su totalidad hacia sus verdaderos componentes, los elementos nerviosos funcionales, y todavía casi todas esas experimentaciones son sólo aplicables a estructuras y funciones alteradas, asfixiadas o muertas, así es que la realidad del proceso neuro-vital apenas la podemos adivinar. Estamos todavía — tanto en la investigación de las organizaciones íntimas celulares y fibrilares, y su correlación fisiológica y engranaje recíproco, así como respecto del resultado de sus elaborados aislados y asociados, es decir, de su dinamismo individual y colectivo — completamente a merced de las hipótesis más variadas y a menudo contradictorias.

A pesar de todo, creemos posible y útil un ensayo sintético de los elementos de la neurobiología actual reuniendo y discutiendo los hechos y teorías que los numerosos trabajos de los últimos veinte años, en neurobiología comparada,

genética, experimental y patológica, nos han suministrado y guiado por una experiencia personal de más de 30 años en clínicas, aulas y, sobre todo, laboratorios, porque sólo así podemos informarnos sobre el sendero que conduzca a la orientación y solución de los múltiples problemas neurobiológicos actuales y preparar por lo menos el acceso al misterio que envuelve todavía casi totalmente una *psicobiología orgánica futura*.

Para darnos idea exacta de las dificultades que se oponen a la realización de tal obra « psico-analítica y sintética científica » — la más grandiosa que jamás haya emprendido el intelecto humano colectivo, pues se trata de aplicar los procedimientos científicos a sus propios creadores, — conviene estudiar, a grandes rasgos, la técnica científica que en los siglos pasados han elaborado poco a poco los hombres de genio para transformar en leyes científicas todo ese caudal de observaciones aisladas, fruto de la experiencia precientífica del hombre. Haciendo esa reseña en forma comparativa, recién comprenderemos el alcance, dirección y sentido de la labor que exige el estudio de una neurobiología moderna; constataremos así, ante todo, que el procedimiento científico no consistía nunca en esa deseada « explicación » de todo lo que en los procesos cósmico-orgánicos había quedado misterioso a la observación vulgar; sino el método científico, colocando ante todo el problema en su justo lugar, analiza primero en forma experimental y por separado los factores del proceso en estudio y constata después su estricta seriación, eliminando erróneas descripciones; purificado así el concepto, procede la técnica científica, ahora, a fijar cuantitativamente las dimensiones espaciales, cronológicas y energéticas relativas con una precisión matemática siempre más

rigurosa, y habiendo así conseguido la formulación cuantitativa integral del promedio de la seriación de los procesos, estamos satisfechos, hasta que nuevas observaciones y métodos nos obliguen a modificar la formulación inicial y tal procedimiento correctivo científico continúa así sin límite, pues es el verdadero proceso infinito del conocimiento.

Tal ha sido, por ejemplo, el desarrollo de la ciencia astronómica, primera rama científica que, en la edad media, pasó de su fase precientífica de observaciones vagas cualitativas, mediante el método de la purificación y cuantificación progresiva, a su época exacta. Desde el siglo *xvi* elaboran Copérnico, Kepler y otros en formulaciones progresivamente más precisas las leyes de la *mecánica celeste* respecto de las formas, relaciones y movimientos de las masas cósmicas y en el próximo siglo *xvii* se perfeccionan ellas, aplicándose por Galileo y Newton idénticos métodos también a los fenómenos análogos, si bien más variados de la *mecánica terrestre*; de lo lejano, que simplificado por la distancia era más fácilmente accesible a la cuantificación, pasaba la formulación científica a los procesos más cercanos entre los cuerpos terrestres, que ya ofrecían problemas más complejos, y en otro paso más adelante observamos en el siglo *xviii*, en el que las múltiples energías físicas empiezan a ser analizadas y sujetadas a los procedimientos de medición (Gauss, Faraday, Hertz), desarrollo que recién en el siglo pasado encontró su culminación formal en la elaboración sintética de las leyes energéticas y sus equivalencias recíprocas por Mayer, Helmholtz y Joule.

Pero ya aquí falta todavía la síntesis última, totalizante entre las leyes establecidas para las energías moleculares termomecánicas por un lado y las atómico-electrónicas (luz,

electricidad) por el otro; porque esos procesos ya penetran más íntimamente en la constitución interior de los cuerpos y ofrecen por eso al análisis científico dificultades mucho mayores que la mecánica molar cósmico-terrestre. Ni con las teorías más modernas de Lorentz y Einstein, que fueron precisamente provocadas por tal incongruencia, se ha podido llegar todavía a una formulación satisfactoria « polienergética ». Lo que había conseguido la astronomía y mecánica, la física moderna no lo ha obtenido todavía: esa última *integración universal*, aplicable a todos sus fenómenos, y mucho menos existe eso para la *química*, que en el siglo pasado estableció los equivalentes, afinidades y reacciones en fórmulas parciales siempre más satisfactorias para los diferentes elementos químicos, pero estamos lejos de una teoría general de la seriación real de las energías químicas, y la reducción de ellas a una « energética metaquímica » única y válida para todo, es hasta hoy imposible de prever; ni siquiera para los cuerpos inorgánicos es posible eso, a pesar de los trabajos eminentes de un Liebig, Dalton y van t'Hoff, y mucho más incompletos son todavía nuestros conocimientos respecto de una teoría universal de los innumerables cuerpos orgánicos que, a pesar de los esfuerzos de un Woehler, Bayer y Fischer, se nos escapan casi por completo en su complexa constitución y energética polivalente.

Si entonces ni la física, ni mucho menos la química científica, en tanto tiempo han podido dominar por completo ni cualitativamente ni menos aún cuantitativamente sus fenómenos respectivos hasta hoy, mucho menos puede exigirse ello de la *biología*, ciencia de la « fisicoquímica vital », donde en combinaciones especiales se nos ofrecen más que

triplicadas las dificultades para una « legislación científica de lo orgánico ».

Recién a mediados del siglo pasado, como ya hemos visto, se colocó también la biología, ciencia de la evolución vital, al lado de sus hermanas científicas, empezando primeramente por analizar los fenómenos biomorfológicos comparados, después los biogenéticos y, finalmente, sus métodos atacan hasta los complejos fisiológicos, que recién ahora tienden a penetrar hacia los factores realmente productores. Como en la *bioenergética*, encontramos los procesos más variados, físicos y químicos, en combinaciones estacionarias y pasajeras variadísimas, encierra tal *polimorfismo fluyente* vital, vegetoanimal, aparte de los problemas físicos y químicos en sí, nuevos e inesperados problemas, inherentes a tal combinación energética variable, que ni en sus producciones más elementales, como son las fermentaciones, la asimilación, la secreción, etc., son satisfactoriamente aclaradas por nuestros métodos biológicos actuales; y si nos dirigimos a los fenómenos superiores, como crecimiento, locomoción, reproducción, etc., no podremos menos que confesar que nos encontramos, respecto de su estudio, casi totalmente todavía en la fase precientífica, si bien también aquí algunos hechos experimentales parecen preparar por lo menos el pasaje a la fase científica de una cuantificación provisoria (así en morfología experimental, cruza- mientos artificiales, herencia analítica, etc.).

El desarrollo de las ciencias en los últimos cuatro siglos evidencia, pues, que desde lo lejano a lo cercano se multiplican necesariamente, en forma progresiva, las dificultades para la investigación ordenada, y si nos representamos la causa de eso, que reside en el polimorfismo de los sistemas

y sus componentes, que resisten a la formulación cuantitativa totalizante para todas esas reacciones combinadas molares, moleculares, atómicas y electrónicas, que en cada momento se correlacionan en un solo organismo pero que, sin embargo, poco a poco son y serán descifradas por la experimentación científica, que incansablemente penetra más en el sistema de tal engranaje polienergético vital, recién entonces comprenderemos en toda su grandiosidad el enjambre de problemas que encierra y tiene que encerrar el último eslabón en la serie de las complejidades cósmico-geovitales. Frente al estudio de la *neurobiología* científica y su culminación, la *psicobiología* (fig. 1), podríamos desesperar de una solución, si el espíritu humano, en los cuatro siglos, no hubiera aprendido — *labor omnia vincit*, — y si ni nuestra generación o las próximas siguientes no llegaran a ver el resultado satisfactorio, por lo menos buscaremos el camino y apreciaremos las distancias hasta la meta, que si no la vemos, la adivinaremos, contribuyendo así también para la victoria colectiva futura.

Estudiaremos ahora algo más de cerca la significación del problema esencial de la neuro y psicobiología, o sea el análisis de su *dinamismo* específico.

Representando cada organismo un sistema complejo energético estacionario y en constante contacto con la energética del ambiente, el papel biológico del *neurodinamismo* está en la regulación correlativa de tal sistema complejo, en la conservación y restablecimiento continuo de su equilibrio orgánico, de su simetría funcional energética (función simetriodinámica).

Tal equilibrio dinámico y su conservación exigen, por un lado, los valores biofísicos y bioquímicos que en coacción

mutua se combinan en el organismo (equilibrio interno), y por el otro lado hace falta una incesante compensación reguladora entre el organismo mismo y la energética ambiente (equilibrio externo), la resultante de ambas regulaciones representa la unidad armónica del individuo, que es así el producto de elaboración total de la función simetrío-filáctica y simetrío-fórica del neurodinamismo completo.

Físicamente, cada organismo superior representa, así como el hombre, un tubo visceral encerrado en otro cutáneo, revestido cada uno con su capa muscular, así que tenemos de afuera a dentro: el tubo cutáneo y músculosomático (al cual también pertenece el esqueleto), y después sigue el tubo vísceromuscular y finalmente el mucoso visceral. Entre esos sistemas tubulares otro aparato tubular (el cardiovascular) establece el equilibrio osmóticocirculatorio (correlación centralizante física), mientras que la mucosa y sus derivados (los tubos glandulares) establecen el equilibrio químico (secreción externa e interna, correlación centralizante química).

Enfrente de esa constelación se presenta un doble papel al neurodinamismo. Primero tiene él que intervenir como regulador entre la correlación física y química del organismo, elaborando el equilibrio orgánico central vegetativo, y después se impone el comercio entre el organismo mismo y los múltiples factores variables del ambiente (equilibrio periorgánico somático). Para la primera función dispone el organismo del *sistema nervioso vegetativo visceral*, que como sistema simpático extiende su radio de acción entre el tubo visceral y el circulatorio, interviniendo en la regulación de la asimilación, oxidación, respiración, secreción y elaborando así el equilibrio asimilador-desasimilador

del metabolismo orgánico material (neurodinamismo vegetativo); sólo en los organismos superiores existe ese sistema simpático en forma independiente (ganglios viscerales, gran simpático y sus plexos interganglionares y espinales), y a su lado se eleva el *neurodinamismo superior, somático-perisomático*, que, recogiendo también los resultados de la labor neurovegetativa, satisface las necesidades superiores del organismo en su constelación en el ambiente. Para tal fin el neurodinamismo somático organiza en los órganos de los sentidos un sistema de aparatos diferenciales analizadores y registradores de la constelación variable de la energética ambiente, por medio de los cuales regula el « neurodinamismo reflejo », por su acción entre los tubos cutáneo, muscular y visceral, automáticamente, un enorme caudal de « controversias orgánicas », y de las cuales casi nunca nos damos cuenta y sólo cuando hay perturbaciones de esa función reguladora apreciamos su labor (parálisis oculares, faríngeas, laríngeas, de los esfínteres, etc.); fenómeno análogo observamos en todas las funciones vegetativas, que sólo « negativamente » las reconocemos en su valor regulador.

Hemos insistido en esos hechos, aquí, para destruir la opinión generalizada de que el neurodinamismo en los seres superiores y el hombre sea esencialmente idéntico que la « función consciente », pero lo « subconsciente » representa también en nosotros fácilmente el 99 por ciento de las funciones neurodinámicas vegetativas y más del 80 por ciento de las somáticas, como lo veremos más tarde; sólo un resto insignificante de su actividad entra entonces, y eso en forma muy vaga y variable en la « fase consciente », a la cual sólo por nuestra ignorancia al respecto damos tanta importancia.

Para sus funciones dispone ahora el neurodinamismo de

un plasma especial, derivado del protoplasma nutritivo elemental (trofoplasma), que designaremos como *neuroplasma*; es un protoplasma especialmente sensibilizado frente a cambios de la constelación energética ambiente, y ese plasma permanece siempre mezclado con el trofoplasma en los vegetales y animales unicelulares; tales organismos no elaboran un sistema nervioso especial, sin que por ello carezcan de las regulaciones neurodinámicas internas y externas, pues el protoplasma mismo desempeña aquí esas funciones. Designaremos esos fenómenos reguladores (tropismos, taxismos, ritmos pulsantes, etc.) como *plasmopsiquismos elementales*, usando el término « psiquismo » en su sentido más vasto, como equivalente del conjunto de todas las funciones neuroreguladoras, desde las más elementales hasta su más elevada potencialidad en los psicodinamismos supremos.

Tales plasmopsiquismos se manifiestan igualmente en los tejidos viscerales, musculares y nerviosos de todos los animales y del hombre y toda nuestra asimilación, nutrición, respiración y crecimiento celular está basada en ella; cada célula viva, sin excepción, encierra plasmopsiquismos intracelulares, que mantienen la tensión y regulación del protoplasma vivo, y es recién sobre tales célulopsiquismos que actúan y se intercalan los neurodinamismos superiores, vegetativos y somáticos, y también la nutrición y respiración, y por eso la función específica de nuestro sistema nervioso central depende de tales plasmopsiquismos, que actúan en el interior de cada célula y fibra nerviosa; son esas « microreacciones » nerviosas las que, día y noche, velan por la seguridad del « estado celular » del organismo; su labor pasa naturalmente también casi totalmente bajo el límite de

nuestra conciencia y sólo vagamente en las impresiones difusas de hambre y sed, de fatiga y sueño, de fiebre y debilitamiento físico y mental, así como de bienestar y fuerza, reconocemos desde muy lejos su acción (siempre a través del sistema simpáticosomático).

Elevándonos ahora de tal dinamismo elemental hacia las manifestaciones superiores del neuroplasma, recordamos el papel automático del dinamismo reflejo que satisface la vida de relación en un momento dado, pero no sobre un tiempo más largo. La significación biológica esencial de los neurodinamismos superiores está precisamente en ese su poder *cronotrópico*; ellas abarcan, debido a un proceso de tensificación vialisante de su dinamismo para reacciones repetidas y recurrentes, un lapso de tiempo siempre mayor, y dan así facilidad para reunir, en elaborados neurodinámicos especiales y estacionarios, disposiciones reactivas que permiten al organismo intervenir activamente frente a ciertas regularidades del ambiente (funciones rítmicas o periódicas), evitando colisiones o aprovechando oportunidades; es la facultad conmemorativa, como llamamos generalmente a esa función cronotrópica del neurodinamismo con la cual nos elevamos recién a los « psicodinamismos », que en colaboración, asociación y evocación de constelaciones pasadas procuran al organismo los dinamismos « conscientes », son ellos los que finalmente culminan en las simbolizaciones ideativas de la individualidad y colectividad humana (fig. 2).

Fisiológicamente, toda labor neurodinámica es una acción combinada entre dos grupos activos, acoplados neuroplasmáticos: uno *receptor*, que reacciona frente a alteraciones energéticas del ambiente (vegetativo o periférico), y otro *efector*, que restablece por medio de transformación

en excitación contractiva muscular, o secreción, el equilibrio alterado entre ambiente y organismo. Del grupo receptor (sensitivo) va al efector (motor) la vía conductora, y con ella pueden intervenir nuevos grupos intermediarios (vías intercalares) que modifican en uno u otro sentido el resultado. Cada combinación, o elemento sensitivo-intercalarmotor, forma una cadena funcional, un sistema de determinada localización y extensión (factor espacial o topográfico), y como nuestro organismo, por su origen filético, forma un agregado de numerosos segmentos corporales, notamos también en nuestra neurotopografía una idéntica *disposición metamérica*; desde los segmentos caudales (cocci-géos) hasta los cefálicos se repite por eso, para cada uno de esos segmentos, la seriación de tales cadenas neurodinámicas reflejas, y recién por encima de esos millares de arcos funcionales seriados inferiores se eleva, reuniendo y centralizando nuevamente sus elaborados aislados los órganos del neurodinamismo superreflejos, que en los dinamismos instintivos de los centros subcorticales dominan en los animales, sin exceptuar el hombre, y en los psicodinamismos conscientes (centros corticales) culminan en el hombre; se encargan los primeros de la elaboración de una experiencia genérica, de la especie (filopsiquismos) y los últimos de una experiencia individual (ontopsiquismos).

¿Cómo consideraremos ahora, frente a la energética cósmica-terrestre y orgánico-vital, al neurodinamismo? ¿Deberemos esperar a poderlo definir también en forma energética, o quedará él fuera de la « legalidad mundial » corriente, como algo « supraenergético »? A este respecto se puede contestar que no. La energética vital no hace excepción a las leyes físicoquímicas establecidas, sólo las modifica

para sus fines. La economía del cuerpo humano está completamente sujeta al juego de las calorías, de los kilogramos, de los wattios, de los coeficientes, de la presión osmótica, de las fases coloides, de las equivalencias químico-orgánicas y sus reacciones de masas, y si conociéramos en todas sus direcciones y dimensiones tal engranaje energético, la fisiología humana estaría satisfecha, porque, científicamente, no se puede pedir más de ella. Ahora bien, ¿bastaría eso igualmente para la neurobiología?

Para sus fases elementales seguramente, si conociéramos todos los factores del plasmopsiquismo, sus dimensiones, sus potenciales, sus efectos, la fisiología estaría contenta igualmente; la biología no, porque ella tendría que evidenciar también el origen de tal dinamismo, las leyes y fases de su evolución; pero como todo eso no se podría considerar como imposible, en teoría entonces sería admisible una solución del problema neurobiológico elemental.

La posición del problema parece cambiar recién para las fases superiores, especialmente para los psicodinamismos conscientes; por lo menos así lo piensan muchos. ¡ Veremos !

El neuroplasma es, como lo demuestra la embriogenia en todas sus fases, un derivado del germinoplasma ovular. En la misma forma misteriosa todavía para nosotros, como la constitución física, también la nerviosa y psíquica del nuevo sér está « preformada » en sus cromosomas; tanto el sistema ganglionar del insecto, como el instintivo-reflejo del pescado, como el instintivo-reflejo-consciente del mono y hombre está allí orgánicamente representado « en potencia » y en ninguna forma podríamos imaginarnos que de allí salga algún principio nuevo, ajeno a la legalidad natural común, ajeno a las funciones vitales naturales, y si

para la economía física del hombre valen las leyes energéticas, deben valer también para la constitución psíquica, derivada de la primera, engendrada y nutrida por ella, si bien en diferenciación superior; debe presentar ella los mismos principios básicos. No habrá dificultad de conseguir tal consentimiento para los neurodinamismos reflejos e instintivos, hasta los filósofos están conformes en aceptar su « legitimidad natural », y eso hasta en el hombre; estamos conformes con que los plasmopsiquismos y filopsiquismos están sujetos a las leyes fisicoquímicas, y si « explicáramos » todavía su génesis, la biología hubiera resuelto su problema. Pero ahora viene la piedra de escándalo, los ontopsiquismos, las funciones conscientes, la vida psíquica mental del hombre; el intelecto humano no quiere someterse a los principios que él mismo construyó con tanto provecho para todos los demás fenómenos. ¡ Nunca podremos, se afirma con énfasis, explicar ese *afloramiento del psiquis*, que con sus particularidades escapa totalmente al análisis fisicoquímico-biológico! « ¡ Ni si conociéramos toda la biofísica y bioquímica explicaríamos con eso el pensamiento, ni ahora ni nunca ! » No es tan difícil mostrar que aquí interviene un error o una confusión o una falsa posición del problema. Porque ya *a priori* podemos deducir de que si el óvulo encierra orgánicamente preformados todos los dinamismos vitales vegetativos y animales, también el psicodinamismo está comprendido y en idénticas condiciones, y si para los unos valen las leyes científicas naturales, deben valer también las mismas para éste, y sin embargo los fenómenos psíquicos parecen ser inaccesibles a un análisis semejante al de los fenómenos vegetativos. Constataremos, en primer lugar, que todas las funciones neurodinámicas son de carácter

*microenergético*; en su energética no se trata del desgaste de grandes cantidades de calorías, de wattios, sino, como veremos más tarde, se trata de un sistema de alto potencial de tensión constante, pero de reacciones efectivas sensibilísimas, que para su realización gastan mínimas cantidades energéticas (microcalorías microwattios, etc.); como las energías neuropsíquicas, pertenecen a la categoría de las *energías de provocación*, comparables en su función al papel del gatillo, de la mecha, de la onda hertziana, que provocan sólo la descarga explosiva macroenergética de los sistemas musculares y glandulares, necesitaremos más adelante, para poder demostrar el carácter energético de sensaciones o reacciones motoras, métodos especializados, microenergéticos, que hoy no los tenemos todavía, pero ellos vendrán.

Sentado en primer lugar eso, vamos a un segundo punto igualmente importante. Hay en la pretensión de los « psicólogos clásicos » (ellos se llaman así, pero conste que una psicología clásica no existe todavía; dichos « seudoclásicos » pertenecen con todo su embalaje al período precientífico de la psicología) de que la neurobiología debía « explicar » el fenómeno psíquico, un poco de mala fe.

Ni el físico, ni el químico « explican » el por qué de las calidades de sus fenómenos; ignoramos por qué el agua hierve a los 100°, o por qué el H<sub>2</sub> y el O se combinan para dar agua, o por qué la oxidación produce calor, o por qué se mueven los astros, ignoramos el « por qué » de todo, hasta de nosotros mismos, y sólo deseamos, en técnica científica, « constatar » exactamente la sucesión de los fenómenos y sus componentes, así como sus efectos energéticos irradiantes (sus calidades) y establecer finalmente su correlación energética cuantitativa; esa es obra científica, como

ya lo hemos establecido. ¿Y por qué piden entonces nuestros psicólogos más a la neurobiología? Si ellos tampoco no explican nada, porque con afirmar el carácter espiritual de lo psíquico no explican nada. Si nosotros procediendo lógicamente establecemos en análisis paciente el juego correlacionado de toda la cadena del engranaje neurodinámico, sus determinantes, sus formulaciones cuantitativas, sus transformaciones en todas las graduaciones del neurodinamismo, habremos resuelto el problema psicofisiológicamente en forma científica, para la época actual. Pero vamos más lejos. Así como hoy día tampoco podemos explicar la formación genética de los sistemas solares, de la tierra (la geogonia), de la vida y sus formas (la biogénesis), de los pueblos, del lenguaje, sino que tenemos que aceptar esas formas en la actualidad como algo históricamente desarrollado, pero esperamos poco a poco, retrogradando, por interpolación regresiva, poder analizar la marcha y las causas de tales formaciones evolutivas, así también la neurobiología filogenética no desespera de poder encontrar más adelante la solución del problema psicogenético, a pesar de que éste, como el biogenético, todavía pertenece a la biología filosófica, es decir, actualmente todavía « extraempírica », pero de ninguna manera supraempírica; no vemos en ello más dificultades que para la geogonia, la bio o sociogénesis; y los fenómenos psíquicos y sus manifestaciones actuales son también funciones históricas que han nacido, evolucionado y madurado, así como todavía hoy día ellos se desarrollan, evolucionan e involucionan en cada sér humano y animal. Las sensaciones actuales, las percepciones de aroma, color, gusto, calor, dolor y placer, así como los otros fenómenos conscientes, no habrán tampoco nacido, como Pallas Athene,

de la cabeza de Zeus, son seguramente creaciones neurovitales en evolución y su origen no será más misterioso que el de todo lo existente, inorgánico y orgánico, que se ha formado guiado por leyes naturales, descifrables por el espíritu humano disciplinado.

Así como retrospectivamente llegaremos al saber, también prospectivamente se aclarará poco a poco el horizonte intelectual, y con eso el porvenir del cosmos, tierra, vida y psiquis; no admitimos límites para el intelecto humano, precisamente, conociendo las enormes dificultades que habrá que vencer, postulamos un « optimismo científico » que rechaza tales límites en todo sentido hacia lo infinito, para el poder colectivo humano, se entiende.

Recién conseguido todo eso, el ambiente y el introyente, ambos de idéntica naturaleza energética, se identificarían dinámicamente; cosmos, bios y psiquis serían la trinidad científica, cuya integración progresiva para la constitución psicodinámica actual del hombre debe formar su ideal.

## CAPÍTULO II

### Sobre historia y metodología de la neurobiología

Instruídos ahora suficientemente sobre la significación de nuestro problema, nos dirigiremos al estudio histórico del desarrollo de sus teorías e investigaciones, aclarándose en esa forma, todavía más, las dificultades peculiares, el alcance y extensión de los estudios neurobiológicos y sirviéndonos ello de introducción al estado actual de la neurobiología.

Los problemas esenciales que ocupaban al respecto a los sabios antiguos eran ante todo el asiento de las facultades mentales, su localización y sus enfermedades; recién mucho más tarde interesó su proceso, y sus componentes, en fin, se analizaron en nuestra época desde que el microscopio y el experimento abrieron caminos nuevos.

Los pueblos primitivos buscaban la fuente del psiquis (*animus, spiritus*) no en el cerebro, sino en la sangre, en el corazón, en los pulmones, en el hígado, etc. Desde Homero existe la palabra *fren* (frenología, frenopatía), que significaba el intelecto, localizado en el diafragma (respiración, risa), y Aristóteles todavía desconocía al cerebro toda intervención en la sensibilidad (1); pero ya antes, Pitágoras

(1) Véase, para detalles, *Historia de la biología*, tomo II, fascículo I del *Tratado de biología* (secretaría del Jardín zoológico, Buenos Aires).

e Hipócrates y después Galeno rechazaron ese error. En general, se atribuía al cerebro la facultad de sentir y pensar, pero no la dirección motora, que se interpretaba como algo espontáneo del cuerpo, sin localización especial.

Conocidos ya los hemisferios, sus cavidades y circunvoluciones, y estudiados en sus detalles por los alejandrinos Herofilo y Erasistrato, Galeno elabora la famosa teoría del « pneuma » (los espíritus animales) y su localización en las cavidades ventriculares, teoría que se prolonga en las discusiones hasta la edad media y que recién después de conocerse mejor la estructura cerebral fué substituida poco a poco por localizaciones en la misma substancia cerebral (1). Recién con el Renacimiento empieza también para la neurobiología descriptiva una nueva era, pero, por lo pronto, sólo macroscópica. Vesalio, Eustaquio, Aranzio, Varolio, Falloppia y otros describen numerosos detalles de la organización cerebral, y en 1641 Francisco Silvio (el descubridor de la fisura y arteria de su nombre) establece como asiento de los espíritus la substancia gris cortical de los hemisferios, descrita por Vesalio, donde éstos se formarían por filtración de la sangre. La interpretación de la corteza cerebral como un órgano glandular perduró hasta el principio del siglo pasado. Un avance fisiológico significaba el descubrimiento, por Stenon y Borelli, de la contractibilidad muscular bajo impulso nervioso, y también la teoría de la « irritabilidad y sensibilidad », por Haller, creándose recién entonces una idea más clara sobre vías y funciones sensitivas y motoras.

(1) Consúltese, respecto de detalles, nuestro estudio sobre *Localizaciones cerebrales*, en *El libro*, 1907.

En 1659, el anatomista inglés Willis completa el estudio morfológico cerebral descubriendo las pirámides, el cuerpo estriado, el tálamo, etc., y fué el primero que lo analiza biológicamente, comparando el cerebro de aves y mamíferos. El sistema ganglionar de los invertebrados lo enseñaban Swamerdam (fig. 3), Malpighi y otros, anatomistas neurólogos eran Malacarne, Soemering (los 12 pares de nervios craneanos), Vic d'Acyr, Rolando y después Arnold, Reichert, Foville y Burdach (1819) con su libro *De la vida y estructura del cerebro* (fig. 4). Por Franc. Petit y Reil se conoce el entrecruzamiento piramidal y óptico, así como las radiaciones centrales. Pero un progreso notable sólo pudo realizarse con el método microscópico. El primero a este respecto fué Leeuwenhoek, quien ya en 1700 reconoce la estructura globular (¿células y fibras corticales o glóbulos sanguíneos?) de la substancia cortical, pero recién en 1833 descubre Ehrenberg los tubos nerviosos, así como él es el primero en reconocer la célula ganglionar; en 1837, Purkinjé ve el cilindroeje conductor, y en 1838 Valentín y Remak estudian la célula nerviosa de la substancia gris. Deiters, Hanover, Stilling y Meynert completan tal estudio histioarquitectónico, perfeccionándose al mismo tiempo los métodos de conservación y endurecimiento (alcohol, glicerina, sales de cobre, de cromo, etc.).

En cuanto a las localizaciones, señala época la teoría de Gall y su frenología topográfica cerebrocraneana, combatida por el fisiólogo Flourens; desde las conferencias de Gall (1905) quedó ese tema en discusión y hasta hoy no ha desaparecido, y si bien Gall se había equivocado en todos sus detalles, lo esencial de su doctrina de que en la corteza se originasen tanto los fenómenos intelectuales como

los volitivos, así como afectos, sentimientos y pasiones, ha quedado confirmado.

Poco a poco se perfeccionaron también los métodos de investigación en neurobiología, que en los tiempos actuales se aplican sistemáticamente. Tenemos en resumen :

1° El estudio histio-topográfico por medio de cortes seriados y su síntesis por reconstrucciones ;

2° Los diferentes procedimientos tintoriales e impregnantes, específicos para los diversos elementos del sistema nervioso (células, fibras, neurofibrillas, ramificaciones, neuroglia, etc.);

3° Los métodos experimentales fisiológicos, sobre órganos de los sentidos y sistema central, conducción, excitación, escisión de sus elementos, tiempo de su reacción, sus leyes reflejas, su nutrición e intercambio material ;

4° El estudio morfo e histiofisiológico comparado del sistema nervioso en la serie animal desde los unicelulares hasta los mamíferos. Fenómenos análogos en vegetales. Reconstrucción del plan filético del sistema nervioso en la actualidad (neurobiología comparada) ;

5° El desarrollo embriogenético del neuroplasma desde el óvulo hasta el órgano maduro, su evolución e involución en la serie animal (neurobiología genética comparada). La maduración de cerebro y psiquis fetal e infantil (psicogénesis). Reconstrucción del plan ontogenético del neuroplasma ;

6° El estudio de la morfología e histología patológica del sistema nervioso de hombre y animales (neuropatología comparada), sus relaciones con la fisiopatología y clínica nerviosa y mental. Método el más fecundo para el análisis psicobiológico de la inteligencia, del lenguaje, de afectos, voluntad y sentimiento ;

7° La psicobiología experimental en animales unicelulares, invertebrados y vertebrados ; el estudio de actos reflejos, instintivos y conscientes bajo diferentes condiciones y en relación con el desarrollo respectivo de su sistema nervioso (psicología orgánica animal y eco-etología neurobiológica) ;

8° El estudio especial del cerebro de individuos talentosos, sobresalientes, de cerebros pertenecientes a la misma familia (herencia neurobiológica), el cerebro de las diferentes razas (primitivas, superiores), estudio que hasta ahora ha dado poco fruto, por haberse limitado siempre a cuestiones morfológicas macroscópicas ;

9° El estudio del bioquimismo cerebral, en estado normal y patológico, las intoxicaciones, el metabolismo nervioso en el sueño, etc., todo eso recién en su principio, por falta de método y orientación todavía. Todo eso culmina finalmente con

10° La organización de institutos neurobiológicos nacionales que, dotados de laboratorios para todos esos métodos, se dediquen sistemáticamente al estudio de la neurobiología regional del cerebro de los animales, razas humanas primitivas, autóctonas, mestizadas, etc., de su país, y que así, en acción colectiva internacional, contribuyan al progreso nacional y humanitario de la neurobiología, sus teorías y resultados prácticos para hombres y animales (1).

Entre los maestros y discípulos que practicando y perfeccionando esos métodos han contribuido a crear la neurobiología moderna citaremos :

(1) Compárese, al respecto, el *Atlas de los cerebros de la fauna argentina*, por Chr. Jakob y C. Onelli, Buenos Aires, 1913.

1° Stilling (cortes congelados), Hanover y Mueller (endurecimiento en sales de cromo), Meynert, Koelliker (histología), v. Monakow, Ramón y Cajal, Dejerine (cortes histológicos seriados del tronco y de los hemisferios), Vogt, Brodmann, Campell, Kappers, Jakob, etc. (estructura regional cortical, mielo y cito arquitectura topográfica);

2° Gerlach (1858, coloración con carmín y cloruro de oro), Golgi (1883, impregnación con nitrato de plata), Weigert (1884, coloración de la vaina de mielina con hematoxilina y neuroglía), Exner, Marchi (coloración de grasa con ácido ósmico), Nissl (1887, coloración del protoplasma y sus gránulos con azul de metileno), Ramón y Cajal (1888, impregnación de elementos fetales; 1900, métodos de reducción de nitrato de plata para neurofibrillas), y otros métodos para neurofibrillas son de Bethe (molibdano), Apathy, Bielschowsky, Donaggio, etc.; Ehrlich (1886, coloración vital con azul de metileno);

3° Ch. Bell, Magendie (raíces anteriores motoras, posteriores sensitivas), Marshall Hall, Pflueger, Brown-Sequard (reflejos y conducción espinales), Schiff, Nothnagel, Cl. Bernard (conducción sensitiva, funciones bulbares), J. Mueller, Weber, Helmholtz (fisiología del ojo y oído), Gudden (creador del método degenerativo experimental), Singer, Sherrington, Mott (secciones de nervios, manojos y centros para definir función y dirección), Fritsch y Hitzig (excitación eléctrica de los centros corticales motores en perros); análogos estudios en monos y hombre por Horsley, Beevor, Ferrer, Russel, Allen Star, Luciani, etc.;

4° Leuret, Gratiolet, Broca, Meynert (cerebros de mamíferos), Edinger (vertebrados inferiores), Reissner, Stieda, Fritsch, Mayser (pescados, anfibios), Wallenberg (aves),

Retzius, Herrick, Elliot Smith, Kappers, Held, Jakob (mamíferos), etc.

5° von Baer, Tiedemann, Reichert, elaboran la embriogénesis cerebral en animales; His, desde 1879, la embriogénesis del cerebro humano, Kupfer (histiogénesis comparada), Goette, Balfour, von Lenhosseck, von Mihalkowics, Bechterew, Edinger, Ramón y Cajal perfeccionan tales estudios en numerosos trabajos, y el famoso neurobiólogo Flechsig, desde 1872, estudia las leyes de la mielinización sucesiva de las vías cerebro-espinales, creando la teoría de los centros de asociación y proyección, que sobre todo entre los no neurólogos tuvo gran resonancia;

6° En clínica neurológica debe citarse, ante todo, a la escuela francesa, desde P. Broca (1861, afasia motora y su localización) y Vulpian hasta Charcot, Bouchard, P. Marie, Dejerine y sus discípulos, que en numerosas investigaciones neuropatológicas, clínicas y anatómicas contribuyeron a la doctrina de las localizaciones en la médula y el cerebro. Pertencen a la escuela alemana los famosos trabajos sobre degeneración secundaria de Tuerck (1850, haz piramidal), Waller (degeneración fibrilar, 1852) y Nissl (degeneración retrógrada celular), Alzheimer (histopatología cortical). En clínica, se distinguen Wernicke (1882, afasia sensitiva) y Kussmaul, Westptal, Erb, Struempell (afecciones espinales). H. Jackson describió, por primera vez, en 1870, los ataques convulsivos seriados en excitaciones patológicas corticales y echó así la base para las localizaciones motoras; le siguieron en Inglaterra, Gowers y su escuela;

7° De tiempo atrás llamó la atención la vida social de ciertos insectos (abejas, hormigas) y sus instintos complejos, que fueron estudiados por Lubbock, Forel, Wassmann, Fabre y

otros. Respecto de la psicología animal existen varias tendencias: la escuela antigua, que en oposición a Descartes, desde Lamarck, interpretaba los fenómenos psíquicos en forma antropomorfa, si bien gradualmente variante (Darwin, Haeckel, Romanes, etc.); contra esa tendencia subjetiva se dirigió en Alemania la escuela objetiva de Bethe, von Uexküll, zur Strafsen y Ziegler, quienes deseaban eliminar radicalmente lo psíquico y describir sólo lo real; entre los experimentadores en vertebrados hay que citar a J. Loeb (1888, estudios sobre tropismos), Jennings (reacciones de unicelulares), Yerkes, Giard, Bohn, etc. (invertebrados superiores); en plantas, Pfeffer, Sachs, Haberlandt, etc., estudiaron ya antes análogos fenómenos plasmopsíquicos. En psicología comparada experimental, después de Fechner, corresponde a Wundt el puesto de creador de esa rama en el hombre.

Como para el concepto del neurodinamismo es de la mayor importancia la forma del *contacto* entre sus elementos, pues todos los fenómenos nerviosos son resultados de *transformaciones neurenergéticas en sistemas neuronales acoplados*, trataremos más detenidamente la historia del concepto del neurón, o sea esa unidad morfológico-funcional que, como reunión entre célula y fibra nerviosa, forma el verdadero elemento neurodinámico; son complejos de neuronas que forman los sistemas aferentes y eferentes, y las cadenas neuronales seriadas representan la unidad funcional neurodinámica del organismo.

Como ese concepto es el fruto de todos los diferentes métodos, corresponde recién aquí su estudio. La reunión entre célula y fibra la percibieron por primera vez R. Wagner (1851) y Remak, en animales, observando el origen del cilindroeje del cuerpo celular. Deiters (1865) constató igual cosa en el

hombre y perfeccionó los conocimientos sobre la ramificación protoplasmática. Desde Deiters existe así la base histiológica para el concepto neuronal, y basado en ella y en sus primeras coloraciones fundó nuestro profesor de anatomía, J. Gerlach, en 1871, la primera teoría sobre una red nerviosa formada por las ramificaciones protoplasmáticas y la salida y entrada directa de cilindroejes en los plexos. En oposición a él, Golgi pensó que esa red la constituían las ramificaciones fibrilares de los axones. Ambas teorías fueron combatidas por His y Forel (1887), por razones embriológicas e histopatológicas, y especialmente con métodos perfeccionados histiológicos por Ramón y Cajal, Kölliker, Retzius y otros, sosteniéndose victoriosamente la no existencia de redes y la independencia morfológica de las ramificaciones tanto protoplasmáticas como fibroterminales; el transporte de un elemento al otro, entonces, como estableció definitivamente Waldeyer (1891, teoría del neurón), no puede hacerse sino por contacto (teoría dinámica de la conducción neurenergética).

Pero no faltaron adversarios; ya Dogiel había sostenido las « anastómosis » fibrilares, y, cuando aparecieron los nuevos métodos neurofibrilares, se suscitó nuevamente la discusión. M. Schultze, en 1871, ya había sospechado la existencia de neurofibrillas; pero recién Apathy, con su método de aurificación, las evidenció realmente, describiendo redes de ellas, intercelulares, en el sistema ganglionar de invertebrados. Iguales anastómosis neurofibrilares (que reunieran morfológicamente las células) fueron descritas por Bethe y Nissl, quienes constataron que el verdadero órgano neurodinámico no eran las células, sino esa red anastomizante de neurofibrillas (su famoso gris nervioso). Pero los nuevos métodos neurofibri-

lares (de Ramón y Cajal, Bielschowsky, Donaggio, Simarro) consiguieron nuevamente rechazar las teorías neuroanastomizantes y confirmar la teoría del contacto, por lo menos para los animales superiores ; en los invertebrados no está todavía decidida la cuestión. En cambio, se acercaron ambas teorías con el descubrimiento de los órganos (botoncitos y mazas) de contacto (Auerbach, Cajal, Held), con los cuales las dendrificaciones fibrilares rodean el cuerpo celular y abrazan íntimamente sus prolongaciones, admitiéndose que, con el desarrollo funcional, los elementos neuronales, originariamente independientes, los extremos de sus respectivas neurofibrillas llegarían por intermedio de sus aparatos de transmisión, a un contacto neuromolecular tan íntimo que equivaldría a una anastómosis. Así resultaría finalmente, a pesar de todo, una red *tridimensional funcional neurofibrilar*, en la cual corre el neurodinamismo y elabora sus creaciones, valorizándola.

Nos dirigiremos ahora al estudio neurogenético, para informarnos sobre los principios biológicos dirigentes en la formación y evolución del neuroplasma y sus variados dinamismos.

### CAPÍTULO III

#### Neurobiología genética y comparada

Como todo lo orgánico, el neuroplasma tiene también sus formas y fases de nacimiento, desarrollo e involución definidas y ancladas en el fondo de la energética vital ; y la elaboración del plan neurogenético, en todas sus diferentes modificaciones adaptativas, es el gran desiderátum, en el cual se ocupan en la actualidad todos los laboratorios neurobiológicos.

La *ontogenia* estudia ese desarrollo, en el individuo, desde el óvulo que encierra el neurogerminoplasma hasta su estado maduro (evolución morfogenética y fisiogenética), y desde ahí hasta su involución senil o enfermiza, estableciendo así el *plan evolutivo neuroontogenético del neuroplasma individual*, y esto no sólo en el hombre, sino en toda la serie animal ; recién así, en forma comparativo-genética, se nos revelará la grandiosidad del plan ontogenético del neurodinamismo universal, y la *filogenia* (1) establece en forma comparada la variación y modificación filética de la organización del siste-

(1) Se entiende también bajo el nombre de « filogenia » la evolución total hipotética que, según la teoría transformista, ha debido tomar el neuroplasma desde su origen terrestre hasta el momento actual en sus formas más elevadas ; en este sentido especulativo, la filogenia nerviosa pertenece a la biología filosófica y no será, por lo tanto, tratada aquí.

ma nervioso en las diferentes especies animales, desde sus representantes más inferiores hasta el hombre ; y esto no sólo en la actualidad, sino, dentro de lo posible, también en el pasado (1). La reconstrucción de ese *plan filético comparado del neuroplasma* es obra científica de la mayor importancia y sus resultados recién elevan el estudio limitado al hombre a su verdadera fase científica. El cerebro del hombre es comprensible en su significación biológica recién a través de esas investigaciones llevadas comparativamente en forma universal.

Empecemos nuestro estudio con una reseña de la *biología filética comparada* del sistema nervioso. Como en los animales más inferiores (protozoarios unicelulares y sus formas elementales asociadas, cenobios y esponjarios) no se ha independizado el neuroplasma del protoplasma nutritivo (trofoplasma) común (periodo plasmopsíquico elemental), este estudio lo comenzaremos en las especies superiores (hidropólipos, medusas, ctenóforas, etc.), en las que esa diferenciación se ha producido (fase de los neurodinamismos especializados).

Sin embargo conviene notar que ya en las formas unicelulares más inferiores (amibas), y sobre todo en las más diferenciadas (flagelados, infusorios), se notan « orgánulos » protoplasmáticos, especialmente sensibles a estímulos periféricos (luz, contacto, calor, sustancias químicas, nutritivas, etc.), y es generalmente el ectoplasma (zona periférica) del organismo el asiento de tales reacciones de rechazo o atracción (el endoplasma preside, en cambio, a las funciones

(1) Véase nuestro estudio sobre *Cerebros fósiles de la fauna argentina*, XVIIº Congreso interamericano, 1910.

nutritivas como trofoplasma). Así encontramos en los flagelados el « punto ocelar » (rojizo-amarillento) un protoplasma sensibilizado para ciertas intensidades luminosas como antecesor de los aparatos oculares, y en la base de los aparatos de locomoción de los infusorios (pestañas, cilias y filamentos vibrátiles) se encuentran corpúsculos plasmáticos (blefaroblastos) comparables a los centrosomas y centriolos de las células superiores, y que parecen regular los ritmos vibratorios. El ectoplasma percibe también las oscilaciones acuáticas, el calor y sobre todo los cuerpos químicos disueltos (vibraciones moleculares, presiones osmóticas y sus cambios) y reacciona frente ellos ; igual cosa se ha podido constatar también en las células vegetales (algas, hongos, esporas, etc.). Tales reacciones cuando influyen en la dirección y posición de los animales o plantas se las designa con el nombre de *tropismos* de acercamiento o alejamiento (positivos o negativos) ; cuando producen una locomoción total se las designa con el de *taxismos* de atracción o repulsión (positivos o negativos), y cuando regulan reacciones rítmicas, periódicas, se las llama *ritmos pulsantes* (vacuolos contráctiles), ellas nos muestran también que sin un neuroplasma diferenciado, el protoplasma común ejerce funciones neurodinámicas elementales, recibe y distingue estímulos y cambios de intensidades, y actúa, en consecuencia, en reacciones contráctiles positivo-negativas, según las necesidades biológicas lo exijan. Podemos comparar la mayor parte de esas funciones neuroplasmáticas elementales con la función de los aparatos del olfato, gusto y tacto en las formas superiores que, en resumen, se refieren todas a *cambios moleculares* del medio (reacciones haptomoleculares).

Todas esas reacciones, visiblemente neurodinámicas, pues

por ellas regulan esos organismos su equilibrio estático y dinámico en el ambiente variable, las designamos con el nombre genérico de *plasmopsiquismos*.

En los celenterados policelulares diblastodérmicos aparece con la diferenciación estructural desde los hidropólipos, a expensas de la hojuela ectodérmica, un aparato nervioso sui géneris en forma de células neuroepiteliales, que elaboran un plexo subcutáneo neuroplasmático que rodea toda la superficie; entre ambas hojuelas, la función nutritiva asimiladora queda entonces definitivamente reservada al endoderma (trofoplasma visceral). El neuroplasma resulta ser así un producto de diferenciación ectodermal, en virtud de una ley biológica universal válida en toda la serie; desde la amiba hasta el hombre, preside el ectoblasto, con la neurogénesis, a la regulación del equilibrio orgánico elaborando su ambiente.

Los elementos neuroepiteliales de los celenterados están, en parte, ubicados en el ectoderma, y, en parte, emigran hacia el interior (precursores ganglionares), y todos ellos emiten prolongamientos que terminan en los elementos reactivos, produciendo así, según los estímulos táctiles, térmicos, químicos, variados, etc., diferentes reacciones locomotoras de sus tentáculos y cuerpo entero, ofensivos o defensivos. Ya existe aquí entonces una « toma de posesión » del neuroplasma en sentido de dirección, cualidad e intensidad de los estímulos, que autónomamente decide sobre el efecto biofórico; es el problema metafísico de la motivación de la reacción que conocemos en nosotros: si es positiva la consideramos de placer (filia), y si es negativa, de dolor (fobia); en presencia de esa autonomía electivo-reactiva, ya podemos inferir en los celenterados algo análogo a nuestros estados afectivos, que ignoramos por lo pronto, pero la electividad reactiva neuro-

plasmática existe ya aquí correctamente, y si se quiere hasta en los plasmopsiquismos, que en su constelación positiva o negativa revelan igual « afectividad », siendo cuestión de importancia secundaria su « tonalidad ».

Un órgano especial, en el vértice de ciertos celenterados (ctenóforas), es la placa parietal, formada por células neuroepiteliales cilíndricas ciliadas (a veces encerrando un otolito). Dicho órgano, que emite prolongaciones hacia la musculatura inferior, interviene en la regulación estática de la posición vertical del organismo en el espacio, análogamente que nuestros aparatos laberínticos (canales semicirculares) vestibulares. La ubicación de ese órgano estático constituye, además, un paralelo interesante con la placa neural en el área embrionaria de todos los animales superiores hasta el hombre, la que con su idéntica ubicación establece el polo animal dorsal del futuro organismo. Podríamos reconocer así en este órgano parietal laberíntico el primer sistema de centralización neurodinámica.

Pero en los celenterados no se ha llegado a una real centralización en ese sentido; todos sus elementos nerviosos son superficiales y están distribuidos sobre la periferia; sólo en la diferenciación de sus aparatos receptores sensitivos se notan ya perfecciones adaptativas a los diferentes estímulos: hay aparatos táctiles y tentáculos, variados, existen órganos oculares primitivos y estatocitos en simétrica distribución, para recibir el ritmo de la presión acuática y sus alteraciones. Cada elemento es típicamente de carácter sensomotor mixto; entonces, no habiéndose producido todavía la división del trabajo en sistemas sensitivos y motores, es el mismo elemento que recibe el estímulo y lo lleva directamente hasta la fibra muscular (*elemento sensomotor* o *neurona primordial*). Se ad-

mite además, en las formas inferiores, células más elementales aún ; representando elemento nervioso (sensomotor) y muscular a la vez (*células epiteliomusculares* primitivas, preneurales) : aquí el mismo elemento ectodermal es capaz de recibir el estímulo y contraerse en su porción central, muscular.

La diferenciación perfecta en elementos nerviosos sensitivos y motores (receptores y efectores), así como la de periféricos y centrales, se produce recién en los vermes. En ese grupo observamos la separación típica en sistemas aferentes periféricos y otros eferentes centrales, ambos de origen ectodermal. Aquí los aferentes emiten sus estímulos en prolongamientos hasta los ganglios centrales, los que representan a su vez concentraciones de elementos eferentes, y de aquí parten entonces las reacciones hasta los músculos y glándulas. Como en esos organismos encontramos ya una segmentación más perfecta, la cadena ganglionar posee también la misma organización metamérica, y su consecuencia es la aparición de un tercer elemento neuronal asociativo (en las formas superiores, los anélidos), o sea las *células intercalares*, entre elementos sensitivos y motores, que como sistemas interganglionares reúnen asociando la cadena de ellos, o mejor dicho, forman recién la cadena. Con la aparición de los ganglios, empieza una nueva fase en el neurodinamismo. Pasado el período del elemento neuromuscular y del sensomotor se juntan ahora los elementos de igual función en los ganglios, con grandes ventajas de economía material, nutrición y protección. Ganglio es, pues, una agrupación de elementos de igual carácter que recibe determinados grupos de estímulos y los transforma, a unos, en efectos musculares o glandulares (función motor ascendente y descendente o secretora directa), y a otros, en efectos intercalares para los ganglios vecinos (extensión de la reacción

motor); en tal concepto resulta el elemento asociativo, también de carácter efector, motor. En los vermes superiores, además de tales sistemas homolaterales, existen también neuronas cruzadas, heterolaterales ; es así que la excitación provocada en un punto puede extenderse en todos sentidos en el sistema central.

Dicha cadena ganglionar se encuentra ubicada en la región ventral del organismo, debajo del tubo digestivo, salvo el primer ganglio, que siempre se encuentra encima del esófago (en la zona de la placa parietal), formando el ganglio supraesofágico o cerebral, y continúa con un anillo periesofágico hacia el segundo ganglio basal, subvisceral. Ese primer ganglio encefaloide tiene, sobre todo en las formas superiores, un desarrollo mayor a causa de su relación directa con los órganos de los sentidos más importantes (olfativo, gustativo, visual, táctil, perioral, etc.), ubicados todos en el polo cefálico anterior del organismo, y sus neuroepitelios hacen penetrar entonces los diferentes estímulos hacia el ganglio cerebroide, para transformarse en reacciones motoras y glandulares de mandíbulas, labios, esófago, cabeza, etc. ; y, finalmente, parten de las vías intercalares, poderosos estímulos hacia la cadena ganglionar subvisceral, que provoca así la colaboración del organismo entero (la unidad funcional del individuo se debe entonces ya aquí a los sistemas intercalares).

En ciertos grupos de vermes, al lado de la cadena ganglionar ventral existe otra bilateral (platihelminthes), y en otros notamos hasta cuatro filamentos (uno dorsal y ventral y dos laterales), que nacen de un ganglio cerebral. En los anélidos ya se desarrollan ojos con lentes y con retina invertida, sus neuroepitelios (bastoncitos) excitan al ganglio óptico subya-

cente emitiendo éste un nervio óptico al cerebro ; al lado de esos ojos complexos hay otros más simples (ocelas), y aparatos de olfato y gusto ya muy perfeccionados.

Los equinodermas disponen de un sistema ganglionar circular, radiado, más sencillo ; también sus órganos sensoriales (táctiles, otocistos y ocelares) son muy rudimentarios. Los moluscos, en cambio, presentan otra vez mayor desarrollo ; disponen de un gran ganglio encefaloide, del que irradian los plexos fibrilares anastomizantes hacia los ganglios pedales, torácicos, pleurales y viscerales, y como órganos de los sentidos disponen, entre otros, de ojos muy perfeccionados, completos (cefalópodos), otocistos, órganos táctiles y olfativos ; organización análoga, pero más compleja, notamos en los artrópodos, arañas, crustáceos (figs. 5 y 6), y especialmente entre los insectos (fig. 7), con su colosal ganglio cerebral y cadena ganglionar torácico-abdominal, con sus poderosos órganos de los sentidos : ojos mosaicos complexos y ocelas, órganos olfativos (en las antenas), táctiles (en palpos y antenas), del oído (cuerdas, tímpanos) y gusto (lenguas, labios), y sus aparatos perfeccionados de locomoción y defensa (extremidades articuladas, alas, mandíbulas, aguijones, etc.).

En los insectos superiores (fig. 8) de hábitos coloniales (termitas, abejas, hormigas), el ganglio cerebral adquiere un desarrollo excepcionalmente notable, de manera que más de la mitad de la cabeza resulta ser aparato neurodinámico tal que ciertos hechos incitan a pensar en una especie de acción conmemorativo-olfativa, óptica, etc., que en ellos (sentido de la orientación en el espacio, de la topografía del nido) están en visible conformidad con ese desarrollo orgánico cerebroide, que debido a su riqueza en vías asociativas podría permi-

tir ya una forma limitada de experiencia individual. Concordando con esto notamos también diferencias morfológicas cerebrales individuales entre obreros, soldados, hembras (reinas) y machos (zánganos) ; así, son los centros superiores del ganglio cerebral (cuerpos fungiformes) los más desarrollados en las obreras, los lóbulos ópticos lo son más en los zánganos (abeja) y en las hembras (hormiga), según su mayor capacidad neurodinámica.

Todos los invertebrados estudiados hasta ahora disponen pues, de una *cadena ganglionar con ubicación ventral* (grupo de los *hiponeurotas ganglionares*) ; pasaremos ahora a otro grupo superior, con *ubicación dorsal* (por encima del tubo visceral) y *formación tubular* de su sistema central (*epineurotas tubulares*), que llega desde los tunicados hasta los mamíferos y el hombre.

En todo ese gran grupo se forma en la placa parietoneural del ectoderma no una serie de ganglios separados y reunidos secundariamente, como en los invertebrados, por filetes asociativos, sino que el órgano central es, desde un principio, un único « tubo neural », de ubicación dorsal y que encierra a la vez células y fibras en disposición continua, y sólo la cadena independiente de ganglios invertebrales y simpáticos recuerda el origen metamérico inicial. El órgano central tubular (fig. 9) es formado por elementos motores y asociativos ascendentes y descendentes, y recibe los estímulos sensitivos por las vías ganglionares (raíces posteriores, nervios sensitivos), emitiendo, en cambio, estímulos eferentes por las raíces anteriores y nervios motores a músculos y glándulas.

Ese tubo neural aparece en forma primitiva en los estados larvales de los tunicados (larvas movibles de ascidias y salpas) y sufre después una reducción involutiva en las formas

sesiles maduras de ellas. Recién en el amfioxus, precursor de los vertebrados, persiste el tubo neuromédular por encima de la cuerda dorsal, pero sin formar perfectas vesículas cerebrales todavía; persiste un nervio olfatorio y una fovea pigmentada (retiniana<sup>2)</sup>) en la ampolla encefálica, que comunica, por el neuroporo, con el ambiente. Desde los ciclostomas, existen en la extremidad cefálica del tubo neural las tres vesículas cerebrales; en el amfioxus y ciclostomas encierra el tubo medular, los arcos reflejos, segmentados con sus vías asociativas intercalares (cordones): vía sensitiva de la periferia, como nervio sensitivo, al ganglio, y de ahí, entrando como raíz posterior a la zona motora, medular; vía motora, naciendo en las células motoras espinales, saliendo como raíz anterior y nervio motor hacia su ramificación muscular. Ese sistema sería enteramente análogo en cuanto a su efecto al sistema ganglionar; sus ventajas resultan recién cuando empieza el desarrollo de los centros superiores, ubicados en las vesículas cerebrales (fig. 10). También éstas están en su génesis visiblemente relacionadas con los principales órganos de los sentidos, como en los invertebrados. Tenemos, pues, en los pescados inferiores:

1° La vesícula cerebral anterior (telencefalon) con el ventrículo lateral y medio y su ganglio basal, el cuerpo estriado, que recibe los estímulos del nervio olfatorio (olfatencefalon), véase figura 9 (1);

2° La vesícula cerebral media (mecesenfalon) con el ventrículo silviano, que recibe los estímulos ópticos (optencefalon);

(1) En los selaquios y dipnoicos existe delante del nervio olfativo un « nervio terminal » preolfatorio (Locy).

3° La vesícula cerebral posterior (rhombencefalon) con el cuarto ventrículo, que recibe los estímulos provenientes de los aparatos branquiales (trigémino, acústico-vestibular, neumogástrico, branquiencefalon); para los nervios del grupo acústico-facialis y neumogástrico-glosofaríngeo, se admite, desde los trabajos respectivos de Goette, Frorriep, Beard y von Kupffer, además de su origen ganglionar, otro, directamente periférico: de las placodas branquiales de los órganos laterales y branquiales.

Las reacciones motoras respectivas están, por lo general, en concordancia con sus zonas sensitivas.

Ese sistema elemental cerebroespinal (arquencefalon) solamente produce actos reflejos, que serían entonces esencialmente:

- a) En el cerebro anterior: reflejos olfativo-motores y secretores;
- b) En el cerebro medio: reflejos óptico-óculo-motores;
- c) En el cerebro posterior: reflejos facio-mandíbulo-labiales y linguo-faríngeo-laríngeo motores y secretores;
- d) En el tubo medular cervical: reflejos del cuello y extremidad superior;
- e) En el tubo medular dorsal: reflejos toraco-abdominales;
- f) En el tubo sacro-lumbar: reflejos de la pelvis y extremidad inferior;
- g) En el tubo sacro-coccígeo: reflejos viscerales pelvianos y de la cola (coccis).

En ciertos segmentos se agregan todavía reflejos simpático-viscerales (véase más adelante).

Así, a medida que se desarrollan o reducen los aparatos sensitivos o motores, aumentan o disminuyen sus respectivos

arcos reflejos, y la eficacia de los reflejos encefálicos se manifiesta especialmente por el desarrollo de vías intercalares largas (olfativas, ópticas, vestibulares, etc.) para reacciones reflejas intensas y generalizadas.

Tal es la organización reflejo-mecánica en los pescados inferiores, pero en los superiores, esto cambia debido al desarrollo especial de ciertas formaciones neurodinámicas del techo de las vesículas cerebrales. Así, se desarrolla en el techo de la tercera vesícula el cerebelo, como aparato central coordinador de la locomoción; en la segunda se perfeccionan los cuerpos ópticos, que ya parecen permitir la elaboración de una limitada experiencia individual óptica en ciertos pescados, y en los dipnoicos (fig. 11) se perfecciona igualmente el techo de la primera vesícula (el *pallium* o manto cerebral), que en gran número de peces consiste en una membrana celular endimiaria sin elementos nerviosos (*pallium membranoso*), y que en los dipnoicos ya se espesa albergando elementos corticales (*pallium nervioso*), y continuando esa evolución del manto cerebral llegamos recién al principio supremo en la organización cerebral de los vertebrados; ese *pallium* nervioso del telencefalon es la futura corteza cerebral, que recibe ahora, poco a poco, estímulos sensitivos y musculares de todos los arcos reflejos segmentados, transformándose así en el verdadero órgano central supersegmentario; porque en su dinamismo no sólo se centralizan pasajeramente, sino que se depositan también, en forma duradera, energías orgánicas experimentadas en la vida anterior del organismo, y esto permite la asociación superior, siempre más extensa; prepárase así la formación de un « fondo de reserva neurodinámica », cuyo creciente capital garante la elaboración progresiva de una experiencia individual y de cuyos intereses se beneficiará la acción

neurodinámica superior, llamada ahora « consciente », del organismo; tanto para el futuro, como en el presente, afloran recién los fenómenos psíquicos superiores. Ese proceso no está, como se ve, reservado únicamente al hombre; empieza en los peces dipnoicos (lo hemos podido constatar recientemente en el *Lepidosiren* del Chaco argentino) (1) y continúa en la serie de los vertebrados para culminar en los primates y el hombre.

En los anfibios (fig. 12) persiste más o menos el estado del *pallium* de los dipnoicos. Como sus elementos son muy semejantes al endimio primitivo, hemos designado ese tipo como *cortex primitivo endimario*, y recién en los reptiles (fig. 13) y quizá ya antes, en los gimnofiones, se produjera ese cambio, desarrollándose una corteza superior estriada, con capas celulares piramidales superpuestas y división de trabajo sensomotor y asociativo, pues, en el fondo, tampoco ese nuevo órgano del neurodinamismo supremo no conoce otros elementos fisiológicos que los que actuaban ya en los sistemas reflejos ganglionares, y, únicamente, su dinamismo dispone de mayor libertad y tiempo de acción por no tener que colaborar en las necesidades orgánicas inmediatas, lo que se lo ahorra, precisamente, el aparato inferior reflejo, encargado de esa misión.

En las aves encontramos el mismo tipo cortical, quizá más rudimentario, pero el cuerpo estriado aumenta poderosamente (dinamismos reflejo-instintivos) y recién en los mamíferos empieza la verdadera marcha victoriosa del « *cortex* cerebral superior »; su evolución más detallada tendremos que examinarla todavía.

(1) Ver *Anales del Jardín zoológico*, Buenos Aires, 1921.

Hemos visto ya que el sistema filéticamente antiguo de los epineurotas era el de los arcos reflejos metaméricos del arquencefalon; que con el desarrollo del cerebelo y de los cuerpos estriados, se perfeccionaba además el aparato reflejo de locomoción, y que la elaboración de los actos instintivos, en síntesis, sólo representan reflejos complejos seriados. Todas las funciones arquencefálicas son subconscientes e independientes de la experiencia del individuo, encargadas de la profilaxis de los sistemas vegetativos (nutrición, locomoción y reproducción); ellos representan los *filopsiquismos*, hereditariamente preformados ya completamente y transmitidos munidos de experiencia colectiva y genérica de la especie, de la cual el individuo sólo es producto y agente. También corresponde agregar, que el sistema simpático, que sólo desde los pescados aparece separado del sistema somático, pertenece por entero al sistema filopsíquico, en el cual representa la fracción visceromotora.

El primer aparato cortical superior de este filopsiquismo reflejo-instintivo es el que, en dipnoicos y anfibios, se agrega al techo del aparato olfato-reflejo del cuerpo estriado; es entonces que la primera formación de un *pallium* nervioso se establece para la « memoria olfativa » y llámasele *paleocortex*, el que, junto con el aparato reflejo, forma el « rhinencefalon ». Ese primer esbozo de corteza olfatoria corresponde a la formación que en los mamíferos designamos como corteza esfenooidal y amónica (cuerno de Amon e Hipocampo), y a esos principios « olfatomnésticos » se agrega en los reptiles, en adelante, el *neocortex* (*neopallium*), para la fijación conmemorativa también de los demás estímulos sensitivos y viscerales (táctiles, musculares, ópticos, acústicos, etc.).

El origen de la corteza cerebral lo podemos fijar en el

período postdevoniano, porque ya en el siguiente, el carbónico, existían batracios perfectos y dientes de peces dipnoicos, y hasta existían en el silúrico. Así es que podría asignarse al aparato cortical, última y suprema adquisición orgánica, una existencia de más de cincuenta millones de años; período bien aprovechado, por cierto, si consideramos el curso de su perfeccionamiento.

Respecto de la fisiología cortical de reptiles y aves estamos poco adelantados, a causa del predominante desarrollo del aparato estriado instintivo; pero en los mamíferos ya empezamos a orientarnos mejor, porque desde la comadreja (fig. 14) hasta el hombre aumenta constantemente el aparato neocortical y paralelamente se complican las funciones *ontopsíquicas*, es decir, los psicodinamismos radicados en la experiencia ontogenética individual, y es completamente evidente que el intelecto humano debe su superioridad relativa sólo al perfeccionamiento neocortical, pues el *paleocortex amónico* es más bien regresivo o estacionario, o cuando menos, no progresivo en su evolución. Junto con el crecimiento de esa corteza superior se agregan como consecuencias algunas modificaciones morfológicas estructurales. La corteza cerebral de los marsupiales inferiores es lisa en la convexidad (como la del hemisferio de batracio, reptil y ave), sin embargo, ya existen dos surcos: entre rhinencefalon y *neopallium*, la fisura rhinal, y en la zona amónica el surco del Hipocampo. Además, existe la fisura coroidea (origen de los plexos coroides). El período lisencefálico (incompleto como hemos visto) se transforma rápidamente, en los marsupiales superiores (cangurú), al girencefálico, porque con la extensión del manto cortical éste debe plegarse para aumentar dentro del respectivo volumen intracraneano la superficie hemisférica. Ese

pasaje del tipo liso al girencefálico (fig. 15) lo observamos otra vez entre los roedores inferiores y los superiores, así como entre los primates (monos inferiores y superiores).

La disposición de esos surcos y circunvoluciones expansivas tiene doble orientación: unos se forman en sentido longitudinal, ánteroposterior, paralelos al surco rhinal (surcos y giros de segmentación), y otro en el sistema radiado, que verticalmente al primero se desarrolla en consecuencia de la rotación hemisférica (sistemas de sectorización y rotación). Desde los marsupiales para arriba cada clase de mamíferos tiene su tipo característico de surcos combinados, y a veces es muy difícil establecer, entre diferentes tipos, las homologías respectivas (fig. 16). Los edentados tienen ya varios surcos de segmentación (silviana, ectosilviana, esplénica, amónica), y como perfeccionamiento en su organización interna aparece aquí por primera vez la comisura interhemisférica dorsal del cuerpo calloso (comisura del neocortex), mientras que en los marsupiales y vertebratos inferiores sólo existe la comisura basal (comisura anterior) del rinencefalon. Tipos cerebrales más perfectos son los carnívoros, rumiantes, ungulados (1) y especialmente los primates, cuyo tipo encontramos variado desde el monito hapale hasta el cerebro del hombre.

El cerebro primatoide (fig. 17) se caracteriza por la rotación perfecta hemisférica, por la cual el polo temporal se dirige de su dirección inicial posterior hacia adelante, formándose con esa rotación temporal la insula de Reil con la fisura de Silvio, y se separan el lóbulo occipital (hacia arriba y atrás) y el temporal (hacia abajo y adelante). En cuanto a sur-

(1) Su estudio detallado nos ocupará en el tomo II de esa obra.

cos segmentales tenemos: los dos frontales, el interparietal, los tres temporales, el del hipocampo, el supracaloso y de surcos sectoriales, el rolándico, los pre y postrolándicos, la fisura simiana (no en todos los monos), la perpendicular interna y la calcarina. A medida que se perfecciona la configuración aumenta también de volumen y peso; este último es, en los monos más inferiores, sólo de 15 a 30 gramos, aumenta en los monos medianos de 50 a 150 gramos, en los superiores de 150 a 300, en los antropomorfos de 400 a 600 gramos y llega en el hombre actual de 1300 a 1500 gramos (fig. 18). El del pitecantropus se calcula en 900 gramos y el del hombre de Neandertal (*homo primigenius*) en 1000 a 1100 gramos.

En cuanto al dinamismo interior de esos centros del neocortex debemos especificar ahora diferencias funcionales muy importantes. Desechando la vieja teoría de los centros de proyección y asociación de Flechsig, pues es antipsicológica y antibiológica, puesto que en toda función cerebromedular hay asociación y proyección, como veremos igualmente, nosotros establecemos, en cambio, una diferencia dinámica de carácter biológico.

Los primeros centros del paleo y neocortex (fijación de estímulos olfativos, viscerales, táctiles, superficiales y profundos, ópticos, acústicos, etc.) permiten la elaboración del *dinamismo gnósico*; en todos los animales se forma así la experiencia a base de los estímulos sensitivos que emanan de los objetos y que se fijan y combinan en nuestra corteza, y por medio del aparato motor reactivo de la atención los identificamos o distinguimos entre ellos, esa *experiencia formal gnósica* se localiza en los centros sensitivos, detrás del surco rolándico (gnosias táctiles, estereognósicas, ópticognosias, acústico-olfativognosias, etc.) y su dinamismo existe en los

animales inferiores casi exclusivamente (posición frontal del surco central, rolándico, reducción del lóbulo frontal); en cambio, en los mamíferos superiores (caballo, perro y monos) aparece una categoría nueva de centros que consolidan la experiencia activa del organismo, no sólo la pasión gnósica. Esa *experiencia material* consiste en la elaboración de la praxias, dinamismos corticales, por medio de los cuales realizamos y fijamos el resultado del ejercicio activo muscular en el manejo complejo coordinado de nuestras extremidades, de la boca, de los ojos, manos, dedos, etc., bajo forma de manifestaciones comunes aprendidas de la técnica, del uso de instrumentos, etc. Los dinamismos práxicos que se forman desde los juegos infantiles en adelante se localizan preferentemente en los centros frontales prerolándicos, y son los que, con su lóbulo frontal grande, dan al hombre su superioridad victoriosa en el dominio de la naturaleza. La reunión asociativa continua entre dinamismos gnósico-práxicos permite recién el conocimiento perfecto de los objetos (significación biológica de la mano humana) y de su contenido energético (síntesis práxica).

Por eso los complejos asociados gnósicos son « sombras », y los elaborados práxicos, realidades. La reunión de ambos dinamismos la llamamos « ideas », y su comercio se hace más fácil debido a un dinamismo gnósico-práxico especial, reservado a la corteza humana, el *dinamismo de las simbolias* (palabra, número, línea) por el cual las ideas gnósico-práxicas se elevan de lo concreto hacia su concepto ideativo-cumulativo de lo *abstracto*. Gnosias, praxias y simbolias son los tres genios neurodinámicos con los cuales el intelecto humano se levanta a su único cielo real, el espiritual, estético y ético.

2/ Pasando ahora al análisis *embriogenético* del sistema nervioso, debiéramos, como introducción biológica al estudio de la *Neurobiología ontogenética*, considerar ante todo las leyes de la transmisión hereditaria de los neurodinamismos de padres a hijos, pero ignoramos casi por completo los hechos reales de la herencia neurodinámica. Seguramente en el material germinativo paterno (cabeza del espermatozooario) y materno (núcleo ovular) están contenidos el material y energías germinativas para engendrar un sistema nervioso análogo al de los padres; especialmente está localizado el neuroplasma germinativo en ciertos cromosomas de la zygota (el óvulo fecundado), que podríamos llamar los neurocromosomas, y experimentos hechos en erizos de mar demuestran que ese material germinativo neuroplasmático se distribuye, por igual, en las primeras divisiones celulares, durante la segmentación ovular sobre todas las blastómeras de la morula (1); recién después de haberse formado la blástula cambia esto y el material neuroplasmático superior pasa entonces por entero a las micromeras, ubicándose así en la gástrula del polo animal ectodérmico, donde, en los vertebrados superiores, se forma a ambos lados del antiguo surco primitivo (fig. 19), tomando así el neuroplasma su ubicación en el eje dorsal del futuro organismo; sólo el material plasmopsíquico se distribuye por todos los elementos y tejidos embrionarios. El resultado de este divorcio entre el neuroplasma elemental y el superior es la formación de la canaleta neural (sucesora de la placa neural parietal de las ctenoforas), que extendiéndose longitudinal y latitudinalmente se transforma pronto, cerrándose con sus

(1) Cada una de ellas es capaz de dar origen a un organismo con sistema nervioso completo por lo menos en invertebrados.

bordes elevados en el tubo neural (fig. 20), acompañado lateralmente por la cadena de los brotes ganglionares intervertebrales (fig. 21) y simpáticos, y todos ellos con sus elementos celulares derivan del mismo ectodermis axial. En sentido transverso sólo se efectúa así una segmentación para ganglios y nervios periféricos (fig. 22), mientras que el tubo neural mismo sólo en sus porciones vesiculosas anteriores muestra indicios pasajeros de metameria; en su porción cefálica pronto se forman las tres vesículas cerebrales, que ya conocemos de la filogenia, o sea esas vesículas huecas, llenas de linfa, cuyo crecimiento rápido origina tempranamente las curvaturas de la nuca, del vértice y del frente de la cabeza fetal, grande y voluminosa en el hombre (hidrocefalia fisiológica).

En la extensión longitudinal del tubo neural podemos establecer que los elementos de las dos zonas más centrales, cerca de la línea axial de la pared del tubo neural, se transforman en *neuroblastos motores*, la zona contigua más lateral en *neuroblastos intercalares*, y recién los elementos extramedulares dan *neuroblastos sensitivos* y finalmente *simpáticos*. Encontramos así también en la ontogenia los mismos elementos filéticamente ya estudiados (fig. 23).

Los elementos neuroblásticos (fig. 24) que engendran entonces las futuras células ganglionares y nerviosas se distinguen de los demás elementos ectodermales (los glioblastos, que forman la neuroglia, la substancia intersticial de sosten nervioso central) por sus prolongamientos y por su ubicación; derivado del epéndimo primordial del tubo neural emigran esos neuroblastos, de forma ovoide con núcleo grande, hacia la periferia de la pared, y allí siguen multiplicándose hasta que exista el número necesario de neuroblastos (3° y 4° mes fetal) que entonces empiezan a transformarse en

neuronas; su protoplasma elabora en el polo eferente el prolongamiento axonal, el cual, con su cono de crecimiento, penetra en la trama neuróglia y, extendiéndose a lo largo, penetra hacia el sitio de su ramificación terminal; el protoplasma se ha diferenciado mientras tanto en numerosas neurofibrillas y éstas penetran también en los prolongamientos protoplasmáticos que ahora sucesivamente aumentan la zona de acción celular. Más tarde aparecen los gránulos cromáticos, y así el neuroblasto se ha transformado en neurona. Discútese todavía si cada neuroblasto origina una neurona o si varios se combinan para formar células y fibras grandes. Como el cilindroeje crece siempre en el sentido de su conducción, es lógico que los neuroblastos motores emitan sus axones hacia la periferia muscular (raíces anteriores y fibras motoras), mientras que los neuronas sensitivos crecen con sus axones en sentido inverso hacia el interior del tubo neural (raíces posteriores, colaterales, etc.), y hacia la periferia crece el prolongamiento protoplasmático (fibra sensitiva) para ramificarse en la epidermis, etc. Los neuroblastos intercalares, en cambio, no salen de la médula dirigiendo sus cilindroejes hacia su zona periférica para formar así los cordones ánterolaterales (parte cruzada) y parte de los posteriores; la mayor porción de éstos la forman las ramas largas ascendentes de las raíces posteriores.

Entonces en un ulterior acto, la fibra axónica, especialmente de conducción larga, se cubre con su vaina aisladora de mielina y, además, en la periferia con la vaina de Schwann; los tipos cortos de Golgi permanecen sin mielinización. A la vaina de Schwann contribuyen las células de Schwann, a las cuales otros autores atribuyen también importancia en la formación de la vaina mielínica de los nervios periféricos

(tal teoría cadenaria se hace extensiva igualmente para el génesis del axón); en la regeneración de la fibra mielinica tienen activa intervención los elementos de Schwann.

El tubo cerebroespinal se espesa así poco a poco con sus paredes, a lo cual contribuye también la formación de numerosos elementos glioblásticos y su transformación en células endimiarias, filamentos endimiarios y células estrelladas aracniformes, cortas y largas, para substancia gris y blanca (neuroglia).

Además, se perfecciona todavía más la nutrición de las paredes del tubo cerebromedular por el desarrollo de elementos mesodermales : membranas envolventes y vasos sanguíneos. Las membranas forman la paquimeninge fibrosa (duramadre) y la leptomeninge (aracnoides y píamadre), y entre sus hojas está el espacio aracnoidal que comunica más tarde con el sistema ventricular por los agujeros de Magendie y Luschka. El líquido cerebroespinal que contiene es producto de secreción de los plexos coroideos y es un suero sanguíneo diluido, muy empobrecido en sales y albúminas. En el espacio aracnoideo se ramifican los vasos sanguíneos (las arterias aferentes son la carótide interna y la vertebral; las venas eferentes, son los senos duros longitudinales y transversos y la vena yugular). Los vasos penetran desde la periferia pial en ramas largas y cortas al interior del cerebro, donde forman sus redes capilares para llevar material nutritivo y oxígeno a las células nerviosas.

Pasado ese primer período órgano-genético del sistema nervioso, llegamos a su período histiogenético, en el cual se estudia el desarrollo y la diferenciación estructural de los núcleos, de la substancia gris, del trayecto de los haces y vías de conducción, la formación de sus plexos nerviosos,

el origen de la sistematización e histiotopografía interior del cerebro y la médula.

A este respecto se establece desde luego una diferencia fundamental entre los centros inferiores espino-bulbares y los superiores corticales cerebrales y cerebelosos. Los neuroblastos de ambos derivan igualmente del epéndimo primordial y se colocan emigrando de su sitio original hacia la pared; pero cuando se diferencian más los cilindroejes en ambas regiones es cuando se colocan los de los centros espinobulbares más hacia afuera todavía, formando, como ya hemos visto, los cordones; en un corte transversal obsérvase entonces : adentro el epéndimo definitivo limitando al canal ventricular, en seguida la zona de los neuroblastos (futura substancia gris de los cuernos y núcleos), y luego los cordones de fibras (futura substancia blanca). En cambio, en los centros corticales pasa lo contrario. Sus neuraxones se dirigen hacia dentro, entre la zona neuroblástica cortical y el epéndimo, y por eso, tanto en los hemisferios cerebrales como cerebelosos la substancia blanca se encuentra también entre ambas zonas; así es cómo en un corte vemos : epéndimo ventricular, substancia blanca y afuera substancia gris, es decir, la histiotopografía está invertida. Esa inversión de las zonas grises y blancas tiene su explicación biológica : desde la substancia gris cortical las vías de conducción eferentes corticofugales se dirigen hacia los núcleos grises espinales y bulbares, y para alcanzarlos deben dirigirse hacia adentro, mientras que la avalancha de vías aferentes inferiores para llegar en contacto con la corteza, tiene que hacer lo inverso, y por eso se cruzan ambos sistemas; la región donde esto ocurre y donde ambas direcciones opuestas se entremezclan y cruzan es la *cápsula interna*, situada entre el núcleo caudado lenticular y el tálamo, donde

se reúnen de la manera más íntima vías aferentes y eferentes, y debido a esta circunstancia esa zona tiene gran importancia en la clínica neurológica (ver Neuropatología).

Otro hecho histiogenético, no suficientemente aclarado aún, es el entrecruzamiento de la mayor parte de los cilindroejes centrales de un lado hacia el otro. Tanto las vías motoras como sensitivas se dirigen, en su trayecto del centro a la periferia o al revés, en determinados puntos del órgano central hacia el lado opuesto, de modo que cada hemisferio trabaja con la sensomotoridad del lado opuesto del cuerpo; ese entrecruzamiento sensomotor de las vías centrales se relaciona con la aparición de la lente cristalina de los ojos complejos y la inversión óptica, y su consecuencia es, como lo demostró Ramón y Cajal, el entrecruzamiento óptico; y a éste siguen después, para conservar la correlación topográfica de los estímulos y reacciones de un mismo costado, los cruzamientos de vías sensitivas y motoras; únicamente el cerebelo parece trabajar más preferentemente todavía con el lado homolateral, pero sus contactos cerebrales son igualmente todos cruzados.

Para explicar la seguridad con la cual los axones crecientes aferentes y eferentes encuentran especialmente su « cono de crecimiento » o sitio destinado a su expansión terminal, se acepta un proceso quimiotáxico (plasmopsíquico) que dirigiría el crecimiento y el modo de cruzamiento. Debe intervenir también el retículo fino neuróglia, que en un principio llena los intersticios entre neuroblastos y axones y que, posiblemente, en el punto de cruzamiento tiene disposiciones que favorecen ese proceso. El lugar típico para esos entrecruzamientos es el rafe de la comisura blanca anterior espinobulbar.

+ Pasando ahora al desarrollo cerebral hemos visto que en el primer mes embrionario sólo existe una ampolla primordial, que desde un principio se subdivide en las tres vesículas cerebrales (fig. 25). La primera (telencefalon) engendra, antes de terminar el primer mes en el hombre, las dos vesículas laterales ópticas (origen de la retina y nervio óptico) y después hacia adelante (fig. 26) las dos vesículas hemisféricas (con el ventrículo lateral), el resto de esa vesícula se transforma en tálamo (con el tercer ventrículo, diencefalon). El hemisferio muestra pronto (segundo mes embrionario), en su porción basolateral, la eminencia del cuerpo estriado (acumulación de neuroblastos que originan al núcleo caudado, lenticular y amigdalino); y adelante de éste se forman, en la base, los lóbulos olfatorios como divertículos hemisféricos. Como las vesículas hemisféricas (fig. 27) crecen más rápidamente que las demás formaciones, ellas envuelven, extendiéndose hacia afuera, arriba y atrás, muy pronto a las demás vesículas. En ese ínterin la vesícula media (mesencefalon), con el acueducto, forma a los cuerpos cuadrigéminos la región de la calota y pedúnculo cerebral, y la vesícula posterior (rhombencefalon) produce, en su base, la protuberancia y el bulbo (mielencefalon), y en su techo anterior al cerebelo (metencefalon) (1); su porción posterior queda rudimentaria, formando los plexos coroideos del cuarto ventrículo y el agujero de Magendie. En los hemisferios se han formado igualmente, por invaginación de su pared mediana, los plexos laterales coroideos (para la secreción del licor ventricular).

(1) Como esto no se efectúa en forma de vesícula, es inexacto lo que dicen los textos, de que también la tercera vesícula daría origen a una secundaria; en cambio, la primera da tres (óptica, hemisférica, olfativa).

En el tercer mes, el hemisferio crece, y especialmente sus paredes se espesan por emigración de sus elementos endometriarios; sus neuroblastos corticales multiplicanse todavía por división celular y emiten axones hacia la substancia blanca, los que se les encuentra cruzándose en la cápsula interna con los cilindros aferentes que naciendo en las células de los núcleos talámicos se dirigen hacia la corteza (radiaciones sensitivas talámico-corticales). Empieza ahora la rotación del temporal, y esa adquisición primatoide pronto da al hemisferio su forma típica con los tres polos (frontal, occipital, temporal), así como recién mediante ella se establece la fisura de Silvio y la ínsula de Reil.

En el cuarto mes ya existen la fisura del hipocampo y la calcarina, así como la perpendicular interna, un resto del sistema de los « surcos transitorios », que se observa en el tercer mes también.

En el quinto mes se originan otros surcos más (los anteriores llamados « primordiales » por ejercer presión hacia el ventrículo), que se les designa como primitivos : el rolándico, primero temporal y el interparietal, callosomarginal y occipitotemporal, perfeccionándose el resto (surcos secundarios y terciarios) en el sexto y séptimo mes. Al nacer ya existe la morfología externa perfecta pero no la interna, como lo demuestra el peso (400 gramos al nacer, 900 en un año, 1200 en tres años, 1400 en doce años; antes de la pubertad el peso normal es alcanzado).

En el interior se ha extendido la corteza hasta el quinto mes formando sus capas celulares características (1), pero sus fi-

(1) En cuanto al número de las células corticales, está completo ya en el cuarto mes embrionario, y pasado este período, no aumenta más en cantidad por división celular.

bras no tienen mielina; recién ahora empieza el proceso de la mielinización (fig. 28); de las raíces anteriores y posteriores avanza éste hacia los cordones (primero las *vías sensitivas*), luego al bulbo y mesencéfalo (nervios, arcos reflejos, *vías aferentes sensitivas*), y en el sexto mes se cubren también las radiaciones corticales; así es que sólo poco a poco y en forma sistemática la substancia blanca intrahemisférica toma su color característico. Las primeras *vías medulizadas* se observan en el hipotálamo (radiaciones hipotálamicas) y núcleo lenticular (*vías reflejas instintivas*), y del séptimo hasta noveno mes avanza el proceso en las radiaciones rolándicas, luego a las ópticas, olfativas y acústicas, y desde esos « focos de mielinización » se extiende, después del nacimiento, ese proceso, de manera que a los tres meses todas las radiaciones centrales ya están perfectas; pero el proceso prosigue en la corteza misma hasta la edad juvenil con la mielinización de los plexos grises intracorticales, siendo probable que recién en la edad adulta él se detenga definitivamente.

Al nacer, la vía piramidal está recién mielinizada hasta el bulbo y se perfecciona en forma variable en la médula (fig. 29) en los primeros meses del niño. También las *vías cerebelosas* maduran recién *post partum*.

Tal es la posibilidad de una diferenciación progresiva orgánica hasta la edad adulta del sistema nervioso superior en el hombre, sólo comparable con la maduración de los órganos sexuales en la pubertad, que caracteriza al cerebro humano como el órgano de mayor *plasticidad orgánica*, que cualquier otro sistema; es este un hecho de la más grande significación biológica, porque sólo así podemos postular la posibilidad de un mayor desarrollo filético aun para el hombre del futuro, del cual esperamos la solución de tantos problemas inacce-

sibles aparentemente a nuestra capacidad y también a la de la neurobiología.

Orientados sobre el génesis del sistema nervioso, veremos ahora, en resumen, su constitución histológica, así como su fisiología general en el hombre y en los animales.

## CAPÍTULO IV

### Elementos de histofisiología nerviosa

Como todos los demás órganos de la economía, también el sistema nervioso es un « estado celular », con individuos celulares adaptados a funciones de jerarquía diversa. Por un lado la célula nerviosa, por otro sus elementos de sostén y nutrición. Pero caracteriza fundamentalmente al tejido nervioso, diferenciándolo de otros tejidos, el *polimorfismo* extremo que han alcanzado sus elementos parenquimatosos nerviosos conforme con su función específica y grado de diferenciación y jerarquía.

Por su origen, distinguimos en el sistema nervioso elementos ectodermales y otros de origen mesodérmico. Los primeros representados por las células nerviosas, o ganglionares, y las células neuróglías, que constituyen, junto con sus derivados (expansiones y fibras), el tejido nervioso propiamente dicho (fig. 30). Los segundos, es decir, el tejido conjuntivo vascular, que se agrega finalmente con fines nutritivos y protectores. Debemos estudiar por lo tanto : la célula nerviosa con sus órganos de contacto, la fibra nerviosa, la neuroglia y el tejido vascular en general (histofisiología general), y después las agrupaciones determinadas por esos elementos (histofisiología especial).

## A. NEUROHISTOFISIOLOGÍA GENERAL

### I. La célula nerviosa (neurocitología)

La célula ganglionar se caracteriza fundamentalmente por la presencia de neurofibrillas en su plasma y de expansiones en su periferia. Si bien, como ya hemos indicado, su polimorfismo es grande, su estructura interna puede, no obstante, reducirse a un plan relativamente uniforme. Estudiamos en ella: su tamaño, su morfología externa, sus modos de contacto y su estructura interna.

*Tamaño.* — Él es, en general, considerable comparado con el de otras células del organismo, y está generalmente en relación con el diámetro del cilindro que emite y el número y robustez de las ramificaciones de éste. No obstante, existen las variaciones más extremas. Así, por ejemplo, oscila en los vertebrados superiores entre 6  $\mu$  (granos del cerebelo) y 60-120  $\mu$  (células motrices bulbomedulares, células gigantes de la corteza motriz), llegando a reconocerse estas últimas como puntos a simple vista. Los mayores elementos han sido descritos entre los peces (*lophius piscatorius*) en los que alcanzan hasta 400 y 500  $\mu$  y poseen redes capilares propias.

*Morfología.* — La forma de la célula nerviosa puede siempre derivarse de la forma piriforme del neuroblasto y depende esencialmente del número de prolongaciones celulares. Designando como « polo » la región del cuerpo celular, de la que se destaca una prolongación, distinguimos, según el número de expansiones, células mono, bi y multipolares.

Este criterio de clasificación bastaría, por ejemplo, en los celenterados, cuyas células nerviosas bi o multipolares presentan expansiones en un todo semejantes, morfológicamente (si bien debe ya haberse operado una diferenciación fisiológica). Pero desde los vermes superiores esta diferenciación fisiológica, es decir, la conducción celulípeta en ciertas expansiones y celulífuga en otras, se manifiesta en una diferenciación morfológica que se acentúa a medida que ascendemos en la serie. Aparecen por lo tanto dos tipos de prolongaciones: las de conducción celulípeta, denominadas prolongaciones protoplasmáticas o dendritas, y las de conducción celulífuga, llamadas prolongaciones cilindroáxiles, axones o cilindroejos. Las primeras son expansiones relativamente gruesas y de contornos ásperos (pequeñas espinas y apéndices piriformes se presentan frecuentemente en sus expansiones terminales), se dicotomizan en ángulo generalmente agudo y terminan cerca del cuerpo celular. Las segundas, delgadas y lisas, se dicotomizan en menor grado, haciéndolo en ángulo frecuentemente recto; su trayecto es generalmente largo y suelen recubrirse de una vaina aisladora originando la fibra nerviosa. Por otra parte, esta vaina la pierden nuevamente a nivel de su arborización terminal, de modo que son las fibrillas constitutivas desnudas de los cilindroejos las que establecen los contactos en todas partes, en periferia y centros.

Dado que la prolongación cilindroáxil, que es generalmente única, no falta en ninguna célula nerviosa (a no ser en el primer período del neuroblasto) mientras que las dendritas lo hacen con frecuencia, podemos distinguir, con Cajal, dos grupos principales de células nerviosas:

a) *Células provistas sólo de expansión celulífuga.* Se trata casi siempre de células piriformes, unipolares; pero tam-

bién existen células con expansiones celulifugas múltiples entre los espongioblastos de la retina, en la capa molecular de la corteza central y entre los elementos periféricos del simpático. Las células monopolares (fig. 31) dominan en los ganglios de los invertebrados (vermes, moluscos, artrópodos). Sin embargo, frecuentemente expansiones nacidas del cilindroeje cerca del cuerpo celular y que morfológicamente no se distinguen de los cilindroáxiles colaterales, juegan el papel de dendritas. En los peces y batracios, en los que las células unipolares son aún frecuentes, este papel receptor de ciertas ramificaciones iniciales del cilindroeje no sólo es supuesto por sus conexiones sino porque aparecen con los caracteres morfológicos de dendritas. En los vertebrados superiores las células monopolares se hacen raras (espongioblastos de la retina, células del núcleo motor superior del nervio masticador);

b) *Células con expansiones celulípetas y celulifugas.* Su prolongación protoplasmática puede ser múltiple, pero el cilindroeje siempre es único. Las primeras constituyen las células bipolares (generalmente sensoriales), las segundas son las células generalmente llamadas multipolares.

A las bipolares pertenecen los elementos sensitivos epidérmicos de los invertebrados y del epitelio olfatorio de los vertebrados. Las células de los ganglios raquídeos, bipolares, en los peces, lo son aún en el estado embrionario de los demás vertebrados, pero en el curso de su evolución el origen de ambas expansiones (dendrítica y áxil) se fusiona, aparentando, pues, morfológicamente, ser monopolares, pero fisiológicamente son bipolares. Debemos citar además las bipolares de la capa media de la retina y las células de los ganglios del acústico.

A las multipolares — tipo celular relativamente infrecuente en los invertebrados y que domina absolutamente en las aves y mamíferos — pertenecen, en los vertebrados, las células simpáticas, las células motrices (fig. 32) y los elementos de proyección y asociación en los centros. Una variedad de estas células asociativas se caracteriza por el corto trayecto y rica ramificación de su cilindroeje, que no llega a revestirse de vaina aisladora, « tipo Golgi », frecuentes en la corteza cerebral y cerebelosa.

Según la disposición de sus dendritas, podemos distinguir entre las células multipolares a su vez: células estrelladas (multipolares de los invertebrados, células simpáticas, células de la médula y del tronco encefálico), células de penacho, en las que domina una expansión terminada en un haz de fibrillas (células piramidales de reptiles, aves y mamíferos), células de arborización monopolar (células de Purkinje y ganglionares de la retina de los vertebrados), y células de arborización bi u opósitopolar (asta de amón de los mamíferos). La arborización, que generalmente se hace difusamente en las tres direcciones del espacio, puede, en ciertos casos, detenerse en uno o varios planos superpuestos horizontales al cuerpo celular (células ganglionares de la retina), o bien, como en las células de Purkinje del cerebelo, la arborización protoplasmática puede hacerse en un plano único, perpendicularmente al cuerpo celular.

Si seguimos las transformaciones morfológicas de la célula nerviosa en la serie animal, observamos por otra parte, como lo hace notar Cajal, que al lado de elementos sucesivamente diferenciados existen otros que aparentan haber hallado ya su plan definitivo de organización. Pertenecen a estos últimos particularmente los elementos sensitivos y sensoriales

que nos presentan con constancia su forma bipolar, no constituyendo la monopolaridad secundaria mayor progreso. A los primeros corresponden en cambio la mayoría de los elementos de los órganos centrales y muy particularmente de la corteza cerebral.

Hemos indicado ya anteriormente que la conducción nerviosa se opera en sentido inverso en la expansión dendrítica y en el cilindroeje. En las primeras es celulípeta, en las segundas celulífuga, ello constituye la llamada *ley de la polarización dinámica*, de van Gehuchten y Cajal. Estudiando el sentido de la corriente neural en cualquiera vía nerviosa se hace inmediatamente evidente. Tomemos, por ejemplo, la vía olfatoria. La célula bipolar ubicada en la mucosa nasal manda su expansión corta (equivalente a una dendrita) a la periferia, el estímulo allí recibido es conducido al cuerpo celular llegando por el cilindroeje al bulbo olfativo. Las células mitrales del mismo mandan al encuentro de la arborización cilindroaxil una gruesa expansión protoplasmática, y ambas entran en contacto constituyendo el llamado glómulo olfativo. De las células mitrales parten, a su vez, cilindroejes que terminan sobre los penachos protoplasmáticos de las células piramidales del área olfatoria de la corteza.

La ley de la polarización dinámica hace forzosa la intervención conductriz del cuerpo celular, lo que, en muchos casos, aparenta un recorrido superfluo. Por otra parte, Bethe ha obtenido reacción con las excitaciones llevadas a un ganglio al cual había extirpado las células ganglionares (en un crustáceo, el *carcenas maenas*), hecho sólo explicable si admitimos que el estímulo nervioso llegado con una fibra sensitiva pasa a la colateral inicial de un cilindroeje motor descargándose directamente por el mismo. Cajal ha modificado por lo tan-

to la ley de la *polarización axípeta*: toda célula nerviosa posee un aparato receptor constituido por el cuerpo y las expansiones protoplasmáticas; desde ambos la conducción se efectúa hacia el cilindroeje. Con ello, si tomamos, por ejemplo, la célula unipolar de un verme, el estímulo llegado a las ramificaciones iniciales del cilindroeje (sabemos que equivalen a dendritas) no necesita ser conducido hacia el cuerpo celular sino que puede pasar directamente al cilindroeje (experimento de Bethe).

*Conexiones de las células nerviosas.* — Hemos visto ya, al hablar de la historia del neurón (capítulo II), que prevalece actualmente el concepto de la terminación libre de las expansiones nerviosas, si bien se aceptan contactos íntimos neuronales. Ahora bien, estos contactos se realizan entre las arborizaciones nerviosas colaterales y terminales de los cilindroejes, por una parte, y el cuerpo celular y las expansiones protoplasmáticas por otra (fig. 33).

Sobre los cuerpos celulares las arborizaciones cilindroaxiales procedentes de uno o varios cilindroejes que han perdido sus vainas aisladoras, pues todos los contactos son amielínicos, se hacen varicosas y terminan frecuentemente por un abultamiento piriforme (botón terminal) íntimamente aplicado al cuerpo celular. El conjunto de estas fibrillas constituye con frecuencia un denso fieltro pericelular: son los llamados nidos o cestas pericelulares que se observan bien caracterizados al rededor del soma de las células de Purkinje, entre las células ganglionares raquídeas y en las células del núcleo del cuerpo trapezoide del bulbo (cálices pericelulares de Held).

El contacto entre la arborización cilindroaxil y la protoplas-

mática puede, a su vez, hacerse de diversos modos. Generalmente se trata de una relación crucial, resultante del contacto de la fibrilla nerviosa cilindroáxil, especialmente, con las espinas y apéndices piriformes que hemos señalado sobre las dendritas. En otros casos, el contacto es longitudinal, como lo demuestran claramente las « fibras trepadoras » de las células de Purkinje. En este caso la fibra cilindroáxil terminal se divide en ramillas que « trepan » a lo largo de las arborizaciones protoplasmáticas de la célula de Purkinje, terminando con extremidades libres y espesadas. En fin, el contacto puede realizarse sin entrecruzamiento, como ocurre entre las células bipolares y ganglionares de la retina, cuya prolongación cilindroáxil y protoplasmática, respectivamente, se arboriza en un plano horizontal, a cuyo nivel sus extremidades, ligeramente abultadas, entran en contacto.

*Estructura.* — Los métodos fundamentales para el estudio de la morfología de la célula nerviosa, es decir, la impregnación argéntica de Golgi y la coloración vital de Ehrlich por el azul de metileno, sólo nos dan la silueta de la neurona sin informarnos mayormente sobre su estructura interna. Para el estudio de esta última son indispensables dos procedimientos: por un lado el método de Nissl o sus derivados, para el estudio del núcleo y de la parte cromática de la célula, y por otro, los procedimientos neurofibrilares.

La célula nerviosa no posee membrana propiamente dicha, sólo existe una ligera condensación de su protoplasma periférico. Las células ganglionares raquídeas y simpáticas poseen sin embargo, además, una verdadera cápsula celular, conjuntivo-endotelial. Si observamos la célula viva podemos distinguir en ella solamente al núcleo ubicado en una substancia

homogénea con escasas y finas granulaciones, generalmente pigmentarias. La aplicación del método de Nissl (fijación por el alcohol, coloración por el azul de metileno y sus modificaciones) es la que recién nos revela en el plasma celular la presencia de dos substancias fundamentales: la una pálida (substancia acromática), la otra intensamente teñida (substancia cromática).

a) *Parte acromática.* Está constituida por el plasma basal, homogéneo para unos, finamente trabecular (espongioide) para otros. Los métodos neurofibrilares dejan aparentar en la misma fibrillas de contornos nítidos y que se continúan hacia el interior de las dendritas y del cilindroeje. Son las neurofibrillas, en las que vemos el elemento conductor de la célula nerviosa.

Dado que cada método nos da una imagen fibrilar distinta, la interpretación de las relaciones interfibrilares varía con los autores. Así, para Cajal forman una verdadera red constituida por fibras gruesas (fibras primarias) anastomosadas por otras más delgadas (fibras secundarias); red de mallas poliédricas en el cuerpo celular y longitudinales en las expansiones. El aspecto independiente de las fibrillas en el método de Bethe, por ejemplo, sería, según Cajal, debido a la falta de impregnación de estas anastomosis delgadas. Para Bethe, en cambio, serían completamente independientes: llegada una neurofibrilla al cuerpo celular se entrecruzaría sin anastomosarse con las fibrillas vecinas, para pasar luego al cilindroeje o a una dendrita vecina, donde corren longitudinalmente adosadas, pero independientes.

Para los defensores de la independencia de las fibrillas, las mencionadas anastomosis serían debidas, ya a falsas interpretaciones (superposiciones en vez de anastomosis), ya también

(en los métodos argénticos) a la coloración de la substancia protoplasmática basal que en algunos tipos celulares (células ganglionares espinales) se impregna al mismo tiempo en mayor o menor grado. Es así cómo aplicando un mismo método, por ejemplo, el método de Bielschowsky, las neurofibrillas se nos presentarán como independientes en una célula ganglionar raquídea, y, por otra parte, la aplicación de fijadores muy enérgicos (nitrato de plata calentado, en el método de Cajal) puede traer consigo aglutinaciones de fibrillas que pueden impresionar cual falsas redes.

b) *Parte cromática.* Puesta de manifiesto por los colorantes básicos de anilina se presenta bajo la forma de gránulos de tamaño variable (granulaciones de Nissl), unas veces difusamente repartidos en el cuerpo celular, tienden en general a agruparse en grupos mayores. Estas masas cromáticas, generalmente poligonales en el cuerpo celular (tendiendo a ocupar las mallas de la red fibrilar), son alargadas y fusiformes en las prolongaciones protoplasmáticas, presentándose un grupo triangular a nivel del ángulo de división de las mismas. La substancia cromática va desapareciendo a medida que las dendritas se ramifican y falta absolutamente en la expansión cilindroáxil. Esta última se origina (en los preparados de Nissl) en el cuerpo celular por una zona triangular acromática: el llamado « cono de origen ». Este cono, poco diferenciado en los invertebrados inferiores por falta de límite neto de la substancia cromática, se destaca ya netamente en los vermes superiores, pudiendo alcanzar y englobar al núcleo con su base, y de su vértice parte el cilindroeje.

La presencia o ausencia de granulaciones cromáticas puede servir de criterio de clasificación en las células nerviosas. Así, distinguimos células cariócromas, es decir, sin substan-

cia en su plasma (por ejemplo, los granos del cerebelo) y células somatócromas (la gran mayoría), entre las cuales a su vez, según la cantidad y distribución de la substancia cromática, pueden distinguirse varios subtipos.

La substancia cromática se consume en el curso de la actividad celular, además se funde (cromolisis) en los estados de sufrimiento celular, para reaparecer con la vuelta a la normalidad; se ve, por lo tanto, que es una substancia de reserva. Su composición química, que revela la presencia de hierro y ácido fosfórico, la aproxima a la cromatina nuclear (nucleínas).

En el curso del desarrollo ontogenético, las neurofibrillas preceden en su aparición a la substancia cromática. La aparición de las primeras coincide con la aparición de la prolongación cilindroáxil; en cambio, esta última aparece posteriormente — en el embrión humano, por ejemplo, hacia el comienzo del tercer mes — y ocupa entonces la periferia celular, llenando el cuerpo celular al llegar a la época del nacimiento.

Examinando a su vez una célula anciana, notamos un espesamiento de las trabéculas neurofibrilares, los gránulos de Nissl se han hecho más pequeños y raros, los grumos poliédricos tienden a redondearse y un nuevo elemento se extiende: son los gránulos pigmentarios.

c) *Pigmento.* Existen dos variedades, química y morfológicamente distintas, de pigmento en la célula nerviosa.

El uno es un *pigmento amarillo*, dispuesto en gránulos claros y finos, llamado también lipocromo, por ennegrecerse con el ácido ósmico y aceptar los colorantes de las grasas (sudán). Es un producto regresivo, que aparece en la médula humana desde el sexto año, y en la corteza hacia los veinte años, para aumentar progresivamente hasta la vejez. En cier-

tas células está tan difusamente repartido que hasta parece no existir; en otras (células motrices de médula y corteza, etc.), se agrupa en un acumulo pigmentario, ubicado ya cerca del núcleo, ya en el origen de una dendrita. En los vertebrados inferiores dicho pigmento aparece casi exclusivamente en los ganglios.

El otro es un *pigmento negro* difusamente distribuido en el cuerpo celular, llegando hasta ocultar los demás detalles celulares, y formado por granos mayores opacos. Las células que encierra este pigmento, designado también con el nombre de melanina, se agrupan frecuentemente en focos caracterizados ya macroscópicamente por su color oscuro (substancia negra de los pedúnculos cerebrales, *locus caeruleus* del piso del cuarto ventrículo), o bien se presentan aisladas (en el núcleo del vago, en los ganglios simpáticos y espinales). Este pigmento es de aparición más precoz (hacia el primer año en el *locus caeruleus* y del tercero al cuarto años en la sustancia nigra del hombre), aumenta hasta la pubertad y luego persiste estacionario. Su papel es desconocido.

d) *Granos fucsínófilos*. Fuera de las granulaciones revelables por el método de Nissl, existen otras revelables por la fucsina ácida, constituídas por pequeños gránulos esféricos (bioblastos de Altman), frecuentes en la materia acromática y sobre todo en las ramificaciones nerviosas terminales, donde se disponen frecuentemente en series paralelas.

e) *Centrosoma*. Siendo las células nerviosas elementos altamente diferenciados e inaptos en estado adulto para la reproducción, cabe no pensar en la presencia de un centrosoma en las mismas, dadas las relaciones con la división celular de esta formación. Sin embargo, se ha descrito (Lenhossek) en los ganglios de la rana un corpúsculo formado por un

núcleo de gránulos intensamente coloreados rodeado de una esfera pálida netamente limitada, es decir, con los caracteres de centrosoma. Ulteriormente también ha sido encontrado en numerosos invertebrados, así como también en el estado embrionario de las células nerviosas. No existe en las células adultas del eje cerebroespinal, pareciendo indicar, en las células que lo albergan, una elevada capacidad regenerativa.

f) *Canaliculos endocelulares*. Son formaciones heteromorfas, descritas bajo distintos nombres (red canalicular de Holmgren, espirema de Nelis, red endocelular de Golgi), que se presentan especialmente en los ganglios cerebroespinales de los vertebrados y en los elementos ganglionares de los invertebrados. Los canales de Holmgren comunican con los espacios linfáticos pericelulares. La identidad de estas formaciones es dudosa, frecuentemente parecen ser producciones artificiales.

g) *Núcleo*. El núcleo es generalmente único, encontrándose, sin embargo, algunas células binucleadas entre los elementos del gran simpático. Esférico u ovoideo, ocupa generalmente una posición central, pero también es frecuentemente excéntrico, aun en estado normal, entre las células de la columna de Clarke, por ejemplo. Posee una membrana nuclear de doble contorno, un jugo nuclear con finas granulaciones de distinto carácter (eosinófilas, fucsínófilas, etc.), una red pálida de linina y una sustancia cromática cuya presencia en escasa cantidad es característica.

En los elementos celulares menores su cromatina nuclear adopta frecuentemente una disposición reticulada (granos del cerebelo) o se agrupa en varios gránulos de diverso tamaño. En las grandes células (pirámides mayores, células ganglionares) la cromatina se concentra en un nucleolo único de

ubicación central, faltando toda otra granulación basófila en el jugo nuclear. Esta concentración de la cromatina nuclear, que no llega, sin embargo, a ser tan completa en las grandes células ganglionares de los invertebrados, está en relación evidente con el poder de regeneración cada vez menor del elemento nervioso altamente diferenciado.

*Fisiología de la célula nerviosa.* — El metabolismo de la célula nerviosa es un caso particular del metabolismo celular en general, caracterizado por su sensibilidad particular a las modificaciones del medio interno. Desasimilación por un lado, asimilación por otro, ambos procesos mantienen en equilibrio el proceso de la « autorregulación del intercambio nutritivo » propio de toda célula viva y su plasmopsiquismo elemental.

Grande como es la actividad de la célula ganglionar, necesita para su funcionamiento de una circulación sanguínea muy activa, que junto con sustancias asimilables plasmáticas (lipoides, fosfatidas, proteínas, etc.) la provea de abundante oxígeno, así como se encarga de la rápida eliminación de los productos de desecho ( $\text{CO}_2$ , carbonados, fosfatos, ácidos orgánicos, etc.). Ya hemos mencionado la presencia de redes capilares propias en la periferia de ciertas grandes células nerviosas; recordaremos ahora la rica irrigación de la sustancia nerviosa gris en general, con su densísima red capilar. Interrumpida esta circulación sanguínea, sobreviene una claudicación y cesación casi inmediata de las funciones celulares (asfixia celular).

Como todas las células de los organismos inferiores, también sus células nerviosas presentan mayor resistencia a la anemia provocada. Pero aun en un mismo animal los diver-

sos tipos de células nerviosas presentan resistencias variables de acuerdo con su diferenciación. La compresión considerable de ambas carótidas, en un hombre, va acompañada en gran número de casos de inconciencia casi inmediata por anemia cortical. El experimento de Stenson, es decir, la ligadura de la aorta abdominal, nos muestra a su vez el modo de reaccionar de las células medulares. A los 30 ó 40 segundos de ligada la aorta a un perro, previa fase de hiperexcitación, tenemos la parálisis motriz total de las extremidades posteriores, pero la sensibilidad es aún normal, y sólo a los tres minutos queda abolida también después de una fase de hiperestesia pasajera.

El estudio de la acción de muchos tóxicos sobre el sistema nervioso muestra, a su vez, diferencias electivas (neurotrópicas) entre los distintos elementos ganglionares. Así, la morfina paraliza, en primer lugar, a las células corticales, y la estricnina aumenta la excitabilidad de los mecanismos sensitivos de los cuernos posteriores, dejando intactas las células motrices de las astas anteriores. De igual modo el mecanismo de la asfixia nos demuestra cómo los diversos centros caen sucesivamente en hiperexcitabilidad y después en parálisis. Si consideramos ahora la importancia de la sustancia nerviosa para el desarrollo de todas las reacciones vitales, nos llamará, sin embargo, la atención su consumo global relativamente pequeño de material, y con ello su moderada participación en el intercambio energético total del organismo. Es que, al contraerse un músculo o al segregar una glándula, es la energía latente acumulada en las células de estos órganos la que se consume, pudiendo ser muy pequeño el estímulo nervioso evocador.

Toda célula nerviosa entra en actividad sea por estímu-

los periféricos procedentes de la superficie cutánea o de las distintas vísceras, o por estímulos provenientes de otra célula nerviosa; proceso este último que puede ser consciente o inconsciente, en cuyo caso hablamos de excitación refleja, sea bajo el influjo de la voluntad (resultante, a su vez, de la actividad cortical) o por la acción estimulante del medio interno (productos de desasimilación y de secreción interna propiamente dicha) (1). El estímulo puede, a su vez, actuar de modo distinto: puede ser « excitante », activando el metabolismo o una de sus fases, o bien « paralizante », disminuyéndolo. Excitada una célula nerviosa, no responde a una nueva excitación sino después de un período variable, normalmente muy corto. Este período de inexcitabilidad o período refractario es tanto más corto cuanto de más oxígeno dispone la célula. Su duración, para la corteza de ciertos mamíferos y bajo la acción de la morfina, es de un décimo de segundo. El exceso de excitaciones alarga el período refractario y lleva finalmente al agotamiento celular, estado de inexcitabilidad provocado por el cúmulo de productos desasimilatorios.

Al entrar en actividad una célula nerviosa, nunca lo hace emitiendo un estímulo único sino enviando *series de estímulos* por segundo. Si hacemos contraer voluntariamente un músculo, la auscultación del mismo nos revelará un sonido de altura determinada; y dado que todo sonido resulta de una serie de oscilaciones, podemos deducir de la altura del sonido muscular el número de impulsos nerviosos que recibe. Resulta de ello que la célula humana emite, al entrar en actividad, de 20 a 50 impulsos por segundo.

(1) Así, ciertos centros inferiores bulbares reflejos (respiratorios, etc.) son excitados directamente y químicamente por el CO<sub>2</sub>; en cambio, los centros corticales no responden así.

*Acción trófica y poder regenerador.* — La célula nerviosa ejerce una acción trófica sobre todas sus expansiones y sobre los órganos con los cuales se conecta. Separada la fibra nerviosa de su célula y núcleo ganglionar correspondiente, degenera como lo haría el pseudopodio separado de una amiba; es la llamada degeneración walleriana o secundaria (compárese la fig. 47).

Comenzando en el sitio de la interrupción con la autólisis del cilindroeje, la degeneración se propaga en sentido celulífugo; sobreviene luego la desintegración de la vaina aisladora de mielina y su transformación en gránulos grasosos cada vez más pequeños, o sea las células de cubierta del nervio o células de Schwann, y allí donde faltan (sistema nervioso central) las células neuróglícas vecinas se ponen tumefactas a su vez (formas amiboideas), se multiplican, y volviéndose esféricas, engloban los fragmentos melínicos (células granulosas). El material absorbido y digerido es eliminado hacia los espacios linfáticos; con él pasan también algunas células granulosas, pero la mayoría de los elementos de Schwann queda en su lugar y evoluciona hacia una forma fusiforme con núcleo alargado, que forma cadenas celulares que servirán de guía a los cilindroejes regenerados.

En el cabo central del nervio seccionado persisten, en cambio, la mayoría de las fibras, degenerando sólo sus primeros segmentos en relación con el foco traumático y alguna que otra fibra que sufre una degeneración total análoga a la walleriana; las demás serán el punto de partida de los cilindroejes regenerados. Sobre la célula nerviosa a su vez repercute el traumatismo caído sobre su expansión principal (degeneración retrógrada). Su substancia cromática sufre un proceso de disgregación (cromatolisis), la célula se vuelve

globulosa y su núcleo se desplaza hacia la periferia. Algunas células se disgregan sucumbiendo al traumatismo ; la mayoría entra después de esta « fase de reacción » en una de « reparación », forma nuevamente grumos cromáticos y hasta en exceso (estado picnomorfo), readquiriendo luego su volumen normal y núcleo nuevamente central. El estado de reparación está frecuentemente, pero no siempre, ligado a la regeneración funcional o válida del cilindroeje (por ejemplo, en los neurofibromas periféricos de los amputados, en cuyas astas anteriores persisten muchas células, aunque no haya habido regeneración cilindroáxil válida).

Respecto a la neoformación del cilindroeje se nos presentan dos teorías fundamentalmente opuestas. La teoría poligenética, que ve en las células de la vaina nerviosa (células de Schwann) el elemento regenerador, es decir, de regeneración local y multicelular del cilindroeje, y la teoría mono o centrogenética, que hace derivar al nuevo cilindroeje del cabo central del nervio seccionado. Los trabajos de Harrison eliminando experimentalmente las células de Schwann (embriones de salmón) y observando, no obstante, el crecimiento cilindroáxil, así como sus cultivos de médula embrionaria con los cuales se pueden observar el libre e independiente crecimiento de los cilindroesjes, han eliminado definitivamente la primera teoría, teniendo actualmente general aceptación la centrogangliogenética.

Los extremos de los cilindroesjes del cabo central espesan sus fibrillas, se hacen más visibles, y pronto una o más parten del extremo abultado (cono de crecimiento regenerador), crecen a lo largo del tejido cicatricial que une ambos cabos y luego se guían por las células de Schwann (intervienen además estimulinas y sustancias neurotrópicas?) que

han persistido en el cabo periférico. Si la unión cicatricial de ambos cabos no se ha hecho, la regeneración no se produce, pero un avivamiento y unión tardía pueden despertarla nuevamente. Las neurofibrillas así crecidas se manifiestan constituyendo nuevos cilindroesjes, y las antiguas células de Schwann les formará su vaina.

Esta regeneración, que llega así a ser funcionalmente completa, la observamos en los animales superiores sólo en su sistema nervioso periférico ; en los animales inferiores se observa, sin embargo, también en el sistema nervioso central (en la médula, hasta en los anfibios). En los vertebrados superiores el poder regenerador de sus elementos nerviosos centrales es pequeño ; además, falta la acción orientadora que sobre el crecimiento y dirección de los cilindroesjes neoformados ejercen las células de Schwann. Los fenómenos regeneradores se detienen precozmente, y lo neoformado, es decir expansiones nacidas del cilindroeje y cuerpo celular, degenera nuevamente.

En los invertebrados el poder regenerador alcanza su máximo. No sólo la división celular permite reconstruir nuevamente focos celulares motrices destruidos, sino que se regeneran formaciones enteras. Una lombriz de tierra puede formar nuevamente su anillo esofágico, así como los moluscos y otros invertebrados regenerar sus ganglios ópticos, etc.

Volviendo nuevamente a la influencia trófica de la célula ganglionar, debemos recordar que el estado normal de nutrición de todo órgano depende de su conexión continua con el sistema nervioso central. Así, degenera (degeneración esclero-lipomatosa) un músculo, una glándula, etc., si sus nervios han sido seccionados. Esta acción trófica secundaria parece corresponder también a los nervios centripetos, si con-

sideramos la degeneración de las papilas gustativas después de la sección de su nervio correspondiente, el glossofaríngeo. La degeneración muscular, en el caso de parálisis por lesión de la vía periférica, tiene importancia en patología por no producirse más que una atrofia simple por inactividad en el caso de paralizarse el mismo músculo por lesión de la vía motriz central.

## II. *Fibras nerviosas*

Los cilindroejes libres, en su origen así como en su terminación, se cubren en su trayecto intermedio de una vaina aisladora constituyendo las fibras nerviosas. Consideraremos por un lado las fibras mielínicas, y por otro las amielínicas, así como las particularidades que presentan según su ubicación en el sistema nervioso periférico o central.

*Fibras mielínicas periféricas.* — Son fibras cilíndricas cuyo diámetro oscila entre 2 y 20  $\mu$ , que presentan sucesivamente zonas estrechadas, o sea las estrangulaciones de Ranvier, que limitan los llamados « segmentos interanulares », segmentos cuya longitud crece en general con el espesor de la fibra. Como toda fibra nerviosa periférica, las mielínicas presentan un elemento central conductor, el cilindroeje, y elementos celulares adventicios de función aisladora y trófica. Partiendo de la periferia al centro encontramos la vaina de Schwann, los núcleos anexos, la vaina de mielina y el cilindroeje, debiendo considerar además los discos intersegmentales a nivel de los estrangulamientos de Ranvier.

La membrana de Schwann es una delgada cubierta hialina que presenta las reacciones de las membranas celulares y que

se extiende sin falla de continuidad de un segmento a otro. En su cara interna se le adosan núcleos longitudinales ubicados en una escasa masa protoplasmática que se extiende adelgazándose, sin que se pueda precisar sus límites entre la vaina de Schwann y la de mielina. El núcleo deprime a su nivel la vaina de mielina y extiende, por otra parte, uno por cada segmento interanular. La vaina de mielina sufre interrupciones a nivel de las estrangulaciones de Ranvier; además no forma una capa continua en el mismo segmento interanular, presentando cierto número de hendiduras oblicuas y circulares, las cisuras de Schmitt-Lantermann, que la dividen en una serie de segmentos cilindrocónicos. Respecto a su estructura, podemos considerarla formada de una substancia muy resistente a los reactivos (resiste a la digestión péptica y trípica) y dispuesta en red, la neuroqueratina, cuyas mallas se hallan ocupadas por una substancia grasa, la mielina propiamente dicha, en cuya composición entran numerosos lipoides (colesterina, lecitina, protagón, cerebrina, etc.).

Entre la vaina de mielina y el cilindroeje se extiende una delgada capa finamente granulosa — la vaina de Mauthner, — considerada por unos como la parte más periférica del axoplasma del cilindroeje; se la considera en general como perteneciente a la masa protoplasmática que rodea a los núcleos de la vaina de Schwann y que envolvería así superficial y profundamente a los segmentos mielínicos. En el cilindroeje recordamos simplemente una substancia finamente granulosa — el axoplasma — y las neurofibrillas en él colocadas. Sometida a la acción del nitrato de plata, la fibra nerviosa muestra sobre su cilindroeje una serie de estrías anulares superficiales, las estrías de Frommann, más

oscuras y apretadas a nivel de los discos intersegmentales, al mismo tiempo que se destacan los estrangulamientos de Ranvier (cruces negras cuya raya transversal corresponde al disco y cuya raya longitudinal la forma el cilindroeje). A nivel de estas estrangulaciones encontramos, finalmente, un disco biconvexo de naturaleza proteica, que cierra el espacio comprendido entre la vaina de Schwann y el cilindroeje.

Si consideramos ahora en conjunto cada segmento interanular — dejando de lado el cilindroeje, cuya continuidad y origen ganglionar ya conocemos, — veremos en él todas las formaciones de un elemento celular, aunque típicamente diferenciadas, constituyendo las llamadas células de Schwann. En efecto, las células de Vignal derivan de elementos celulares embrionarios, que secundariamente se han agregado al cilindroeje. Para unos, estas células serían de origen mesodérmico, considerando entonces a la mielina como un producto derivado del cilindroeje, dado que, a pesar de existir mielina, faltan las células de Schwann en el sistema nervioso central. Otros, en cambio, las consideran de origen ectodérmico y emigradas del neuroeje junto con el crecimiento de las expansiones cilindroáxiles, homologándolas con las células neuróglícas, dado que en el sistema nervioso central, antes de la penetración del elemento vascular, son las células neuróglícas las formadoras de las sustancias lipoides básicas, a expensas de las cuales se constituyen las vainas de mielina.

En todo caso, las células de Schwann sólo intervienen secundariamente en el crecimiento y regeneración de la fibra nerviosa, siendo su función esencialmente protectora y aisladora.

*Fibras mielínicas centrales.* — Constituyen fundamentalmente la substancia blanca de los centros, careciendo de vaina de Schwann y núcleos anexos. Formadas por el cilindroeje, desnudo en su comienzo (porción receptora del cilindroeje), se rodean con mayor o menor rapidez de una vaina de mielina que no presenta claramente las cisuras de Lantermann y cuyos discos intersegmentales son, con frecuencia, muy extensos, es decir, verdaderos cilindros. A nivel de estas estrangulaciones se produce la división generalmente dicotómica y nacen las colaterales de la fibra nerviosa.

*Fibras nerviosas amielínicas.* — Forman los filetes olfatorios de todos los vertebrados, los nervios de los ciclostomas y del anfibio, dominando también casi exclusivamente en el sistema nervioso de los invertebrados. Forman, además, la mayoría de las fibras simpáticas de los vertebrados, agregándose accesoriamente a sus nervios somáticos, debiendo recordar que también las fibras mielínicas de estos últimos se hacen amielínicas en su terminación.

Una fibra amielínica típica como lo es la fibra de Remak, característica pero no exclusiva del gran simpático, comprende un cilindroeje análogo al de la fibra mielínica; una serie de núcleos alargados con escaso protoplasma en los polos y escalonados a lo largo de la fibra y una vaina periférica en todo comparable a la vaina de Schwann.

Las fibras amielínicas de los centros son, en cambio, simples cilindroesjes desnudos.

*Terminación de las fibras nerviosas.* — La característica de toda terminación nerviosa es la pérdida de la vaina de mielina. Hemos visto ya, al hablar de contactos celulares, su ter-

minación central ; debemos, por lo tanto, sólo considerar su modo de terminar periférico, tanto receptor como efector.

Las fibras sensitivas terminan, ya libremente, ya en órganos sensoriales especializados ; pierden entonces su vaina mielínica, se dividen frecuentemente en varios ramos terminales y, en último momento, en el interior de los órganos terminales, si éstos existen, vemos su división en fibrillas. Para estas fibrillas se acepta, en general, una terminación libre con extremidades ligeramente abultadas.

Sobre las fibras musculares, las fibras nerviosas terminan con las llamadas placas motrices. Terminada la vaina de mielina y subdividida la fibra amielínica restante, el cilindroje penetra debajo de la membrana (sarcolema) de la fibra muscular terminando en un disco protoplasmático granuloso sembrado de núcleos, y a continuidad, por un lado, con el axoplasma y por el otro con el sarcoplasma de la fibra muscular. Subdividida en múltiples fibrillas, la fibra termina libremente, pudiendo raramente observarse algunas que sobrepasan la placa motriz.

A nivel de los órganos glandulares, como en las terminaciones libres de la piel y de los tejidos profundos, la fibra desintegrada en fibrillas termina en extremidades piriformes sobre la superficie de la célula secretora, o en los espacios intercelulares respectivamente.

*Fisiología de la fibra nerviosa.* — La fibra nerviosa es el órgano de conducción de los estímulos nerviosos. Durante mucho tiempo creyóse que esta conducción era un fenómeno puramente físico, comparándose la fibra con el hilo telegráfico o telefónico. Analogía fundamentada en la observación de fenómenos eléctricos en el nervio, así como

por la imposibilidad de obtener su cansancio experimental. Pero luego constatóse que los fenómenos eléctricos son una propiedad accesoria general de la substancia viva en acción, y últimamente se ha obtenido igualmente el cansancio experimental de la fibra nerviosa (inexcitabilidad e inconducibilidad, excitando continuamente en medios privados de oxígeno). Cansancio que en presencia del aire no puede llevarse hasta la inexcitabilidad, dado el escaso gasto de oxígeno de la fibra nerviosa (sistema microenergético). Y que entonces se manifiesta por un período refractario a toda excitación, si bien siempre mucho más fugaz que el de una célula nerviosa en iguales condiciones.

El proceso de la conducción nerviosa no es, por lo tanto, un proceso puramente físico sino que está íntimamente ligado al metabolismo vital (ver más adelante).

### III. Neuroglia

El sistema nervioso central de los vertebrados presenta, en oposición a los demás órganos, un tejido de sostén de origen ectodérmico : la neuroglia. Este tejido comienza ya a diferenciarse en ciertos invertebrados, pero no siempre es fácil distinguirlo en éstos, por sus caracteres histoquímicos, de los elementos de origen mesenquimatoso (mesodérmico).

La neuroglia deriva de los espongioblastos primitivos del tubo neural, cuyas células más internas originan el epéndimo, mientras que otras, derivadas de éste, emigran formando la neuroglia propiamente dicha. El epéndimo forma una cubierta continua que reviste las cavidades ventriculares y está constituida por una capa de células epiteliales cilíndri-

cas, mucho más aplanadas en aves y mamíferos, con núcleo próximo a la cavidad ventricular, hacia la cual envían variablemente una corta pestaña. De su extremidad periférica parte una larga prolongación que puede ramificarse abundantemente (en los vertebrados inferiores), terminando cada rama por un espesamiento cónico en la superficie externa del sistema nervioso. En los vertebrados superiores esta forma de terminación la observamos sólo en los períodos de desarrollo (filamentos endimiarios pasajeros) en el adulto; el cabo periférico se ha atrofiado terminando libremente a mayor o menor distancia de su célula de origen (1). Estas células endimiarias o células neuróglícas epiteliales constituyen casi la única neuroglia de los peces, anfibios y reptiles; en las aves y mamíferos domina, en cambio, un derivado superior de ellas, la neuroglia propiamente dicha.

Esta última consta fundamentalmente de células y fibras. Aplicando el método de Nissl, se nos presentarán pequeños núcleos ligeramente ovales con cromatina, sobre todo periférica y dispuesta en red, y escaso o nulo protoplasma de límites difusos. Aplicando el método de Golgi, el corpúsculo neuróglíco se presenta de forma estrellada, con numerosas y delgadas expansiones, generalmente lisas, más o menos rectilíneas, y que después de variable trayecto parecen terminar libremente; son los atrocitos o células en araña. En la sustancia gris los astrocitos presentan expansiones cortas y fuertemente subdividas; en la sustancia blanca por lo contrario las expansiones son largas e indivisas, terminando en espesamientos cónicos, ya en la periferia, ya en la superficie de los

(1) Esos filamentos persisten en las comisuras medulares; especialmente el tabique central del cordón posterior es formado así.

vasos donde forman las membranas gliomatosas limitantes.

Con el método de tinción neuróglíca de Weigert tenemos, en cambio, estrictamente separados, por un lado, a la célula neuróglíca con núcleo y escaso protoplasma con cortas y difusas expansiones y, por el otro, a las fibras neuróglícas (afines al violeta de metilo). Si bien estas fibras convergen hacia el cuerpo celular y seguramente derivan embriológicamente de él, parecen ser extracelulares, formando, además, un fieltro denso, en el cual no es posible encontrar su comienzo ni terminación.

Finalmente, ciertos autores, como Held, aceptan además la existencia de finos puentes protoplasmáticos, que unirían a las diversas células en que estarían ubicadas las fibras, haciéndolas de este modo intracelulares. La histología comparada muestra, por otra parte, en las formas inferiores, a las fibras neuróglícas como simples expansiones celulares diferenciadas, y en las superiores aumentan las diferenciaciones más variadamente (1).

Funcionalmente, debemos ver en la neuroglia no solamente un tejido de sostén y aislamiento sino un elemento que interviene activamente en el metabolismo del sistema nervioso. Ya indicado hemos su papel elaborador de lipoides para la formación de las vainas mielínicas, papel que parece tanto más probable cuanto que, al desintegrarse estas mismas vainas, son las células neuróglícas las que se movilizan para englobarlas. Ciertos autores le atribuyen además un rol en la elaboración del licor cerebroespinal, papel que parece, sin embargo, corresponder más particularmente al epéndimo y especialmente el que cubre a los plexos coroideos. Es enton-

(1) Aquí entran también elementos diminutos (microglia).

ces cuando sucumbe el tejido parenquimatoso, el tejido cicatricial del sistema nervioso central (esclerosis gliomatosa secundaria).

La distribución topográfica de la neuroglia no es de ningún modo homogénea. En la sustancia blanca abunda más que en la gris, donde se necesita menos aislamiento, ya que allí se establecen los contactos nerviosos. Además, la neuroglia se condensa en el linde del tejido nervioso con un tejido o medio extraño, como ocurre en la superficie externa, por debajo del epéndimo y al rededor de los vasos que penetran en la masa nerviosa formando la llamada neuroglia marginal y central periependimiaria.

#### IV. *Tejido conjuntivo vascular*

El tejido conjuntivo vascular mesodérmico del sistema nervioso no presenta mayores particularidades histológicas en sus células y fibras. A nivel del sistema periférico forma vainas laminosas que rodean a grupos de fibras, constituyendo los fascículos nerviosos primitivos, y las agrupaciones de éstos forman los nervios. Designamos, por otra parte, como endoneuro al tejido conjuntivo que separa en el interior de un nervio a sus fascículos, y como perineuro a las láminas conjuntivas que lo envuelven en su periferia. En un nervio mayor penetran vasos sanguíneos y linfáticos a lo largo de los tabiques del endoneuro.

En el sistema nervioso central, haciendo abstracción de sus envolturas, el tejido conjuntivo está exclusivamente representado por los vasos sanguíneos, que con sus tres capas, íntima (endotelial), media (músculo-elástica) y adventicia (conjuntiva), se ajustan al plan general del tejido vascular.

Como particularidad de los capilares encefálicos se ha descrito la persistencia de cierto número de fibras elásticas sobre su pared endotelial. No existen tampoco vasos linfáticos propiamente tales en el órgano central. La linfa circula en el tejido laxo de la adventicia de los vasos, y posiblemente también en las hendiduras existentes entre la adventicia de los vasos y la neuroglia marginal — hendiduras consideradas por muchos como producciones artificiales, — para derramarse luego en los grandes espacios linfáticos de las meninges o envolturas del neuroeje.

Si consideramos finalmente la disposición de las meninges, observamos en el anfióxico un simple tejido conjuntivo indiferenciado, al que se agrega, en los peces, la meninge primitiva, membrana colocada en contacto directo con la sustancia nerviosa. En los anfibios, reptiles y aves, aparece en la misma una hendidura linfática dividiéndola en una capa externa (duramadre o paquimeninge) y otra interna (píamadre o leptomeninge). Esta última se espesa considerablemente en los mamíferos, distinguiéndose en ella una hoja externa, la aracnoides, y otra interna o pía propiamente dicha (la vasoprotectora), y entre ambas, un espacio tabicado (1), el espacio subaracnoideo de variables extensiones y subdivisiones.

#### B. NEUROHISTOFISIOLOGÍA ESPECIAL

##### I. *Órganos de los sentidos*

Destinados a recibir los estímulos provenientes del medio interno o externo, los órganos de los sentidos están organi-

(1) Ver detalles en el tomo II.

zados según dos tipos fundamentales. Según se trate de células sensitivas ubicadas en la periferia y que mandan directamente una expansión central (células sensoriales primitivas o neuronales), o ya, más frecuentemente, son células sin expansión nerviosa central y que transmiten la excitación recibida a fibras nerviosas que sobre ellas terminan (células sensitivas secundarias o preneuronales). En ambos casos el tejido epi y mesodérmico vecino, formando cubiertas protectoras o favorecedoras de la recepción de estímulos, contribuye a la transformación de estos elementos receptores en verdaderos « órganos de los sentidos », no designándoseles como tales, si bien son también superficies receptoras las terminaciones nerviosas libres en los diversos epitelios y mucosas y tejidos profundos (músculos, tendones, etc.).

Embriológicamente, el elemento receptor de todo órgano sensorial es de origen ectodérmico directo, debiéndose citar como excepción aparente el ojo de los vertebrados, cuya retina deriva del neuroeje (cerebro intermedio), a su vez ectodérmico éste por su origen.

Según la complicación de su estructura podemos reunir por un lado a los órganos sensoriales simples destinados a la percepción del contacto, de la presión, dolor, calor, movimiento ondulatorio, etc., estudiando por el otro los órganos sensoriales complejos, es decir, el órgano del olfato, el oído y el ojo.

*Órganos sensoriales simples.* — En su forma más simple están representados por las células fusiformes con pestaña periférica y expansión nerviosa central que se encuentran difusamente en el integumento de los invertebrados. Pero ya en ellos notamos numerosas agrupaciones de estas células sensoriales separadas por células indiferentes (células de sos-

tén), representando órganos sensoriales cutáneos primitivos.

Entre los órganos sensoriales simples de los vertebrados debemos distinguir los superficiales de los vertebrados acuáticos ubicados en la epidermis y los de los animales de vida terrestre, en los cuales, con la disecación de la epidermis, han emigrado hacia la profundidad (dermis e hipodermis).

A los primeros pertenecen las « colinas nerviosas » y « botones terminales » de los peces y batracios, así como los botones gustativos de la mucosa bucal de los animales terrestres. Las colinas nerviosas están formadas por células epidérmicas alargadas o de sostén, entre cuyos pies se encuentran las células sensoriales con pestaña periférica y en contacto por su base (preneuronas) con la ramificación de una fibra nerviosa aferente. Se ubican ya directamente en la superficie, ya más frecuentemente en hendiduras y canales superficiales, en comunicación con el medio acuático; además están especialmente distribuidas sobre determinadas regiones (cabeza y línea lateral de los peces y larvas de anfibios). Los « botones terminales » que se unen por grados de transición a las « colinas nerviosas » no tienen la tendencia de estas últimas de retirarse hacia la profundidad, sino que más bien son sobresalientes; además, sus células sensoriales alargadas alcanzan la longitud de los elementos de sostén entre los cuales se ubican. Distribuidos sobre todo el cuerpo, en la mayoría de los peces, se concentran, desde los anfibios, en la cavidad nasobucofaríngea, estando representados por los « botones gustativos » de los mamíferos, ubicados en los costados de las papilas linguales con elementos dispersos sobre paladar, faringe y comienzo de la laringe.

Debemos mencionar, además, una diferencia inervatoria y funcional entre « colinas nerviosas » y « botones termina-

les ». Las primeras se distribuyen especialmente sobre el territorio del sistema acústico lateral ; los segundos son inervados por el facial vago y glossofaríngeo, en los peces, y por último, exclusivamente en los mamíferos. Por otra parte, las colinas nerviosas reciben estímulos relacionados con los movimientos oscilatorios, con los cambios de presión acuático-aérea y de posición del cuerpo ; los botones terminales son, en cambio, exclusivamente gustativos en los vertebrados superiores, teniendo, en los inferiores, posiblemente también funciones táctiles.

Los órganos sensoriales dérmicos e hipodérmicos se reducen igualmente a una estructura simple : una envoltura conjuntiva laminosa rodeando a un cúmulo de células sensitivas secundarias más o menos redondeadas (células táctiles), entre las cuales se extiende la arborización de la fibra nerviosa aferente que previamente ha perdido su vaina de mielina.

En los anfibios superiores y reptiles, en los que las células táctiles profundas aparecen por primera vez, forman, en general, aún cúmulos celulares sin envolturas diferenciadas, sea las llamadas « manchas táctiles ». En las aves, los corpúsculos diferenciados dominan, siendo característicos los corpúsculos de Grandry, abundantes en la piel córnea del pico. Al corte se presentan ovoideos, con vaina conjuntivo-laminar rodeando a dos grandes células táctiles hemisféricas, entre las cuales la fibra nerviosa se expande en una placa terminal.

Los corpúsculos de Paccini (fig. 34), señalados en algunos reptiles y abundantes en las aves y mamíferos, están constituidos por varias láminas conjuntivas netamente concéntricas, que dejan una cavidad central (masa) tapizada por células poliédricas (cilindro externo), ocupando el centro el filete



Fig. 27. — Vesículas cerebrales de un embrión de pollo transparente (microfot. original) : *h*, vesícula hemisférica ; *ci*, intermedia ; *vm*, mesencefálica ; *vp*, rombencefálica ; *cor*, corazón ; *vl*, vesícula laberíntica.

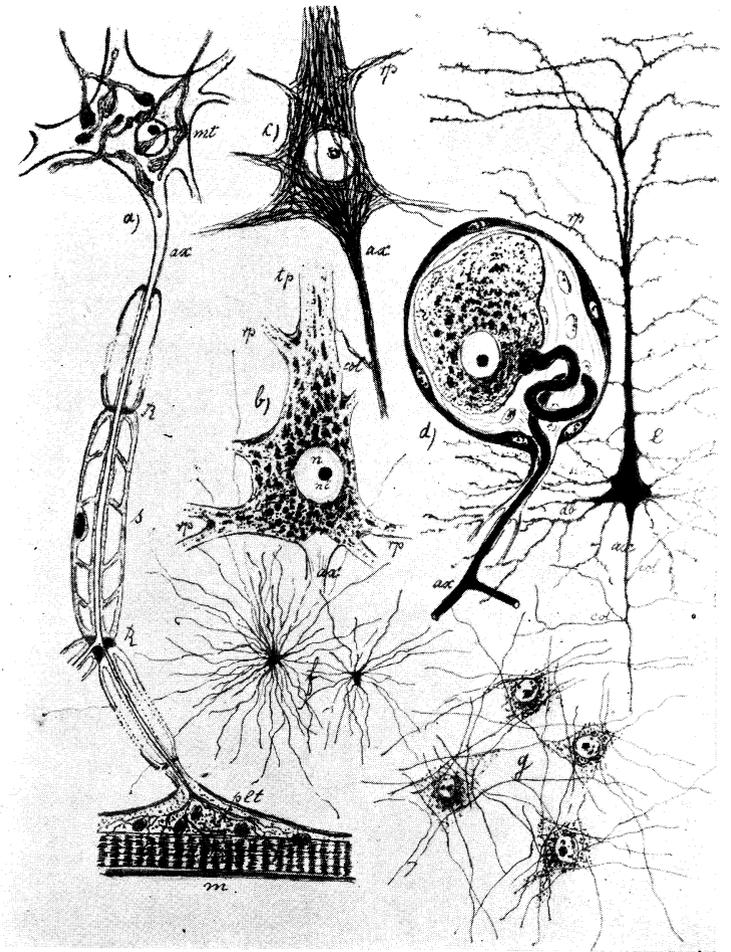


Fig. 30. — Esquema de neurohistología (original) : a, neurón motor espinal; *mt*, masas terminales; *plt*, placa terminal; b, célula piramidal cortical con granulaciones; c, neurofibrillas; d, célula ganglionar; e, pirámide con impregnación; f, g, células y fibras de neuroglia.

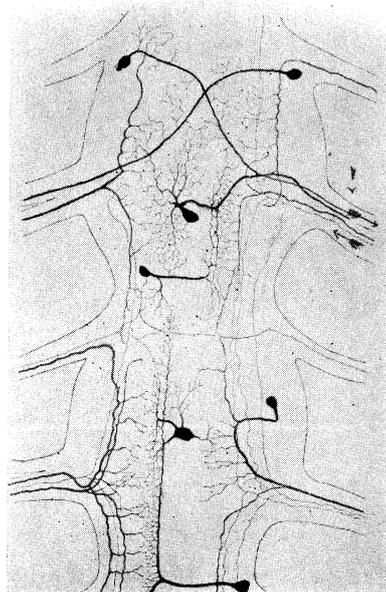


Fig. 31. — Neuronas de la cadena ganglionar de una lombriz de tierra (Retzius)

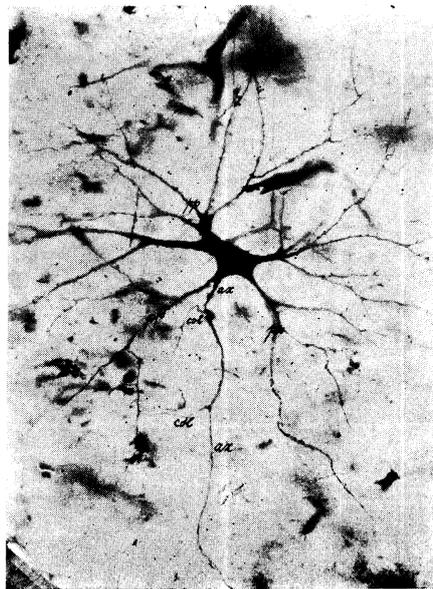


Fig. 32. — Célula motor del asta anterior con impregnación (microfot. original): *ax*, axón; *col*, colateral; *pp*, ramificación protoplasmática.

nervioso con sus arborizaciones (cilindro interno). No se les encuentran exclusivamente en las capas profundas de la piel (dermis y panículo adiposo) sino también en los tendones, tejidos periarticulares, tejido subperitoneal, etc. Son estos corpúsculos profundos, así como otras terminaciones fisiológicamente homologables, los que transmiten la noción de la posición de los miembros, del grado de tensión muscular, así como la presión profunda y su dirección (señal local).

Los corpúsculos táctiles o de Meisner, de ubicación dérmica más superficial que los anteriores, se concentran especialmente en la palma de la mano y planta del pie. Su cubierta conjuntiva envía al interior una serie de tabiques que originan otros tantos departamentos; en éstos se encuentran numerosas células táctiles, entre las cuales se arboriza la fibra aferente al corpúsculo. Órganos táctiles importantes son, además, los pelos que poseen un anillo nervioso terminal (plexo peripiloso) por debajo de la glándula sebácea anexa. El desarrollo de este aparato nervioso, así como una irrigación sanguínea (vaina cavernosa) abundante, caracteriza a los pelos táctiles propiamente dichos, que existen en muchos mamíferos y faltan en el hombre.

Respecto al dolor, su transmisión parece hacerse por las terminaciones nerviosas libres intraepidérmicas. Por lo demás, sabemos que esta sensación puede igualmente ser recogida en cualquier órgano interno. Respecto al frío y al calor, para los cuales la experimentación demuestra su recepción por puntos cutáneos que no coinciden, parece que actúan como órganos receptores, en el hombre, ciertos ovillos nerviosos terminales (corpúsculos de Krause, etc.) y también existen en los músculos corpúsculos especiales para el sentido muscular.

*Órgano del olfato.* — Olfato y gusto constituyen los órganos sensoriales químicos del organismo, dado que transmiten sensaciones particularmente ligadas a la distinta composición química de los cuerpos. Relacionado especialmente con el ambiente aéreo, dada la naturaleza volátil de las sustancias que percibe, el órgano del olfato sólo adquiere su complejidad con el desarrollo y disposición variada de sus cavidades; su epitelio neurorreceptor es, en cambio, de una simplicidad extrema. Está constituido por células sensoriales alargadas, cuya extremidad periférica origina una o más pestañas olfatorias, de cuya base parte directamente la fibra nerviosa que se dirige al bulbo olfatorio, es decir, que se trata del único caso de persistencia de células sensoriales primitivas en el epitelio de los vertebrados. Separando las células sensoriales, encontramos las células epiteliales cilíndricas mucosecretorias de la mucosa nasal, de función protectora (mucus).

Originado de un esbozo par o impar, en forma de foseta prebucal, una vez desarrollado se presenta como un órgano simétrico de apariencia impar externa entre los vertebrados, sólo en los ciclostomas. En el anfibio se considera como órgano del olfato una foseta de epitelio ciliado, de ubicación dorsal y anterior, a la que llega un filete nervioso impar. En los peces se trata, ya de fondos de saco con orificio de ubicación ventral y prebucal tabicado (selacios), ya de dos cavidades con orificio de entrada y de salida completamente independientes y de ubicación dorsal (teleostios).

Desde los anfibios el aparato olfatorio se hace más uniforme, en vez de saco olfatorio, lo llamamos ahora cavidad nasal, en comunicación, por una parte, con la superficie, y por otra, con la cavidad bucofaringea. Adaptándose además su

parte inferior a la nueva función respiratoria, el epitelio olfatorio se retira a la parte olfatoria de las cavidades. Finalmente, la formación de numerosos repliegues (cornetes) cuya disposición responde a un plan homogéneo desde los reptiles, permite al epitelio olfatorio cubrir grandes superficies, así como a la parte respiratoria entrar en mayor contacto con el aire, al cual calienta y satura de vapor de agua, así como también retiene sus impurezas.

*Oído.* — El órgano laberíntico de los vertebrados, ausente en el anfibio, pertenece, morfológicamente, a los órganos de la cadena lateral, opinión sobre todo fundada por la naturaleza del octavo par, perteneciente a los nervios del sistema acústico lateral. Representaría, por lo tanto, una forma especialmente diferenciada de los órganos laterales (colinas nerviosas).

Pero en los invertebrados (hidrozoarios, moluscos) ya encontramos formaciones relacionadas con la percepción de movimientos vibratorios, los otocistos. Se trata de pequeñas vesículas tapizadas por un epitelio más o menos cúbico, ciliado ya en uno de los polos de la vesícula, ya en toda su superficie, y provista de filetes nerviosos anexos. Una o varias concreciones calcáreas (otolitos) en el líquido que llena las vesículas son las que estimulan las pestañas al experimentar sacudidas o cambios de posición. Los crustáceos presentan vesículas auditivas abiertas en la base de la primera antena. En los insectos son, en cambio, grupos de células sensoriales especiales que cruzan a modo de cuerdas o membranas la cavidad corporal (órganos cordotonaes y timpanales), insertándose también sobre los conductos traqueales, los perceptores de las ondas acústicas.

El órgano laberíntico de los vertebrados deriva de una ve-

sícula ectodérmica emigrada hacia la profundidad, donde, al desarrollarse, constituye el laberinto membranoso, mientras que el tejido mesodérmico vecino forma una cubierta resistente, el laberinto óseo. Esta vesícula epitelial simple, provista de una delgada cubierta conjuntiva, se convierte aquí en un complicado sistema de cavidades. Se divide primero en una vesícula superior o utrículo, en comunicación con otra inferior o sáculo; al utrículo se le agregan los tres canales semicirculares (anterior, posterior y lateral), cada uno de los cuales presenta una dilatación ampollosa en una de sus dos extremidades insertas en el utrículo; el sáculo presenta un ligero relieve hemisférico, la lagena. Es esta lagena la que, al crecer en forma de canal desde los reptiles y arrollarse luego, constituirá el caracol membranoso de los mamíferos, o sea su conducto coclear (auditivo).

Al retirarse la vesícula laberíntica hacia la profundidad, se estira la parte que primitivamente estaba en contacto con la piel, formando un largo canal, o sea el conducto endolinfático. Este conducto, que permanece abierto en los selacios — en los cuales, por lo tanto, el interior del laberinto membranoso está en comunicación directa con el medio externo acuático, — está generalmente cerrado en fondo de saco, pudiendo crecer profundamente hacia la cavidad craneana (termina debajo de la dura en los mamíferos) y aun alcanzar, en los batracios, el cuello y la cavidad corporal.

El epitelio cúbico o plano que reviste el interior del laberinto membranoso se diferencia, a su vez, en determinadas zonas: mancha (mácula) acústica de utrículo, sáculo y lagena, y crestas acústicas de las extremidades ampollosas de los conductos semicirculares, son las zonas a cuyo nivel terminan los filetes nerviosos del acústico. En los peces se agrega

una nueva mancha diferenciada en el sáculo; en anfibios, reptiles y aves aparece una octava zona sensorial en la lagena, que ha ido tomando desarrollo inusitado y que constituirá el órgano de Corti. Reduciéndose a una las máculas saculares y retrogradando la mácula primitiva de la lagena, quedan seis zonas acústicas en los mamíferos.

Estructural y fisiológicamente debemos considerar por una parte las manchas y crestas acústicas y por otra, el órgano de Corti.

A nivel de las primeras el epitelio plano simple se estratifica formando dos o tres capas; sus células superficiales se alargan (células de sostén) y entre ellas se ubican las células sensitivas en forma de dedal, con superficie plana y provisto de una pestaña hacia el interior de la vesícula. Sobre la superficie de estas manchas se encuentran finas concreciones calcáreas, o arenilla acústica, que pueden llegar a formar verdaderos otolitos o piedras auditivas en los peces óseos. Se les hace jugar cierto rol motor en la excitación de las pestañas acústicas. Sobre la base de las células sensoriales terminan las fibras de la rama vestibular del acústico, subdividida en filetes según las máculas a inervar y originada en las células bipolares del ganglio de Scarpa. Las excitaciones que transmiten se relacionan especialmente con el equilibrio y orientación de cabeza y cuerpo en el espacio.

El órgano de Corti representa un grado ya más diferenciado del epitelio laberíntico. Podemos considerarlo como una mácula acústica muy alargada y hasta arrollada en espiral como el caracol membranoso que lo contiene. Al corte transversal se nos presentan, en primer lugar, series de a dos células diferenciadas, de núcleo y protoplasma basal, y cuyos extremos libres, adelgazados y diferenciados empalman. Son

las pilares de Corti que delimitan, por la separación de sus bases, al túnel de Corti. Sobre ambos lados de los arcos de Corti así formados, células epiteliales alargadas (células de Deiters y Claudius) juegan el papel de elementos de sostén, y entre sus extremidades libres se disponen las células acústicas de menor longitud, con base redondeada y superficie libre, plana y provista de pestañas acústicas. Las células ciliadas dispuestas en una hilera dentro de la arcada de Corti se disponen de tres a cuatro fuera de ella. Finalmente, se agrega la membrana de Corti o membrana tectoria, formación cuticular derivada del epitelio laberíntico situado por dentro del órgano de Corti, o conducto coclear, que se extiende por encima del mismo y cuya extremidad libre externa traspasa la última hilera de células ciliadas; jugaría un rol moderador en la excitación de estas pestañas.

El órgano de Corti es el aparato de la audición propiamente dicha, sobre sus células ciliadas terminan las fibras de la rama coclear del acústico, originadas en las células bipolares del ganglio espiral, y su excitación se produce por el proceso vibratorio que, desde la membrana timpánica, había atravesado la cadena osicular, la linfa y perilinfa del caracol (escala timpánica y vestibular) hasta el neuroepitelio coclear.

Con el paso a la vida terrestre, al oído interno se le agrega como aparato auxiliar el oído medio con su aparato transmisor, la cadena de huesecillos inserta por un lado en una membrana vibratoria superficial, la membrana timpánica, y en conexión profunda con el laberinto (ventana oval). El oído medio comunica, además, con la cavidad faríngea, ubicándose cada vez más profundamente deja a la membrana del tímpano en el fondo de un conducto, el conducto auditivo externo, que junto con el pabellón auricular de los ma-

míferos constituye el oído externo, última adquisición tubaria muscular auxiliar en el desarrollo del aparato acústico (aparato acaparador de ondas sonoras, adaptable parcialmente a su dirección).

### Filogenia visual

37

*Ojo.* — La sensibilidad a la luz debe considerarse como propiedad general del protoplasma. En los animales inferiores, en las lombrices de tierra, por ejemplo, que reaccionan evidentemente a la luz sin tener para ello órganos histológicamente diferenciados, la percepción debe atribuirse a las simples células sensoriales primitivas de la epidermis. Con la agrupación focal de estos elementos aparecen los ojos primitivos u « oceles », representados por fosetas o vesículas de origen ectodérmico, formadas primeramente por células alargadas, pigmentadas (amarillo, rojizo, etc.) o rodeadas de elementos pigmentados, con un extremo receptor, generalmente con una o varias prolongaciones en bastoncito, y un extremo central emisor de la fibra óptica.

Tratando de vesículas hablamos de « ojos directos » cuando su pared posterior origina la capa sensible (anélidos y cefalópodos), transformándose la anterior en una capa transparente, y de « ojos invertidos » cuando las células sensoriales se originan en la pared anterior (planarias, ciertos moluscos y el ojo de los vertebrados), formando la posterior una capa aisladora pigmentaria (pigmento negro melánico).

Un considerable progreso en el desarrollo filético del ojo lo obtenemos recién con la aparición de los « sistemas cristalinos » (lentes), con lo cual se ha alcanzado la posibilidad de proyectar una imagen nítida determinada sobre la capa sensible (visión objetiva). Las formas más simples de ojo con cristalino aparecen ya entre los moluscos y ciertos anélidos;

representada la capa sensible por una depresión cupuliforme de la epidermis, la lente está representada por una substancia mucosecretoria fuertemente refringente que llena dicha cavidad.

En los artrópodos los elementos sensoriales del ojo se originan a expensas de un derivado ectodérmico macizo, que forma frecuentemente también el ganglio óptico correspondiente. Encontramos en ellos ya sea ojos simples (ocelas u omas), ya ojos compuestos o facetados formados por agrupaciones de muchos ojos simples, que se les observa en los crustáceos superiores y en la mayoría de los insectos (ojos mosaicos). Cada oma derivada de varias células epidérmicas se presenta como un cono alargado con un sistema cristallino cuticular en su base externa y con células sensoriales en bastoncito (rabdomas) rodeadas de elementos pigmentarios (retinula) en su vértice interno. Una mención especial, por el desarrollo alcanzado, merece el ojo de los cefalópodos — con cristallino, cuerpo vítreo, iris, aparato de acomodación, etc., — que se aproxima mucho al ojo de los vertebrados (ejemplo de una convergencia). Sin embargo, ni su lente ni su capa sensible es comparable a la lente y retina de los mismos, pues sólo esta última, invertida, por ejemplo, sólo representa su capa más externa o receptora (capa de los conos y bastoncitos), encontrándose las demás capas, homologables a las restantes de la retina, en el ganglio óptico anexo.

El anfioxo no posee ojos diferenciados, el elemento sensible a la luz está representado en él por ciertas células nerviosas de forma triangular con base convexa, distribuidas irregularmente en su sistema nervioso central y que llevan generalmente anexa a su base una célula pigmentaria en forma de menisco cóncavo-convexo.

Respecto del ojo de los vertebrados hemos mencionado ya que se trata de un ojo invertido; debemos recordar que la vesícula sensorial sólo indirectamente deriva en ellos del ectodermis, naciendo del neuroeje diencefálico. Desarrollada la vesícula, hunde su mitad externa adosándola a la interna por la penetración de la vesícula lenticular y formando así la retina. La porción invaginada formará los elementos sensoriales y nerviosos de la misma y emitirá (capa ganglionar) por lo tanto los cilindroejes que, creciendo hacia el cerebro intermedio, originan los nervios ópticos, y la porción no invaginada formará la hoja pigmentaria de la retina. Secundariamente se agrega a la retina una vesícula de origen ectodérmico directo que se transforma en cristallino, y a su vez la piel situada por delante del cristallino se aclara transformándose en córnea. El tejido conjuntivo vecino formará una membrana vascular, la coroides, situada inmediatamente por fuera de la retina y que en su parte anterior se hunde en el espacio linfático situado entre la córnea y el cristallino, dividiéndolo en cámara anterior y posterior, originando al iris con su orificio central movable, la pupila. En la periferia del iris se diferencia un músculo liso ciliar destinado a la acomodación, el que falta en los peces, cuyo cristallino inelástico acomoda acercándose o alejándose de la retina mediante un haz muscular (músculo tractor del cristallino) situado en el fondo del ojo. El medio transparente gelatinoso o cuerpo vítreo que llena el espacio entre el cristallino y la retina es, a su vez, un derivado mesodérmico. Finalmente, en derredor del ojo se diferencia, a expensas del tejido conjuntivo, una membrana fibrosa resistente, la esclerótica, que en ciertos vertebrados puede contener trozos cartilaginosos y aun óseos y que en su parte anterior se confunde con la córnea.

Esta estructura general del ojo de los vertebrados es notablemente constante en todos ellos. Con el paso a la vida terrestre se agregan los párpados, a los cuales en muchos reptiles y en las aves se añade la membrana nictitante en el ángulo interno del ojo y los elementos glandulares anexos (glándulas lacrimales) para mantener húmeda la superficie corneal.

También la estructura de la retina se reduce en los vertebrados a un plan marcadamente uniforme. Debajo de una capa pigmentaria encontramos, partiendo de afuera a dentro, un sistema sensorial formado esencialmente por tres elementos: las células receptoras (conos y bastoncitos), las bipolares (o elementos intermedios) y las células ganglionares que emitirán las fibras del nervio óptico. La retina posee, además, como derivado del neuroeje, un armazón epitelial neurogliforme formado por las fibras de Müller, corpúsculos alargados de forma muy irregular con núcleo a la altura de las células bipolares y formando con sus extremidades internas una delgada membrana limitante hacia el cuerpo vítreo, y por otra parte una limitante externa por debajo del pie de los conos y bastoncitos. A nivel de las células ganglionares y fibras nerviosas se agregan, además, células neuróglícas típicas.

Las células pigmentarias presentan, en la obscuridad, acumulado su pigmento en el cuerpo celular, pero, expuestas a la luz, emigra el pigmento a lo largo de expansiones entre las extremidades receptoras de los conos y bastoncitos, pudiendo llegar hasta la limitante externa. Los conos y bastoncitos son células alargadas con una parte central ensanchada, formada casi exclusivamente por el núcleo y dos expansiones, la una interna, articular, la otra externa, que formará los conos y bastoncitos propiamente dichos. Estos últimos se

componen de un segmento interno finamente granuloso, más corto y ancho en los conos, estriado verticalmente hacia su parte externa (elipsoide) y de un segmento externo birrefringente y con finísima cubierta hialina, corto en los conos y de considerable longitud en los bastoncitos. Este segmento externo de los bastones está impregnado de una substancia colorante, la púrpura visual, que se consume rápidamente a la luz, y cuya combustión juega probablemente un rol intermediario entre la energía luminosa y la excitación sensorial que del bastoncito parte. La expansión interna de los conos termina por un pie ramificado, la de los bastoncitos por un abultamiento piriforme; ambas se relacionan con la arborización externa de las células bipolares (capa plexiforme externa).

En la capa de las células bipolares (capa interna de los granos, así como los núcleos de conos y bastoncitos forman la capa de los granos externos) se agregan accesoriamente, en su parte externa, las células horizontales, elementos asociativos de axón corto, y en su parte profunda las células amacrinas o espongioblastos con uno o varios tallos descendentes, cuya arborización horizontal hecha en uno o varios planos, conecta con la arborización análoga de las expansiones externas de las células ganglionares, así como también con la ramificación interna de las células bipolares (capa plexiforme interna). Sobre el cuerpo y tallo de las células amacrinas se expanden las terminaciones varicosas de las fibras centrífugas del nervio óptico.

Las células ganglionares, dispuestas en hilera única, mandan una o más dendritas a la capa plexiforme interna, donde se arborizan en uno o más planos horizontales; de la base de éstas, o del cuerpo celular, parte la fibra centrípeta que forma-

rá por dentro de la capa de las células ganglionares una última capa lintera con la limitante interna, la capa de las fibras nerviosas. Estas fibras confluyen hacia un punto algo excéntrico con respecto al centro de la retina, la papila óptica, a cuyo nivel falta el elemento sensible partiendo el nervio óptico. En el centro retiniano mismo encontramos una ligera foseta, la mancha amarilla, a cuyo nivel las capas internas de la retina han sido rechazadas excéntricamente, apareciendo casi exclusivamente y aun engrosada la capa externa formada por conos alargados únicamente. Es el centro de la visión directa, sobre el cual el cristalino enfoca sus imágenes. Entre los mamíferos sólo la poseen el hombre y los primates; no hay verdadera foseta en los demás. Las aves, excepto las gallináceas, la ostentan muy desarrollada y hasta doble en algunas; existe también en muchos reptiles.

Las variaciones en la estructura de la retina de los vertebrados se refieren especialmente a la capa de los conos y bastoncitos. En las aves y reptiles los bastoncitos son raros, sin embargo en las aves nocturnas alcanzan casi la misma frecuencia que en la retina de los mamíferos. En los anfibios encontramos, al lado de conos, abundantes bastoncitos que, según la materia colorante que albergan, se diferencian en rojos y verdes. En los peces, finalmente, los bastoncitos son abundantes, finos y largos, los conos, en cambio, son muy voluminosos y espesos.

El estudio de la histoarquitectura de los órganos nerviosos centrales nos ocupará en el próximo capítulo; ulteriores detalles neurohistológicos dará a este respecto el volumen II de la presente obra.

## CAPÍTULO V

### Organización del sistema nervioso y sus principios de conducción y localización

En el sistema nervioso del hombre, y en general en el de los vertebrados, distinguimos biológicamente una serie de « subsistemas », que en su filogenia, poco a poco, se han elaborado y perfeccionado, derivando todos ellos del neurodinamismo elemental plasmático, del cual representan diferenciaciones y adaptaciones secundarias sucesivas. Ellos son:

1° El *sistema reflejo* (fig. 35) sensomotor somático y simpático metamérico, y sus vías intercalares, comprendiendo los segmentos coccigeos, sacros, lumbares, dorsales y cérvico-espinales, los bulbares con segmentación borrada, los mesencefálicos (nervio óptico) y telencefálicos (nervio olfatorio), con sus respectivos centros reflejos;

2° El *sistema cerebeloso*, que desde los diferentes centros reflejos recibe vías aferentes y las emite eferentes, sea directa, sea indirectamente;

3° El *sistema subcortical estriohipotálamico*, que recibe vías aferentes de los centros reflejos y del cerebelo, y emite eferentes a los centros reflejos superiores, e indirectamente a los espinales;

4° El *sistema intercalartalámico*, de conducción núcleo-

talámica, que desde todos los centros reflejos seriados (excepto el telencefálico) y del cerebelo recibe vías aferentes hacia los diferentes núcleos talámicos, de donde parten los estímulos radiantes hacia el sistema cortical, discutiéndose la existencia de vías eferentes a centros inferiores;

5° El *sistema cortical hemisférico*, con vías de proyección aferentes del tálamo y rinencéfalo reflejo, vías de proyección eferentes a centros talámicos e hipotalámicos, a centros reflejos superiores y espinales y después las vías de asociación intercalares intra e interhemisféricas.

Los cinco « subsistemas » (fig. 36) están, pues, entre sí en contacto y compensación mutua continua, formando una unidad morfológico-funcional completa: un sistema polineurodinámico correlacionado.

Revisaremos los hechos culminantes de esa organización, dejando de lado los detalles anatómicos gruesos, que damos por sabidos (ver volumen II).

### 1. Sistema reflejo

Este sistema está representado por los órganos sensitivos y sensoriales de la periferia o del interior, los nervios sensitivos y sus ramificaciones terminales, los ganglios raquídeos, las raíces posteriores espinales, los nervios sensitivos cerebrales con sus ganglios y, finalmente, las arborizaciones centrales de todos ellos al rededor de las células nerviosas en los focos grises medulares (área sensitiva y motora), y en los núcleos sensitivos bulbares, mesencefálicos, etc., donde nacen las vías respectivas intercalares reflejas, que se dirigen desde allí en forma ascendente o descendente a los diferentes focos o núcleos grises motores, ubicados desde

el mesencéfalo hasta el cuerno anterior de la médula coccígea, terminando al rededor de sus elementos motores, con los cuales empieza finalmente la vía motora, que por las raíces anteriores y filetes intrabulbares, etc., se dirige a los nervios motores espinales, simpáticos y cerebrales hasta su plexo terminal en el músculo estriado o liso o la glándula; pasando además, siempre, los reflejos viscerales, antes de su terminación, por un ganglio simpático, donde sufren una nueva interrupción. El arco reflejo somático está así compuesto por tres neurones acoplados (neurón aferente intercalar y motor), y el simpático por cuatro o más (neurón aferente, intercalar, motor somático, motor simpático). Pero ese esquema simple sólo sirve para los reflejos más sencillos, pues en la mayor parte de ellos intervienen, dada su complejidad, numerosos sistemas intercalares más ascendentes y descendentes, directos e indirectos. Entre esos arcos reflejos citaremos:

- a) Los *coccigiosacros*, reflejos esfinterianos y genitales (simpáticos);
- b) Los *sacrolumbares*, reflejos defensivos de la extremidad inferior, el reflejo plantar, aquileo y patelar (somáticos);
- c) Los *dorsales*, reflejos abdominales y torácicos, de la prensa abdominal, los respiratorios costales, etc.;
- d) Los *cervicales*, reflejos defensivos de la extremidad superior, reflejo palmar, escapular, diafragmático (hipo), etc.;
- e) Los *bulbares*, reflejos viscerales simpáticos (vómito, etc.), faríngeos (deglución), laríngeos (tos, grito), faciales (mímicos, defensivos, pestañeo), acústicos (movimiento de atención), nasales (estornudo), etc. (fig. 37);

f) Los *protuberaneo-mesencefálicos*, reflejos monoculares intrínsecos simpáticos (esfínter del iris, reflejo a la luz y acomodación), reflejos binoculares, de convergencia, de fijación, de asociación, reflejos óptico-defensivos (reflejo córneo), etc.;

g) Los *rhinencefálicos*, reflejos olfativo-respiratorios, defensivos, etc.

Todos esos reflejos están entre sí enlazados por vías cortas seriadas en forma de «relais» y otras largas ascendentes y descendentes provistas de colaterales, que durante su trayecto terminan en diferentes alturas. Debido a esa red refleja está garantida la extensión de un movimiento reflejo, o sea la reacción defensiva u ofensiva, sobre todo el organismo, según la intensidad del estímulo provocante.

La entrada del estímulo, la *zona reflejogena*, puede así ser sumamente limitada, y, sin embargo, debido a la ley de *multiplicación de vías intercalares*, abarcar todos los centros motores, y producir así reacciones de locomoción total.

Así, ya en el reflejo patelar (1), tipo de un reflejo simple, local, colaboran los cinco segmentos lumbares; en el de la tos colaboran los núcleos bulbares del neumogástrico (sensitivo y motor), con los del facial, hipogloso y espinal asociados a los focos motores respiratorios cervico-dorsales y pueden agregarse otros fenómenos reflejos (lagrimeo, gusto, vómito, etc.), de modo, pues, que tenemos así un tipo complejo de reflejo; y en el reflejo vesical constatamos una sucesión seriada de arcos reflejos complejos, como ser

(1) Erróneamente se acepta en Fisiopatología como «acto reflejogeno» el golpe sobre el tendón patelar, siendo en rigor la sacudida que recibe el músculo cuádriceps y la consecutiva extensión de sus fibras la causa del reflejo muscular y no tendinoso.

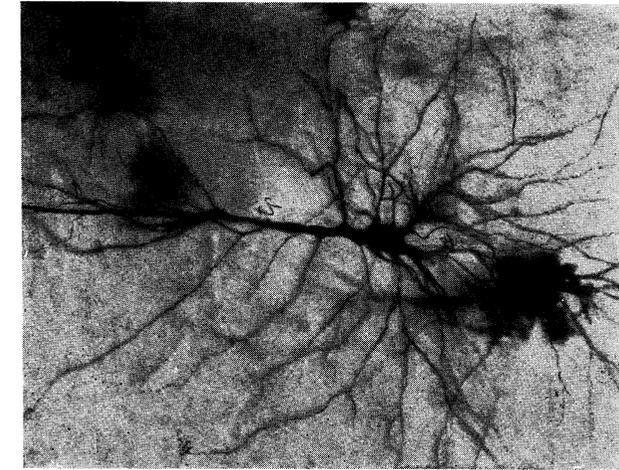


Fig. 33. — Célula piramidal humana con impregnación (microfot. original)

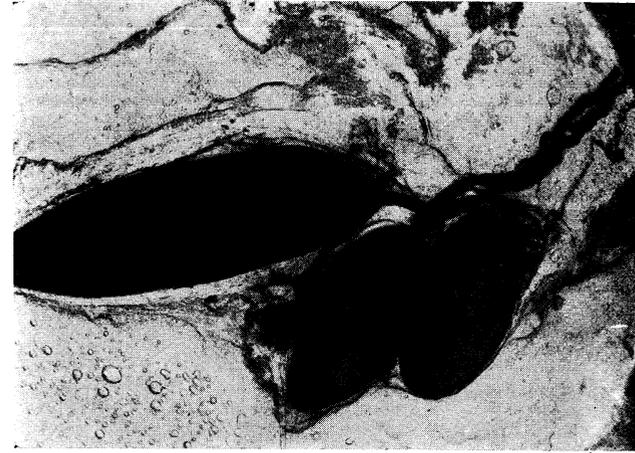


Fig. 34. — Corpúsculos de Pacini con impregnación atricia (microfot. original del Laboratorio neurobiológico, La Plata)

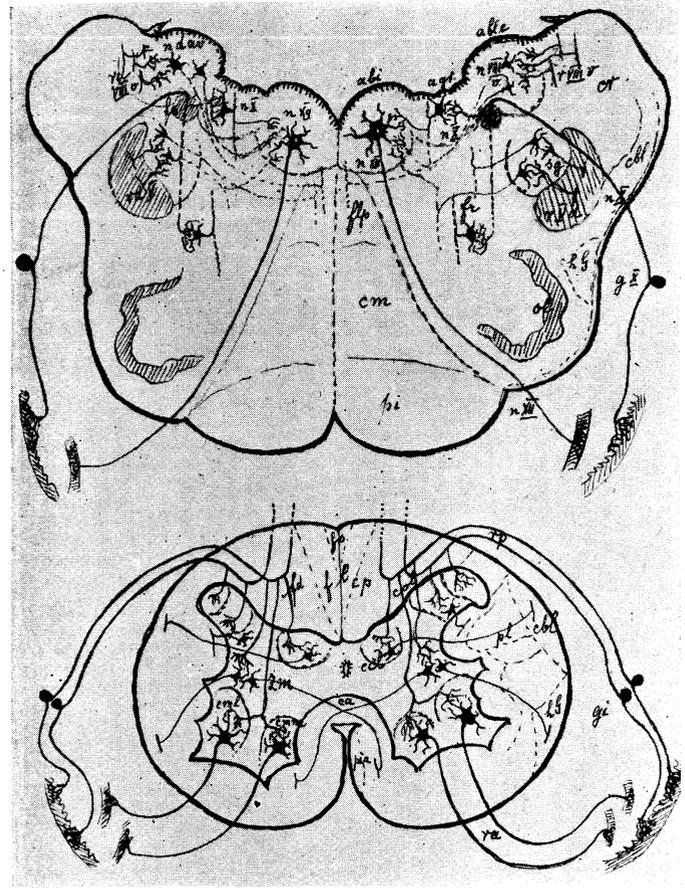


Fig. 35. — Esquema de las vías rellejas espinales y bulbares : nXII, X, V, VIII, nervios XII-X; col, colaterales; pi, pirámide; cm, cinta; gi, ganglio intervertebral; ra, rp, raíz anterior y posterior; ca, comisura anterior.

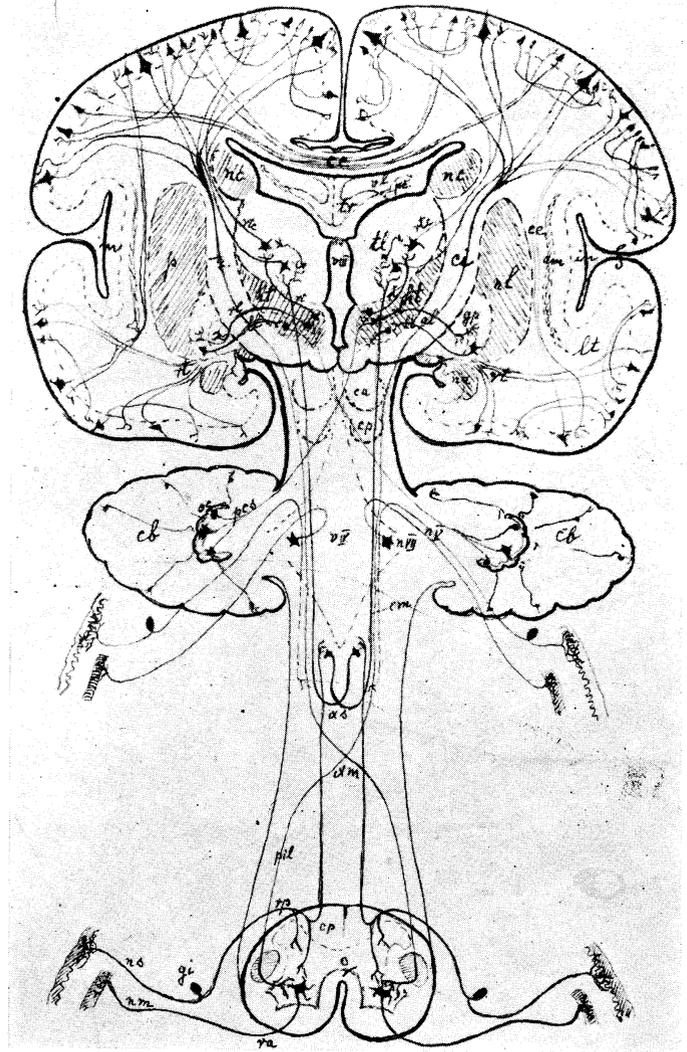


Fig. 36. — Esquema de las vías centrales (original) : *cc*, cuerpo calloso; *nc*, núcleo caudado; *nl*, núcleo lenticular; *t*, tálamo; *gp*, globulo pálido; *ht*, hipotálamo; *cb*, cerebelo; *xs*, entrecruzamientos motor y sensitivo; *rt*, haz rubrotalámico; *rl*, rubrolenticular; *ll*, lenticulo-luisiano; *pes*, pedúnculo cerebeloso superior; *pil*, haz piramidal; *ns*, *nm*, nervio sensitivo y motor.



Fig. 37. — Topografía cerebrocraneana del tronco encefálico humano (fot. original) : *ptl*, pulvinar talámico; *hp*, hipocampo (véase fig. 4); *dm*, duramadre; *cc*, cuerpo calloso; *m, 1a-4c*, segmentos cervicales de la médula.

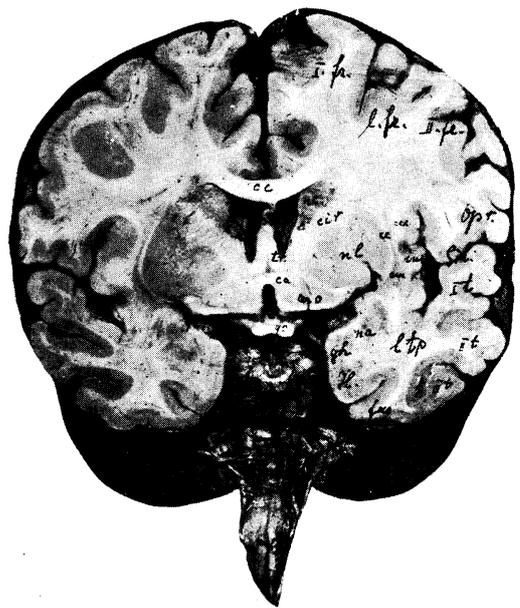


Fig. 38. — Corte vértico transversal, frontal, del cerebro humano (original) : *nc, nl*, núcleos caudado y lenticular; *cir*, cápsula interna, rodilla (corte genículo capsular); *ca*, comisura anterior; *ao*, área olfativa; *go*, quiasma; *tr*, trigono; *ce*, cápsula externa.

la inhibición refleja del tono esfinteriano, y consecutiva contracción del detrusor, asociada de la prensa abdominal y del diafragma, y, finalmente, otra vez cierre reflejo del esfínter vesical; proceso que, en el adulto, se complica todavía mucho más por la intervención de los dinamismos super-reflejos centrales. En forma análoga se producen también los reflejos seriados que vigilan la digestión, secreción, circulación y respiración, de cuya «vigilancia continua» resulta la integridad del yo físico y de sus funciones vegetativas.

Desde todas las zonas de substancia gris en que terminan las vías aferentes reflejas (núcleos y focos sensitivos) nacen además, al lado de las vías intercalares reflejas, otras más largas, de *conducción* y que llevan los estímulos respectivos hacia los centros superreflejos: el *cerebeloso*, el *estriopotalámico* y el *talámico*. Los tres representan ya una jerarquía dinámicamente más alta que los centros reflejos, caracterizándose como *centros de intensificación reactiva*, basados en el dinamismo reflejo; trabajando también autónomamente su influjo funcional forma un complemento orgánico comparable al efecto de la «rueda de empuje» en una máquina que transforma, unificándolos, los mil actos motores aislados discontinuos del aparato en acción continua, son dinamismos totalizadores de la reacción refleja músculo-glandular.

## 2. Sistema cerebeloso

La corteza cerebelosa recibe estímulos continuos de los centros espinales (haz cerebeloso lateral, haz de Gowers, fibras arciformes externas) de naturaleza tactomuscular,

quizá también dolorosas y térmicas provenientes especialmente del tronco y de las extremidades; recibe estímulos laberínticos (orientación en el espacio de cuerpo y cabeza) por la vía vestibulo-cerebelosa y quizá otros más (trigeminales, oculares, olivobulbares?) que en detalle no conocemos suficientemente. La mayor parte de esas entradas pasa por el pedúnculo inferior homolateral (cuerpo restiforme) y se cruza en parte, llegando al vermis cerebeloso (lóbulo medio); los lóbulos laterales (hemisferios) reciben, en cambio, estímulos provenientes de los ganglios protuberanciales (pedúnculo medio, cruzado), hacia los cuales llegan vías motoras eferentes corticohemisféricas. Establecida la asociación regulativa entre ambas clases de estímulos (periférico-vermiculares y centro-hemisféricos), efectúase la influencia eferente cerebelosa, que desde la corteza va al cuerpo dentado (oliva cerebelosa), y de aquí parte la vía de descarga cerebelosa: el pedúnculo cerebeloso superior (brazo conjuntivo), que se dirige cruzándose al núcleo rojo en la calota del mesodiencefalon); de esa vía nace (por lo menos en los animales) una porción descendente espinal directa y del núcleo rojo parte hacia abajo el haz rubroespinal, que ejerce su acción reguladora sobre los centros motores espinobulbares. Desde el núcleo rojo nacen, además, hacia arriba, y esto es más importante aún para los mamíferos superiores y el hombre, dos vías ascendentes: el haz rubrolenticular, hacia el sistema estriohipotalámico, y el haz rubrotalámico, hacia el tálamo. Por ambos influye así también el cerebelo en la función reguladora de esos dinamismos, como veremos en seguida. El efecto complejo del cerebelo, que, como se ve, está colocado en forma intermediaria entre el sistema reflejo y los sistemas centrales a

manera de un « órgano compensador diferencial », consiste finalmente en una acción tónica, esténica, dinamizante de la acción muscular continua, en la regulación de las condiciones estáticas de la marcha humana y su equilibrio, y en la vigilancia de la coordinación, seriación y sinergia muscular para los actos de locomoción complejos, de las extremidades y tronco, y también de la fonación y asociación binocular, etc. Todos esos actos importantes se alteran notablemente en su coacción ordenada (ataxia cerebelosa) cuando falta el influjo cerebeloso (ver Neuropatología).

### 3. Sistema estriohipotalámico

Las funciones de este importante dinamismo, que existe en toda la serie de los vertebrados (el cerebelo, en cambio, es muy reducido en anfibios y reptiles), han empezado a aclararse recién en los últimos años. Formado (fig. 38) por el cuerpo estriado del hemisferio (núcleo caudado, lenticular y amigdalino), por un lado, y el hipotálamo del diencefalon, por el otro, recibe este sistema vías aferentes del rinencefalon (radiaciones profundas del colículo caudado, etc.), vías cerebelosas por el haz rubrolenticular y posiblemente otras más, y emite vías eferentes (por el ansa lenticular) al núcleo hipotalámico, a la substancia negra y otras formaciones diencefálicas, que influyen después sobre los centros de locomoción del tronco y extremidades en forma desconocida todavía. Prueba de su importancia es el hecho de que ya en el feto de cinco a seis meses esas vías están perfectamente mielinizadas (regulaciones circulatorias y respiratorias?) y que su alteración perjudica la marcha y la contracción

muscular en todos los actos (temblor, rigidez e hipertonia muscular son sus consecuencias).

En esos centros estriohipotálamicos se regulan así la mayor parte de esos dinamismos reflejos complicados que designamos vulgarmente como « actos instintivos ». Los reflejos seriados de la fuga, de la agresión, los instintos sexuales, así como los de la risa y del llanto, de la mímica en general, tienen aquí su asiento central; prueba de esto es que en los reptiles y las aves, en los que la vida instintiva es tan pronunciada, esos centros son de enorme desarrollo. El instinto de la nidificación, del cuidado de la cría, de las migraciones, se elabora aquí; al lado de la corteza cerebral, reducida para la experiencia limitada del individuo, actúan en esos organismos los voluminosos cuerpos estriados como representantes orgánicos de la experiencia genérica de la especie (filopsiquismos).

Los tres sistemas anteriores reunidos satisfacen las necesidades neurodinámicas vegetativas de un organismo y de la especie completamente, y los vertebrados más inferiores (ciclostomas, peces) se mantienen con tal *arquencefalon* perfectamente; recién cuando se trata de elaboraciones superiores, basadas en experiencias individuales y su aprovechamiento regulador para un campo de acción más amplio, se exigen nuevos dinamismos; a ese grupo pertenecen las formaciones *neoencefálicas*: talámicas y corticales (fig. 3g).

#### 4. Sistema núcleotalámico

En el neoencefalon se agrega, desde los reptiles (y, en forma rudimentaria ya, en dipnoicos y a fibios), al hipotálamo motor recién estudiado, una serie de núcleos que for-

man en conjunto el tálamo (metatálamo o cuerpos geniculados, basotálamo o núcleos ventrales, y finalmente el dorsotálamo, etc.); a esos núcleos se dirigen ahora nuevamente vías de conducción que nacen en los centros reflejos espino-bulbo-mesencefálicos, llevando estímulos de todos los segmentos y de todos los aparatos sensitivos periféricos y centrales; en conjunto, forman ellos los sistemas « núcleotalámicos », y por ellos se reúnen en las diferentes secciones del tálamo todas las calidades de sensibilidad cutánea, muscular y sensorial (1). A ellas pertenecen la vía táctil y muscular de la *cinta mediana*, que naciendo en los núcleos de Goll y Burdach, en el bulbo, lleva, cruzándose, los estímulos del cordón posterior espinal al tálamo ventral (núcleo centromediano, arqueado y ventrolateral); los *manojos fundamentales ánterolaterales espinales* del cordón ánterolateral, llevan, en cambio, cruzándose ya en la comisura anterior espinal, sensibilidad térmica y dolorosa por la formación reticular hacia los núcleos ventrales anteriores del tálamo; se agregan a esas vías los haces centrales trigeminales y vestibulares; la *cinta lateral*, vía acústica que nace en el núcleo ventral del acústico coclear, se dirige en parte, cruzada (cuerpo trapezoides), al cuerpo cuadrigémino posterior, y de allí nuevamente, parcialmente cruzada, al cuerpo geniculado medial del paratálamo; la *bandeleta óptica* que nace en la capa ganglionar retiniana, se dirige, cruzándose en el quiasma sus fascículos retinianos nasales, hacia el cuerpo geniculado lateral paratalámico y al pulvinar talámico (su porción destinada al cuerpo cuadrigé-

(1) La antigua designación de « tálamo óptico » no tiene por eso sentido alguno y hay que suprimirla.

mino posterior es de función refleja); y, finalmente, entra a los núcleos ánterolaterales talámicos la *via cerebelosa rubrotalámica* y al núcleo anterior el *haz de Vic d'Acyr* o *via mamilotalámica* (estímulos viscerales?), así es que, a excepción del olfato, el tálamo merece el título de « sensitivo ».

En los animales inferiores existen también vías descendentes, talámico-bulbares y espinales, pero su existencia en el hombre es dudosa; en cambio, recibe el tálamo de la corteza las fibras córticotalámicas. Su función primordial, empero, consiste en la emisión de las poderosas *radiaciones talámico-corticales* (o pedúnculo-talámicos), por las cuales irradian las diferentes calidades de sensibilidad que recibió este órgano por las vías de conducción núcleotalámicas, en forma multiplicada hacia los diferentes centros corticales; conocemos así las radiaciones anteriores talámicofrontales (para sensibilidad cerebeloso-kinestésica), radiaciones talámico-rolándicas (tactomusculares), radiaciones talámico-parietales (tacto músculo térmico-dolorosas), radiaciones talámico-occipitales (ópticas), radiaciones talámico-temporales (acústicas y gustativas), radiaciones talámico-esplénicas (viscerales?), etc. Por esa su relación cortical tiene el tálamo su desarrollo máximo en el hombre y los primates (especialmente ha aumentado el dorsotálamo); en los mamíferos inferiores funciona principalmente el basotálamo; es que el dorsotálamo representa un poderoso multiplicador para los neurodinamismos sensitivos en su camino hacia la corteza. Esas radiaciones talámicas atraviesan en su camino la cápsula interna (fig. 40) hacia su lado externo, formando su mayor parte, y es allí donde se cruzan con las vías corticales eferentes motoras.

##### 5. Sistema cortical hemisférico

El asiento de los neurodinamismos supremos donde, en transformaciones sucesivas de la neuroenergía condensada, recién afloran los fenómenos psíquicos propiamente dichos, es el *aparato cortical*, o sea la substancia gris cortical que reviste la superficie total de los hemisferios cerebrales, que produce, por su extensión superficial en numerosos repliegues, las circunvoluciones cerebrales, y la que, por medio de las fibras de la substancia blanca subyacente, está ligada con los demás sistemas inferiores por las vías de proyección, mientras que, entre las diferentes regiones del manto cortical mismo, establecen las vías de asociación una relación más estrecha. Frente del « manto cortical » (o *pallium* cortical) se designa (compárese fig. 39) el resto del cerebro también como « tronco encefálico » (formado por bulbo, protuberancia, cuerpos cuadrigéminos, tálamo y estriado), y frente a la substancia cortical se hallan también como « centros subcorticales » el cuerpo estriado, el tálamo (ganglios centrales) y los cuerpos cuadrigéminos.

La corteza cerebral recibe como vías de proyección ascendentes (vías corticopetales aferentes) a las distintas radiaciones talámicas sensitivas ya estudiadas, y además las radiaciones olfativas (en la corteza frontal esfenoidal y amónica), y emite, como vías de proyección eferentes córtico-fugales hacia el hipotálamo y protuberancia cerebelosa, los haces frontopedunculares, hipotalámicos y pontinos, e igualmente los haces temporoparietopontinos; a los núcleos motores bulbares se dirige el haz opérculobulbar (haz geniculado, parcialmente cruzado), y a las zonas motoras espinales del cuerno anterior cervical y lumbosacral, desde la

rolándica anterior, el haz rolándicoespinal (córticoespinal, haz piramidal, haz motor central), que en su mayor parte se cruza al salir del bulbo (haz piramidal cruzado lateral, haz piramidal directo anterior) (fig. 41).

Entre las diferentes regiones corticales se establecen numerosas relaciones asociativas largas, interlobulares : fascículo arqueado superior, entre la convexidad del lóbulo frontal y temporal ; fascículo uncinado, entre la base frontal y el polo temporal ; fascículo cingular, entre la porción frontal y parietal de la circunvolución supracallosa y del hipocampo ; cápsula externa, entre la corteza frontal y rolándica y el área olfatoria ; se describen, además, el fascículo occípito-temporal, el fascículo occipital vertical y otros haces más dudosos todavía ; hay que agregar también aquí los *sistemas comisurales interhemisféricos*, que en el cuerpo calloso (comisura cortical dorsal), la comisura anterior (comisura olfativa y ténporobasal), y el *psalterium* (comisura interamónica), se establecen de un hemisferio al otro. El sistema asociativo más poderoso, sin embargo, son las *vías cortas* de asociación o *fibras en U de Meynert*, que reúnen cada circunvolución con sus vecinas, sin excepción ; y en el interior de la corteza existen, al lado de ese « sistema de asociación intercortical, los *sistemas cortos y largos, verticales y horizontales intracorticales* (estratos asociativos externo o zonal, superradial, interr radial o estría de Baillarger y Vic d'Acy y el plexo intrarradial).

La extensión total de la corticalidad hemisférica en el hombre abarca al rededor de 200.000 milímetros cuadrados y su espesor varía desde 2,5 hasta 5 milímetros (mínimo en la corteza frontal y occipital, máximo en la corteza rolándica (véase figura 42). La cantidad total de sus elementos se puede

calcular en 10.000 millones ; de esta cantidad más de la mitad (6 a 7000 millones) pertenecerá a los sistemas asociativos cortos intracorticales, del restante de esos 3 a 4000 millones serían más del 80 por ciento sistemas de asociación largos y sólo el sobrante, 500 a 800 millones, pertenecen a los sistemas de proyección ; en cuando a las fibras corticales no existen cálculos. La disposición longitudinal de las células en estratos y la vertical en columnas celulares ya la hemos revisado ; los manojos de fibras irradianes alternan así con las columnas o pilas celulares ; ambos forman « los sistemas célulofibrilares primordiales » del córtex, o sus « dinamismos elementales » (cada uno es compuesto de cerca de 100 elementos celulares apilados y de 30 a 50 fibras).

Para el concepto del córticodinamismo (fig. 43) es ahora fundamental la siguiente constatación. La función cortical es siempre, y *a priori*, de naturaleza *sensomotora* o *motosensora*, nunca motora o sensora sólo ; y se combinan en cada acto elemental cortical dos dinamismos, uno formado por vías de proyección y asociación largas, y otro por un grupo de elementos asociativos intracorticales cortos ; y ambos, el macrodinamismo transcortical con sus grupos de microdinamismos intracorticales acoplados, forman los córticodinamismos elementales (fig. 44).

La producción cortical esencial consiste ahora en recibir y almacenar de cada proceso reflejo o instintivo experimentado por el individuo un cierto tributo estimulante y elaborar de esos diferentes componentes homocrónicos los grupos equivalentes que corresponden a constelaciones y seriaciones de constelaciones análogas (procesos *a*, *b*, *c*, *d*), los que periódicamente vuelven a presentarse. Cada vez que se ofrece la constelación *a*, *b*, *c*, *d*, el aparato cor-

tical registrará la identidad con su equivalente ya elaborado (o la diferencia en caso contrario), y si en la secuencia *a*, *b*, *c*, *d* generalmente solía aparecer después de *d* un *e*, entonces, sin esperar tal acontecimiento, el dinamismo cortical ya presume el proceso *e*, anticipándolo, y, sin necesitar su realización, toma el dinamismo sus medidas biofilácticas que ya antes ha preparado; he ahí la quintaesencia cortical, su función cronotrópica; a esa simple fórmula matemática de extrapolación se reduce todo: si hay *a*, *b*, *c* y *d*, debe haber *e* y *f*. Parece sencillo, pero es genial también, y lo difícil es explicar el origen y esencia íntima de tal extrapolación neurodinámica. Veamos, por lo menos, sus principios; sus productores son los córticodinamismos elementales: macro y microdinamismo cortical acoplados.

El macrodinamismo es formado por un juego de vías talámico-corticales aferentes y córticofugales eferentes relacionado con cada estímulo y su reacción correspondiente que se presenta (olfativa, óptica, acústica, táctil, muscular, etc.); el estado de excitación en este macrodinamismo, que va desde los núcleos sensitivos hasta los motores, atravesando la corteza cerebral en un determinado punto, induce, en los grupos acoplados microdinámicos corticales (formados por anillos de cadenas neuronales entre células piramidales pequeñas descendentes del tipo Golgi y otras ascendentes del tipo Martinotti), estados análogos de excitación, que con la repetición paulatina de la carga del estado pasajero de excitación inicial de su neurodinamismo entrará en un estado de « tensión » superior y continua (pues no se agotan tan rápidamente como los macrodinamismos, según veremos); el proceso es semejante al estado de la formación de « ondas estacionarias » en cuerdas fijadas. Dada

la gran cantidad de esos microdinamismos, la corteza puede reservar para cada estímulo diferente un arco microdinámico especial, que entra en resonancia cada vez que se presenta la misma situación estimulante, y le garante así una duración mayor, del mismo modo que la cuerda de determinada longitud y tensión reacciona ante el mismo y único tono, a cuyas ondas representa ella por afinación, por sus condiciones físicas, las que sólo las pierde poco a poco. En nuestro caso, el afinador es la experiencia repetida, la que, correspondiendo a la seriación *a*, *b*, *c*, *d*, ha preparado, por intermedio de los macrodinamismos estimulantes y pasajeros, a los microdinamismos portadores ahora de la tensión continuada prolongada; y si en una experiencia nueva análoga suena excitada desde la periferia por el « macro », la serie de « micros » equivalentes a la situación *a*, *b*, *c*, *d*, entonces funcionará automáticamente el « micro » *e* y *f*, si en ocasiones anteriores se había así « preformado »; es la función de la « extrapolación asociativa », que, como una fuerza centrífuga, propele al neurodinamismo hacia la continuación o terminación usual del proceso. Es natural así que, frente a un proceso completamente nuevo, estemos « estupefactos », pues no lo esperábamos, ni lo podíamos esperar, porque esperar es hacer cantar a microdinamismos preparados con anticipación, sus « discos corticográficos » representantes de lo que ocurrió antes. El creador del neurodinamismo cortical es entonces la experiencia engendradora repetida. Debido al coro de nuestros microdinamismos, si el niño que llora se calma cuando entra la madre, el disco reza: « te dará leche » porque así siempre lo hace; debido a él sembramos confiadamente la semilla: « habrá sol y agua para su germinación », como canta siempre el aparato; debido al

mismo proceso creemos en la solución de un problema científico, porque anteriormente otros también han sido resueltos igualmente; es la extrapolación por identidad y analogía la que en nuestros microdinamismos trabaja, y la vida, la ciencia y la filosofía se conciertan en consecuencia con tal juego, sus coincidencias confirman el dinamismo elaborado, sus fallas producen nuevas seriaciones: el proceso infinito del conocer reposa sobre nuestro dinamismo ilimitado; recordemos lo dicho sobre el número de nuestros trabajadores corticales y las posibilidades de sus combinaciones en arcos microdinámicos corticales.

No sólo las sucesiones cronológicas, sino también las agrupaciones simultáneas espaciales fijamos en la misma forma. El « complejo espacial » de una naranja emite simultáneamente una serie de estímulos que evocan los macrodinamismos correspondientes: ópticos, gustativos, olfatorios, táctiles, etc.; se cargan conjuntamente, por su función repetida, las respectivas cadenas microdinámicas, a la vez que se eleva en la corteza visual, gustativa, olfativa, táctil, etc., la tensión de un cierto grupo de microdinamismos, que por sus vías asociativas se comunican y confirman mutuamente su estado de tensión; suficientemente cargado tal « complejo microdinámico », él entrará otra vez en juego cuando se eleve en cualquier componente aislado del complejo la tensión (por ejemplo, si tomamos el olor de una naranja escondida) por extrapolación asociativa, surge el mismo potencial en todos los componentes, y con eso el « equivalente psicodinámico » del objeto simultáneo como en el proceso sucedáneo.

Obsérvese lo natural y sencillo de esa teoría biológica de la función neurodinámica cortical; el psicodinamismo usa los mismos principios que ya conocemos en los dinamismos

inferiores, sólo que los multiplica, repartiendo, en la división del trabajo, las funciones de un elemento inferior a cien o más elementos superiores: es la cantidad y la combinación de los elementos corticales que permite los fenómenos nuevos y aparentemente estupendos de la fijación y evocación neurodinámica en la corteza cerebral, base para las funciones intelectuales, como más adelante veremos todavía en detalle.

El estado de tensión neuroenergética, en determinados grupos de microdinamismos corticales asociados, representa los *equivalentes psicodinámicos*, y para cada objeto y proceso elaboramos así un equivalente característico significativo; distinguimos e identificamos así los procesos, si coinciden o difieren en sus componentes y el total de esos elaborados lo designamos como *proceso gnósico* o *gnosias*. Los estímulos para su creación concurren a nuestros córticodinamismos en forma pasiva, del ambiente o del interior, excitan los órganos sensitivos y consecutivamente los macrodinamismos corticales, que reaccionan con inervaciones de los dinamismos de la atención frente a ellos; el organismo se apodera entonces del estímulo llegado sin su voluntad e intervención, pero, enfocándolo activamente, elabora el « gnosis », cargando los respectivos microdinamismos: « mirando », « escuchando », « palpando », adquiere el niño las gnosis, y no viendo, oyendo o sintiendo. Pero no bastan esos elaborados que impresionan a nuestra experiencia en manera formal y genéticamente pasiva para un conocimiento real de objetos y procesos, es necesario que el individuo practique, activamente ocupado con ese material, series de actos motores, por medio de los cuales él experimente un objeto en todas sus direcciones y complete su

conocimiento de él (por ejemplo, en el caso de la naranja el niño la agarra, juega con ella, siente su peso; la da vuelta, la pela, divide, y, finalmente, el adulto analiza su estructura, su desarrollo, su constitución química, microscópica, etc.). Si por las *gnosias* nos posesionamos formalmente de los objetos cargando los microdinamismos de nuestros centros postrolándicos gnósicos, en cambio, por las *praxias* elaboramos análogos microdinamismos en los centros prerolándicos y frontales, que fijan en nosotros el conocimiento « material » real de los objetos. Se cargan esos centros por los estímulos kinestésicos, en los que interviene el cerebelo por la regulación de la coordinación motora, y sus resultados se fijan en los microdinamismos frontales, donde guardamos las impresiones combinadas del ejercicio muscular, de la técnica manual, de la marcha, etc., que desde la niñez practicamos y perfeccionamos.

*El equivalente gnósico y el práxico del material experimentado en asociación transcortical de sus complejos microdinámicos corticales, nos aseguran recién la posesión definitiva de los objetos; ese doble dinamismo asociado nos representa lo que llamamos la « idea » del objeto y proceso concreto; el equivalente ideativo no es, pues, como enseña la psicología, una imagen, engrama, impresión u otra cosa sombría, vaga y formal, sino un dinamismo real, vivo y vibrante, que canta con mil voces microfónicas el himno de su creación en su labor gnósicopráctica a quien lo escucha y entiende.*

Como *centros gnósicos* (1) en la corteza humana sólo conocemos hasta ahora los siguientes :

(1) Centros son reuniones de neurodinamismos elaborados con material cualitativamente igual. Los límites de los centros corticales son vagos y mal definidos todavía; varían, también, individualmente.

1° Centros *táctiles* o *haptognósicos*, para la localización en cada zona del cuerpo, tronco, extremidades, dedos, cara, labios, lengua, laringe : a lo largo de la circunvolución rolándica posterior de su porción paracentral hasta su porción opercular;

2° Centro *estereognósico manual*, donde se elabora el conocimiento de la forma estérica de un objeto tomado por la mano : en la circunvolución supramarginal;

3° Centro *estereognósico ocular*, donde reconocemos la forma del objeto por la visión binocular (asociación muscular) : en la circunvolución del pliegue curvo;

4° Centro *ópticognósico*, para la percepción de color e intensidad luminosa y su localización perspectiva : en la zona calcarina (cuña, lingula) y toda la región vecina occipital (orientación en el espacio visual);

5° Centro *acústicognósico*, para reconocer ruidos, tonos, melodías y palabras : en la primera y segunda circunvolución temporal (mitad posterior) y vecindad temporal (temporal profunda);

6° Centro *olfativognósico*, para conocer aromas y olores : en el hipocampo y la corteza esfenoidal (gancho);

7° Centro *gustativognósico* : en el polo temporal (?);

8° Centro *viscerognósico*, para reconocer estados y necesidades viscerales (hambre, sed, funciones vesicales, sexuales, etc.) : en la vecindad postrolándica de la circunvolución supracallosaesplénica (?);

9° Centros *termognósicos*, en la parietal superior y precuña (?), o también junto con haptognosias?;

10° Centros para la *percepción del dolor* en sus diferentes formas, coinciden con el anterior (?).

En conjunto, todo el manto cortical postrolándico, es de-

cir, dos tercios de la corticalidad entera, sirve para la elaboración de equivalentes psicodinámicos gnósicos para los diferentes objetos y procesos experimentados en tal forma; repetimos que lo que se localiza no es el objeto en sí como tal, sino el equivalente de sus variados factores energéticos.: son los *componentes fisiológicos* del objeto los que tienen localización, el resultado « psíquico », la gnosis totalizante es elaboración transcortical del dinamismo asociativo entre los componentes, y no tiene localización alguna aparte de ellos.

De *centros práxicos* estamos menos bien orientados todavía; se podrá sostener que ellos están ubicados principalmente delante del surco rolándico, en la circunvolución rolándica anterior, en los pies de los tres frontales y en la primera, segunda y tercera circunvoluciones frontal y porción frontal de la supracallosa (ver detalle en Neuropatología).

En resumen, se estabilizan allí los equivalentes que nos facilitan los diferentes ejercicios y prácticas aprendidas de las piernas y tronco (primera circunvolución frontal): caminar, saltar, bailar, andar a caballo, en bicicleta, etc.; de los brazos y manos (segunda circunvolución frontal): agarrar, jugar, vestirse, escribir, etc.; de la cabeza, de labios, lengua, mandíbula, laringe (tercera circunvolución frontal): masticar, hablar, cantar, silbar, etc.; y finalmente, encuentran aquí su localización los equivalentes de coordinación muscular compleja relacionada con las técnicas industriales, científicas, artísticas; todas se aprenden y retienen en microdinamismos coordinadores y reguladores de esos complejos actos motores. Es por eso muy significativa la entrada de los sistemas cerebelosos eferentes (pedúnculos cerebelosos superiores, vías rubrotalámicas y radiaciones talámicofrontales).

La reacción terminal que ejecutan todos los centros corticales, tanto gnósicos como práxicos, va, principalmente por el efecto asociativo eferente, hacia la zona rolándica anterior, centro kinético directo cortical; de sus células gigantes parte el estímulo inicial por el haz piramidal (para extremidades y tronco), desde los dos tercios superiores de la región, y por el haz opérculobulbar (para nervios bulbares) desde el opérculo rolándico hacia los núcleos motores respectivos de la cabeza.

Todos los centros gnoscopráxicos disponen de sus complejos aparatos asociativos y comisurales, y por estos últimos se regula la función simétricosimultánea entre ambos hemisferios. Durante el aprendizaje infantil los centros bilaterales trabajan sin excepción, homocrónicamente, y muchos actos oculares, labiolinguales, laríngeos, mímicos, acústicos, etc., se ejecutan también, más tarde, bilateralmente; pero el dominio sucesivo de la mano derecha en todas las técnicas especiales (defensa, saludo, juego, escritura, etc.), produce poco a poco una asimetría funcional, dando al hemisferio opuesto (debido al entrecruzamiento de vías sensomotoras) una superioridad funcional creciente, que debido a su uso más frecuente, precisamente en las situaciones más importantes, produce así una carga más intensiva de los microdinamismos de los demás centros práxicos y gnósicos asociados con el « práxico manual izquierdo ». Así, el hemisferio izquierdo gana creciente intervención en todos los actos superiores, especialmente en los ligados con el desarrollo del lenguaje y de la inteligencia. El impulso primitivo para esa asimetría parte entonces del centro práxico de la mano derecha (1). Del dina-

(1) Parece que esa emancipación de la extremidad derecha está ligada

mismo de esos centros supremos « simbolizantes » nos ocuparemos en el próximo capítulo.

Resumiendo ahora en forma sistemática las vías de conducción estudiadas, tenemos :

#### A. SISTEMAS SENSITIVOS RECEPTORES

##### I. *Vía sensitiva cutáneomuscular directa (gnosioipoética)*

1° *Neurón periférico sensitivo*, con ramificaciones protoplasmáticas en la epidermis, corpúsculos táctiles, aponeurosis, tendones, músculos, periostio y serosas; continúa el nervio periférico sensitivo hasta el ganglio intervertebral, de cuyas células emanan (para los nervios bulbares funcionan los ganglios análogos de Gasserio, yugular, plexiforme, etc. ;) sigue la raíz posterior, cuyas fibras se dividen en el cordón posterior en la vía larga ascendente en el haz de Goll y Burdach (sensibilidad tactomuscular de la mitad inferior y superior del cuerpo) y vías cortas colaterales que terminan en la zona sensitiva espinal y núcleos sensitivos bulbares (trigémino).

2° *Neurón intermediario espinobulbotalámico*. a) *Vía tactomuscular* : nace en los núcleos de Goll y Burdach, en el bulbo, y cruzando en el rafe sus fibras arciformes internas (entrecruzamiento sensitivo bulbar) se forma la *cinta mediana* de Reil del otro lado, la que, atravesando la formación de la calota, penetra en el núcleo ventral del tálamo y

con la posición del corazón en el lado izquierdo; las luchas defensivas del hombre prehistórico le enseñaban la conveniencia de avanzar con el lado opuesto, evitando así un peligro y molestia mayor, primeramente instintivo, y luego concientemente.

termina ahí (centro mediano de Luys, núcleo arqueado de Flechsig y ventrolateral de Monakow);

b) *Vía térmicodolorosa (y táctil facultativa?)* : nace en la zona mediana espinal y, cruzándose en la comisura anterior, forma el haz fundamental anterolateral, que subiendo al bulbo pasa por la formación reticular de la calota (con interrupciones neuronales en forma de cadenas) para terminar delante de la cinta mediana en el núcleo ventral interno talámico. También las vías análogas trigeminales glosofaríngeas y neumogástricas intermediarias se asocian aquí.

3° *Neurón central talámicocortical (radiaciones talámicas)*. Naciendo en los elementos celulares del núcleo ventral talámico y sus zonas vecinas, se dirige la radiación hacia la cápsula interna (región posterior del segmento posterior : encrucijada sensitiva) y de ahí, en la corona radiada, hacia la corteza rolándica anterior y posterior (radiación talámica central) y a la parietal entera (radiación talámica parietal).

##### II. *Vía sensitiva (kinestésica) indirecta (praxiopoética)*

El camino de esa vía pasa sobre el cerebelo y es, debido a esta « conducción cerebelar posterior », más compleja y menos directa que la de conducción anterior directa.

1° El neurón periférico sensitivo coincide con el del sistema anterior.

2° El segundo neurón « intermediario » o núcleocerebeloso nace en diferentes porciones : en la columna de Clarke espinal (haz cerebeloso lateral), en la zona mediana espinal (parte del haz de Gowers ?), en los núcleos de Goll y Bur-

dach, en el bulbo (fibras arciformes externas largas) y en los núcleos laterales bulbares (fibras arciformes externas cortas) y entra, también, con las vías olivocerebelares aferentes (pero de función dudosa), al pedúnculo cerebeloso inferior (cuerpo restiforme), irradiando, junto con los haces juxtarestiformes (vías vestibulares, trigeminales), al cerebelo, especialmente su vermis; en parte cruzado.

3° El tercer neurón « cerebeloso dentado » nace en la corteza cerebelosa y termina en el cuerpo dentado (oliva cerebelosa).

4° El cuarto neurón forma el pedúnculo cerebeloso superior, que nace en la oliva cerebelosa y, descendiendo a la calota, se cruza entrando al núcleo rojo contralateral de ésta y del hipotálamo, terminando allí (no totalmente). Origen del haz rubroespinal.

5° El quinto neurón se bifurca y forma :

a) La radiación rubrotalámica o hipotalámica superior, terminando en el núcleo ánterolateral talámico;

b) La radiación rubrolenticular o hipotalámica inferior (con la luisiolenticular que forma el ansa lenticular) que entra al núcleo lenticular del cuerpo estriado.

6° Finalmente, el sexto neurón, central, talámicofrontal, forma la radiación anterior talámica y entra a todas las regiones del lóbulo frontal con sus centros práxicos. Esa vía praxiopoética es poco conocida todavía, pero es tan poderosa como la anterior gnosiopoética, sobre todo en el hombre.

Pasaremos ahora a las demás vías sensitivas.

### III. *Via acústica (cócleocortical)*

1° Su neurón periférico nace en el ganglión coclear espiral y ramifica en el neuroepitelio del órgano de Corti (elementos preneurales); desde su ganglio el nervio acústico coclear se dirige al bulbo, terminando en el costado del núcleo ventral acústico o coclear, entre el bulbo y el puente.

2° El neurón intermediario, núcleo subcortical (paratalámico), nace en el núcleo coclear; cruza después, formando el cuerpo trapezoides parcialmente, al otro lado y sigue (dando colaterales reflejos a la oliva superior y de ahí al núcleo del óculo motor externo y espinal (movimiento reflejo de ojos y cabeza asociados hacia el lado del ruido) como « *cinta lateral* » hasta el cuerpo cuadrigémimo posterior (parcial interrupción y nuevo entrecruzamiento retrógrado y vías reflejas hacia la calota) para terminar todas esas vías (cinta lateral y brazo posterior cuadrigeminal) en el *cuerpo geniculado medial*, centro subcortical paratalámico acústico y su vecindad (pulvinar basal).

3° Su neurón central, la *radiación acústica*, nace en esas zonas talámicas y se dirige horizontalmente hacia la encrucijada sensitiva de la cápsula interna, para ganar la circunvolución temporal profunda (o transversa) y su región vecina temporal (primera y segunda en su mitad posterior).

### IV. *Vías ópticas*

1° El neurón periférico forma, en la retina, la capa de los granos internos (elementos bipolares) en relación con el neuroepitelio óptico, los conos (luz de día, color) y bastoncitos (luz crepuscular), sus elementos preneurales.

2° El neurón intermediario (retiniano talámico o subcortical) nace en la capa ganglionar interna y forma el neurón óptico, y después de cruzarse parcialmente (el haz nasal) continúa en cada bandeleta: haz temporal directo y haz nasal cruzado, es decir la vía homónima, relacionada con el campo visual opuesto. La bandeleta termina en el cuerpo geniculado lateral y pulvinar talámico (ganglios subcorticales ópticos) y con el brazo anterior en el cuerpo cuadrigémino anterior (centro de los reflejos ópticos).

3° El neurón central, o *radiación óptica*, nace en el geniculado exterior y pulvinar, atraviesa la encrucijada capsular, y se dirige hacia atrás al lóbulo occipital; termina en los labios calcarinos y la convexidad occipital.

#### V. *Vías olfativas*

1° El neurón periférico nace de los mismos elementos neuroepiteliales de la mucosa olfatoria (único caso primitivo, en el hombre, en que el elemento neuroganglionar permanece todavía en el ectodermis); sus axones atraviesan como « nerviolas olfativas » no mielinizados (otro hecho primitivo) la lámina cribrosa para terminar en el bulbo olfatorio.

2° El neurón intermediario nace de las células mitrales y establece su contacto con el primero por el glomérulo olfatorio, donde se origina una íntima arborización entre la fibra aferente y ramificación protoplasmática. La vía continúa en la bandeleta olfativa y termina en las *radiaciones olfatorias*: unas, reflejas, se dirigen al área olfatoria (continuando la tenia talámica hasta el ganglio habenular y fascículo reflejo hacia la calota); otras radiaciones van al núcleo caudado (colículo), septolúcido y comisura anterior (porción cruzada), y las ra-

diaciones de conducción medial terminan en la base del *girus rectus* (primera frontal) y con su radiación lateral, la más importante en la corteza esfenoidal, y de allí, finalmente (por otro neurón asociado), al cuerno de Amon en el hipocampo. Como vía eferente aquí hay que mencionar el trigono cerebral (la vía central córticomotora más antigua) hacia la calota, de función oscura. Centros rudimentarios olfatorios son también la estría Lancisii y otras formaciones corticales.

#### VI. *Vías centrales córticopetales*

Las vías centrales córticopetales gustativas (nervio glossofaríngeo y trigémino, estilo inferior talámico), vestibulares (si existen) y viscerales (1) nos son desconocidas todavía.

#### B. SISTEMAS EFECTORES MOTORES

##### I. *Vía córtico (rolándico) muscular*

1° El neurón central nace en las células gigantes (células de Beetz) de la rolándica anterior (labio anterior rolándico) y desciende por la corona radiada central hacia la cápsula interna. Su fascículo crural baja desde el tercio superior rolándico y lóbulo paracentral hacia la mitad del segmento capsular posterior; del tercio medio rolándico se dirige el fascículo braquial hacia la porción anterior del segmento capsular

(1) Hemos emitido como hipótesis la posibilidad de que la vía visceral pase sobre el cuerpo mamilar y fascículo Vic d'Acyr al núcleo anterior talámico y de ahí a la circunvolución supracallosa.

posterior, y el fascículo facio-linguo-laríngeo nace del tercio inferior (opérculo rolándico anterior) y pasa por la rodilla capsular (fascículo geniculado); las tres porciones atraviesan así la cápsula interna y bajan al pedúnculo cerebral, formando sus tres quintos internos; el fascículo opercular (opérculo rolándico), de ubicación más mediana, se cruza ahora en la calota pontina (parcialmente, así que hay vías homo y hetero-laterales) y se termina en los núcleos motores de la protuberancia y del bulbo (haz opérculobulbar); con los respectivos nervios motores empieza el neurón periférico.

Los dos otros fascículos forman el *haz piramidal* (vía rolándica espinal) y atraviesan la protuberancia, forman las pirámides bulbares y se cruzan con sus porciones mayores al entrar en la médula cervical (primer segmento cervical), continuando la parte cruzada como haz piramidal lateral en el cordón lateral, la directa como haz piramidal anterior para terminarse durante ese trayecto hasta la médula sacra en la zona motora del cuerno anterior; el haz piramidal lateral inerva principalmente el núcleo de las extremidades, y el anterior, el del tronco. Un haz piramidal directo sólo existe en los primates (relación con la marcha erguida?) y puede faltar también en el hombre (variabilidad de esa vía filética nueva).

2° El neurón periférico nace en las columnas motoras lateral y media del cuerno anterior y se dirige, por raíces anteriores y nervios motores, al músculo.

Para las vías simpáticas termina la fibra núcleo-ganglionar en un ganglio simpático y de allí parte un tercer neurón (ganglio muscular) a la musculatura lisa visceral, arterial, uterina, etc.

## II. *Vías subcorticales motoras*

Tales sistemas, mucho más importantes en los animales inferiores que en el hombre, nacen en el cuerpo estriado (vías estriio-nigrales y lentículo-hipotalámicas, etc.), en el hipotálamo (vías hipotalámico-bulbares), en los cuerpos cuadrigéminos (vías tecto-espinales) y en el núcleo rojo (vías rubro-espinales); ellas forman, en conjunto, las « *vías parapiramidales* », que, si bien rudimentarias en el hombre, intensifican, tonifican y condensan la acción volitivomotora del haz piramidal.

## III. *Vías cerebelosas motoras*

La existencia de casi todas ellas es muy discutida en el hombre; en los animales con haz piramidal menos desarrollado tienen sus vías directas espinales más aplicación (ver lo descrito anteriormente). En el hombre se descarga el cerebelo fundamentalmente hacia el lóbulo frontal y, por medio de las praxias, hacia el centro motor rolándico, llegando su acción por el haz piramidal hacia la musculatura, influyendo directamente hacia la médula sólo el haz rubroespinal (de Monakow, o prepiramidal).

## CAPÍTULO VI

### Valorización biológica y problemas orgánicos de los neuro y psicodinamismos

Conociendo así a grandes rasgos la organización comparada del sistema nervioso humano y animal, podemos dirigirnos con provecho al estudio de sus problemas esenciales : naturaleza, condiciones y diferenciaciones de su dinamismo y su relación con los fenómenos psíquicos superiores.

Ante todo tenemos aquí el hecho significativo y universal del origen uniforme del neuroplasma y sus diferenciaciones a expensas de la misma hojuela onto y filogenética ; es el *ectodermis*, el órgano de contacto con el ambiente, el material orgánico del cual descienden los neurodinamismos inferiores como los supremos ; esa valorización ectodermal y su transformación adaptativa en neuroplasma está en constante correlación con el intercambio energético entre ambiente y organismo, intercambio que se tenía que efectuar justamente por la hojuela ectodermal, que reaccionaba frente a la variable constelación energética con plasmodinamismos elementales reguladores, y éstos se concentraban poco a poco en neurodinamismos perfeccionados, pero basados sobre el idéntico juego de la « *reacción diferencial* » ; en efecto, todos los estímulos del ambiente aparecen como el resultado de di-

ferencias energéticas entre constelaciones sucesivas, y lo que representa al estímulo no es la capacidad energética en sí sino sus valores diferenciales seriados. Así, no sentimos la presión del aire en la planicie en sí sino cuando ella varía y no notamos el calor del baño, cuando tiene justamente la misma temperatura que nuestra epidermis; ese *método diferencial* domina también en los neurodinamismos centrales, cada uno se comunica con el siguiente, acoplado por reacciones diferenciales, procedimiento de *relatividad* que imprime su carácter a todos los elaborados neurodinámicos hasta los métodos científicos y filosóficos mismos.

Desde la célula estrellada nerviosa del pólipo, hasta la célula piramidal cortical del hombre, son sólo « diferenciales energéticas relativas » la fuente de toda neuroregulación orgánica; la elaboración asimiladora de un nuevo equilibrio, sea estático en el pólipo o mental en el hombre, obedece a la misma *valorización vital relativista*.

Consecuencia de esa diferenciación es, por consiguiente, el hecho de que lo que penetra en esa asimilación desde la periferia hacia los órganos nerviosos, no es el diferencial del ambiente (es decir, los valores productores del estímulo excitante), sino el efecto reactivo que éste ha producido en nuestros neuroepitelios: no sentimos entonces de ninguna manera las diferencias luminosas, térmicas, básicas, etc., en sí, sino que sentimos las regulaciones reactivas que esos estímulos provocan en nuestros órganos sensitivos, nuestra vida psíquica consciente está sólo en contacto muy indirecto con el ambiente por la serie de plasmopsiquismos y neurodinamismos inferiores subcorticales; sólo a estos últimos sentimos realmente y eso sólo en forma diferencial otra vez.

Ese método diferencial puede influir y modificar el dina-

mismo neuroplasmático cuando se trata de diferencias repetidas, sea periódica, sea aperiódicamente; entonces el mismo diferencial provoca cada vez una idéntica regulación plasmática y la repetición y correlación constante de tales regulaciones orgánicas, con cambios análogos energéticos del ambiente, forman así la base para la vida de relación y su órgano, el neurodinamismo, que asimila formalmente la corriente energética ambiente en su valorización relativa.

Para adquirir una base biológica segura sobre la significación real del neurodinamismo, se recomienda, efectivamente, una comparación con la función del tubo digestivo. Con ambos sistemas, el digestivo y el nervioso, entran en acción recíproca energías del ambiente; por la función digestiva nos apoderamos directa y materialmente de esas energías físicas y sobre todo químicas, para incorporarlas después de la acción fermentativa en parte definitivamente y asimilarlas al protoplasma propio; en cambio, en la función nerviosa entra la energía química y sobre todo física del ambiente solamente en contacto directo con los neuroepitelios periféricos, y sólo su diferencial establece la permuta energética que da lugar a la excitación sensitiva; pero el material externo no entra en ulterior contacto, sino, es renovado continuamente por otros estímulos, formando tal corriente ininterrumpida la base para el concepto cronológico; no es entonces un asimilado material sino uno formal, no cuantitativo sino cualitativo, no directo sino indirecto; es una asimilación diferencial formal con transformación total de la energética estimulante, mientras que en la asimilación vegetativa entran los mismos radicales orgánicos en la constitución del protoplasma; lo que entra en el asimilado neurodinámico no es un proceso original sino un asimilado, totalmente distinto en su esencia, si

bien existe una cierta correspondencia y proporcionalidad formal entre ambos procesos ; y mientras que la asimilación orgánica carga considerables cantidades de material químico energético (la persona adulta, diariamente, al rededor de 2500 kilocalorías), son las permutas sensorioenergéticas entre ambiente y neuroepitelio, así como el neurodinamismo central de insignificantes valores energéticos ; y eso con toda intención, porque más bien nuestros órganos de los sentidos rechazan cargas estimulantes demasiado grandes directamente, disponiendo ellos de aparatos accesorios defensivos, reflejos (del iris, de los párpados, respiratorios, de la fuga, etc.), para evitar así el estímulo demasiado fuerte ; en cambio disponen nuestros neuroepitelios de un plasma especialmente sensibilizado para excitaciones finísimas ; precisamente en eso está la significación biológica de nuestros sentidos, en que ellos registran noticias livianas favorables o desfavorables para el organismo a gran distancia y tales microrreacciones se transforman recién secundariamente, por el neurodinamismo, en macroefectos. La sensibilización del neuroplasma de los conos y bastoncitos retinianos para determinadas oscilaciones luminosas de mínima intensidad pero desde distancias lejanísimas cósmicas, de las células neuroepiteliales del órgano de Corti para vibraciones sonoras diminutas desde muchos kilómetros, de la mucosa olfativa para olores débiles del ambiente en grandes diluciones, de la gustativa para sustancias aromáticas en vestigios y de los numerosos aparatos táctiles superficiales y profundos del ambiente inmediato, que registran presiones mínimas (insectos, frotos, lastimaduras), tienen el sentido biológico de permitir así una orientación rapidísima con gastos mínimos desde lo lejano hasta la inmediata vecindad, y todo eso con desgaste energético tan eco-

nómico que la fisiología moderna carece todavía de aparatos para medir los gastos calóricos de la retina, del órgano de Corti, etc. Todo eso evidencia ya el *carácter microenergético* primordial del neurodinamismo periférico.

La naturaleza íntima de la reacción neuroepitelial en los órganos de los sentidos no la conocemos todavía, pero indudablemente se trata en ese proceso biomolecular de dinamisimos fisicoquímico vitales análogos a los de los neurodinamisimos elementales que obran en los protozoarios y algas, y que hemos designado como « plasmopsíquicos », conocemos como tales los tropismos, taxismos y ritmos pulsantes, reacciones plasmáticas que sin necesidad de un sistema nervioso diferenciado representan la sensibilidad e irritabilidad plasmática inmediata en aquellos organismos y, como en los neuroepitelios, reaccionan bajo el estímulo directo luminoso, bórico, táctil, químico, etc. ; dada esa analogía se podrá aprovechar el estudio de los plasmopsiquismos para explicar en forma análoga el dinamismo neuroepitelial.

En un brote vegetal (algas o conos vegetativos) y en un infusorio sesil o hidrozooario se produce igualmente, por ejemplo, el heliotropismo ; cambiando la ubicación de la fuente de luz en relación con el organismo y producida así una iluminación desigual de éste, se regulariza esa asimetría por un acto de movimiento en dirección hacia el haz luminoso (aceptamos el caso de un tropismo positivo) hasta que se haya restablecido otra vez una posición simétrica y el brote, paralelo a la dirección de los rayos luminosos, reciba otra vez de ambos lados iluminación simétricamente. Lo fundamental en esa reacción está entonces en el hecho de que el plasma percibe en alguna forma el *cambio de sus condiciones de equilibrio orgánico* frente a la energética del ambiente y

sepa regular convenientemente cada dislocación de ese equilibrio por una reacción motora : la *simetrio-filia* del protoplasma, o para no usar términos tan antropomorfos, esa necesidad inherente del plasma de conservar su equilibrio orgánico (1) nos parece entonces efectivamente lo esencial en nuestro problema del plasmodinamismo elemental y neuro-epitelial. En ambos, el protoplasma es representado por una suma o combinación de cantidades de elementos plasmáticos, a los que, para darles un nombre, llamaremos sólo provisoriamente *biomoléculas*; el protoplasma resulta así un producto simbiótico de tales elementos orgánicos; esos elementos, para su comercio libre intraplasmático, necesitan guardar sus disposiciones regulares ordenadas en forma de sistemas orgánicos coloidales, y se comprende así la necesidad de una centralización regulatoria de tales sistemas intracelulares; precisamente en la elaboración constante de las regulaciones del consorcio intraplasmático está también el problema vital, aquí se tocan el bio y el neurodinamismo : la falta de regulación lleva a la *desintegración del sistema plasmático*, a la muerte (2).

Esa regulación del equilibrio entra en juego cada vez que las condiciones de simetría para el sistema vital han cambiado y podemos reconocer ya en esas formas elementales, de un modo velado, los principios sensomotores afectivos (percepción, excitación, reacción, tranquilización intraplasmática) que establecemos en los superiores. Por lo pronto, en los brotes vegetales es posible penetrar más profundamente tal dinamismo reactivo, que consiste invariablemente

(1) Cada vez que expresamos una ley general nos vemos obligados a usar designaciones antropodinámicamente entonadas.

(2) CH. JAKOB, *Del tropismo a la teoría de la relatividad*, en *Humanidades*, La Plata, 1922.

en el cambio del turgor de los diferentes tejidos componentes y ello nos enseña que el plasmodinamismo consiste aquí, fisiológicamente, en el cambio de la *presión osmótica*, es decir, resulta un fenómeno circulatorio.

En el caso del heliotropismo, cada vez que una mitad (el lado opuesto) del brote recibe menos luz que la otra, aumenta el turgor en ese lado opuesto y la consecuencia es un encorvamiento tropístico hacia el otro lado, y esta regulación hidráulica cesa recién cuando se halla restablecida la simetría anterior, la nueva posición se fija (tranquiliza) y el crecimiento sigue en su curso simétricamente en la posición adquirida.

El efecto, el motor externo es entonces lo secundario, su causa está en la reacción osmótica, y ésta, por su parte, no es tampoco un acto primitivo sino consecuencia de un proceso químico fermentativo; porque para atraer más savia hacia ese lado es menester aumentar la presión osmótica intracelular por una excitación del bioquimismo fermentativo plasmático; es necesario que tal acción desdoble cierta cantidad de cuerpos orgánicos depositados (proteicos y especialmente hidrocarburos), y si por esos procesos proteo y sacarolíticos se han multiplicado las moléculas orgánicas y sube consecutivamente « la concentración molecular », entonces se efectúa secundariamente el aflujo de savia hasta que exista presión isotónica osmótica en las células; la *reacción tropística* es entonces encausada por la *regulación osmótica* y ésta, a su vez, obedece a la *fermentación bioquímica analítica*, y ésta, otra vez, consiste en una serie de procesos de desdoblamientos hidrolíticos (1). Pero aquí no termina la cadena; para produ-

(1) Ver, respecto del proceso bioquímico fermentativo : *Biología*, tomo

cirse el fenómeno hidrolítico es necesario la activación de los respectivos fermentos hidrolíticos, y ésta obedece al estímulo regulador central del plasma, que se pone cada vez en juego cuando cambia el equilibrio dinámico del sistema; ignoramos si esa acción estimulante bioquímica proviene del núcleo celular (carioregulación) o del centrosoma (centriolorregulación), o, lo que es más probable, de una acción dinámica combinada de ambos sistemas reguladores.

Sin entrar mayormente, aquí, en esos problemas biológicos, tan interesantes como misteriosos, constatamos, como resultado esencial de nuestra excursión, que las reacciones tropísticas deben su producción a un cambio en el *proceso del metabolismo celular*, cuyas fases asimiladoras y desasimiladoras no se efectúan ya simétricamente, sino aumentando la desasimilación (fermentación analítica) sobre la fase asimiladora, y dando así lugar al encadenamiento químico-físico motor del tropismo. En análoga forma se pueden explicar todos los tropismos, taxismos y ritmos pulsantes, como productos de un complejo juego de *regulación químico-física circulatoria intraplasmática*, y donde los elementos del cambio son, en última instancia, las moléculas del agua ( $H_2O$ ) y sus electrolitos (H y OH), que se trasladan, acumulan o ausentan, disocian o asocian según los agentes del proceso, los fermentos, lo mandan. Llegaremos finalmente, entonces, al concepto de un *trofoneurodinamismo polarizado*, según el cual los plasmopsiquismos consisten en una *modificación pasajera y parcial (asimétrica) del ritmo metabólico asimilador-desasimilador plasmático*, el que aparece en situaciones plasmosi-

I, página 365. Cada biomolécula tiene, al rededor de su núcleo central, grupos efectores: haptóforos (para asociación con otros), ergóforos (oxidantes) y auxóforos (reforzadores), etc.

métricas y enfoca así, otra vez, el equilibrio dislocado del sistema orgánico, y que cesa en el momento del restablecimiento de su simetría funcional.

Con esa constatación hemos dado un gran paso adelante porque el neurodinamismo elemental resulta ahora, y en adelante, más una « energía sui generis », que una « corriente especial », y mucho menos aún un « fluido sobrematerial » o una « fuerza vital o extravital », etc., todos esos y otros conceptos confusos podemos archivarlos en la « gran biblioteca para palabras vacías », con la conciencia tranquila, porque el neurodinamismo sólo significa para nosotros, ni más ni menos, que una *alteración del ritmo asimilador-desasimilador*, algo enteramente natural y tan material como cualquier otro proceso vital, pues todos reposan sobre el dinamismo vegetativo común y nutritivo del protoplasma asimilador; una modificación especial de él resulta ser también el neuroplasma, como que sus funciones son modalidades solamente de la función trofoplasmática universal; en la cual, cuando todo anda « simétricamente », no percibimos nada especial, pero sí cuando su ritmo se altera y modifica para regular y enderezar condiciones asimétricas funcionales desfavorables al organismo y su equilibrio dinámico.

El neurodinamismo, tanto el elemental como su diferenciación adaptativa perfeccionada, el superior y supremo, representa una fase del biodinamismo trofoplasmático, con el cual comparte su fuente y energía: la *asimilación creadora orgánica*; podemos considerarlo como la flor del proceso vital, pero no olvidemos que la flor separada del tronco se marchita y sus frutos posibles se desvanecen.

Con esa base de valoración biológica podemos dirigirnos ahora a los numerosos problemas de detalle y de fondo

que el neurodinamismo así, como cualquier « flor del campo », encierra y oculta todavía para nosotros ; tales problemas serían :

1° El problema de la excitación o revelación entre estímulo y dinamismo neuroepitelial ;

2° El problema de la conducción neurodinámica ;

3° El problema de su transformación sucesiva ;

4° El problema de la descarga neurodinámica músculo-glandular ;

5° El problema de la remanencia, asociación y evocación central neurodinámica ;

6° El problema de las « entonaciones individuo-psíquicas » del neurodinamismo ;

7° El problema de la diferenciación evolutiva neurodinámica ;

8° El problema de la herencia neurodinámica.

Siendo imposible investigar aquí, a fondo, todos esos diferentes problemas, nos contentaremos con presentar por lo menos las dificultades y soluciones posibles para cada uno en su relación biológica.

### 1. *El problema de la excitación neurodinámica*

Existen estados de excitación neurodinámica tanto en las formas unicelulares como en las superiores y tanto en los aparatos periféricos cutáneos como en los viscerales y centrales ; para poder distinguir la excitación, la comparamos con el estado en reposo del sistema, y este último debe encerrar ya las condiciones necesarias en estado latente para la excitación : la *tensión dinámogena*.

Como el proceso de excitación neural empieza general-

mente en la periferia, en algún foco neuroepitelial (órganos de los sentidos), se ha considerado siempre esa « excitación sensitiva » como el problema esencial, pero es evidente que cada excitación central ofrece el mismo problema, o sea, explicar cómo un proceso energético se puede propagar de un sistema a otro acoplado y, sin negar las peculiaridades de la « excitación periférica », ésta representa sólo un caso especial dentro del general.

En la excitación neuroepitelial se trata de un intercambio entre energías físicas y químicas externas y el aparato plasmopéptico de la células receptoras ; y en los procesos reflejos centrales, etc., se trata de uno entre excitación del neuroplasma del sistema aferente y del neurodinamismo receptor, cargado, de los sistemas eferentes e intercalares. En todo caso, debemos admitir en el plasma de los elementos celulares receptores una « sensibilización » especial de sus funciones metabólicas tróficas frente a la excitación ; mientras que el protoplasma común asimilador no altera su ritmo metabólico tan fácilmente, el neuroplasma necesita una hipersensibilización (así como las placas fotográficas sensibilizadas para distintos rayos luminosos o la cuerda de instrumentos musicales para determinadas vibraciones, etc.) de su juego asimilador-desasimilador, que aun frente a cambios mínimos en la energética de su ambiente, altere su ritmo trófico y con eso ya se provoca todo el juego químico-físico del restablecimiento de su equilibrio funcional ; y precisamente a eso llamamos « excitación ». Mientras que el protoplasma representa un dinamismo más « perezoso », de mediana rapidez, intensidad y tensión de sus fases rítmicas sucesivas, el neuroplasma ha adquirido en mayor grado esas calidades, y en esto consiste su « potencial excitable ». El juego de los fer-

mentos analíticos basta a provocarlo ante estímulos (diferencias energéticas seriadas) mínimos que alteren el equilibrio hipersensible de sus sistemas biomoleculares, los que con esa característica representan entonces *neuromoléculas*.

Tal plasma asimilador ultrasensible, que en los protozoarios está en el ectoplasma, forma en los animales superiores el neuroplasma y se ubica asimismo en los brotes vegetales (1) y más todavía en los animales, en ciertos puntos periféricos topográficos del organismo que están en contacto especialmente favorable con la energética ambiente; así, los brotes más periféricos de las plantas trepadoras reaccionan al tacto con mayor intensidad y rapidez que las ramas más centrales, las yemas y hojas jóvenes son más sensibles al heliotropismo que las ramas y el tronco; y en los animales son los tentáculos, antenas, palpos de la cabeza, ojo, nariz, oído, branquias, dedos, labios, lengua, etc., las zonas « estratégicas » en que se desarrolla un neuroplasma extrasensible; esa *posición acropetal* del neuroplasma, esa *acrofilia* del neurodinamismo se explica así biológicamente por el contacto más frecuente e intenso con los estímulos, y hasta el asiento del cerebro en el cráneo, parte la más culminante del organismo, es consecuencia de tal principio topográfico.

Pero en las células neuroepiteliales de la mucosa olfativa, de los conos y bastoncitos de la retina, de las células ciliadas del órgano de Corti y de las ampollas laberínticas, de las « yemas gustativas », de los corpúsculos táctiles, etc., no todo el protoplasma interviene igualmente en el juego neurodinámico; por lo pronto, el núcleo, en su mayor parte,

(1) Respecto del « psiquismo vegetal », consúltese CHR. JAKOB, *Elementos de biología*, tomo II, página 254, (secretaría del Jardín zoológico).

tiene otras funciones (plasmorregerativas y nutritivas) que directamente no intervienen en el proceso específico, y en el protoplasma celular es principalmente su componente neurofibrilar (el « filoma ») que frente al granoma (los gránulos trofoplasmáticos) y del hialoma (la linfa celular y sus coloides), carga en primer lugar con la elaboración neurodinámica respectiva; esa condensación del neuroplasma en forma de neurofibrillas representa entonces la *substancia reagible*, es el substrato inmediato del neurodinamismo.

La excitación neurodinámica periférica sensitiva elabora incesantemente, entonces, entre esa « red neurofibrillar » con sus cadenas de neuromoléculas suprasensibilizadas y los estímulos físico-químicos exteriores continuamente corrientes, nuevos equilibrios reguladores; y es una prueba de esa reciprocidad energética (*actio-reactio*) el hecho de que estímulos análogos disponen de elementos neuroepiteliales esencialmente iguales. Así, todos los aparatos ópticos, tan variados entre vermes, insectos, moluscos y vertebrados, tienen capas retinianas análogas, el principio del otolito para la percepción de oscilaciones moleculares en medusas se repite en los moluscos y se multiplica en los aparatos laberínticos de los vertebrados; los estímulos químicos disponen de mucosa receptora muy semejante (olfato, gusto), y en los diferentes órganos táctiles se repite idéntico mecanismo de capas concéntricas lamelares, que aumentan las superficies receptoras.

Exactamente así como en la asimilación orgánica existen, para la « digestión » de sustancias proteicas, hidrocarbura-das, etc., iguales fermentos, así divide y clasifica también nuestro dinamismo neuroepitelial el poliformismo de los estímulos y se apodera sólo de él uno con quien lo ligue una disposición órgano-energética complementaria.

Entre la energética estimulante y receptora existen, pues, relaciones genéticas íntimas.

Así las notamos entre las numerosas hileras de diferente largo de células pestañadas del órgano de Corti, y las vibraciones de diferente amplitud y longitud de las ondas sonoras, y las oscilaciones luminosas, mucho más rápidas que las sonoras, disponen, en los neuroepitelios retinianos, de un juego mucho más rico y sensible para sus ritmos rapidísimos pero menos variados (una octava luminosa contra diez sonoras), y seguramente corresponden también a la diferencia de 10 a 10.000 ondas sonoras contra 400 a 800 billones de oscilaciones luminosas, finisimas modificaciones estructurales en los plexus neurofibrilares de neuroepitelios acústicos y ópticos, que por lo pronto sólo podemos sospechar. Por eso, entre los estados de excitación de los diferentes aparatos receptores debemos admitir diferencias neurodinámicas correlacionadas con la naturaleza estimulante; así como también entre la dirección del estímulo y la ubicación del órgano receptor, e igualmente para la dirección de la corriente neurodinámica y hasta para la ubicación de los centros superiores (subcorticales y corticales) se nota todavía las influencias modificadoras del ambiente (vías y centros ópticos en dirección longitudinal, centro cortical en el polo opuesto occipital; vías y centros acústicos en dirección transversal, táctiles en sentido vertical, etc.).

También entre la cantidad de estímulos y el número de receptores hay paralelismo; así, en el hombre, el número de neuroepitelios gustativos es el más limitado (aproximadamente de 12 a 15.000), siguen después los olfatorios (hasta 30.000), los acústicos disponen de más de 50.000 y para los ópticos llegamos a casi 140 millones (130 millones de

bastoncitos y casi 7 millones de conos). Según las cantidades disponibles de neuroepitelios distinguimos los organismos, por ejemplo, en: macrosmáticos (edentados), mesosmáticos (carnívoros), y microsáticos (aves primates) o macropticos (aves, primates) y micrópticos (edentados), etc. En total, el hombre de la actualidad dispone de casi 150 millones de neuroepitelios, por medio de cuyos dinamismos excitantes nos acercamos a la energética del ambiente, seleccionando y analizando todo proceso que para la manutención del equilibrio orgánico es de importancia « biofórica », e ignorando todo lo que no entra en tal relación.

También entre la intensidad de los estímulos y las reacciones sensitivas existe cierto paralelismo; dentro de ciertos límites corresponden a estímulos más enérgicos (diferenciales mayores) excitaciones más fuertes, y esa proporcionalidad, establecida por Weber (ley de la proporcionalidad constante), se condensó en la célebre fórmula psicofísica de Fechner que establecía: « la excitación es igual al logaritmo del estímulo »; formulación provisoria por supuesto y de valor aproximativo sólo para valores de mediana intensidad (ver detalles en Fisiología).

## 2. *El problema de la conducción neurodinámica*

La onda nerviosa o neurenergética es enteramente comparable a cualquier proceso físico oscilatorio. Está formada por dos fases sucesivas positiva y negativa, asimiladora-desasimiladora, que atraviesa las hileras neuromoleculares; transcurriendo los sistemas de conducción, tanto sensitivos como motores (ambos son a ese respecto iguales), con una velocidad de 30 a 50 metros por segundo y corriendo de 20 a 50 im-

pulsiones u ondas en tal tiempo. La fisiología moderna ha establecido que esa cifra sólo vale para animales inferiores y que en los mamíferos la velocidad neurodinámica se eleva de 100 a 120 metros por segundo.

Es interesante comparar ese valor con la conducción de los estímulos en ciertos procesos análogos vegetales (por ejemplo, las seimonastias de las mimosas), que se propagan con una velocidad de 0,01 a 0,02 metros por segundo. La relación entre la velocidad de la corriente neuroplasmática vegetal y animal es entonces la de 1 : 10.000.

La conducción se efectúa en los cilindroejes de los respectivos nervios y resulta así una interesante confirmación, para la significación funcional de los plexus neurofibrillares, el hecho de que existen mucho menos cilindroejes sensitivos que neuroepitelios. Para los 150 millones de neuroepitelios sólo tenemos al rededor de 2 millones de fibras conductoras (se calculan 500.000 fibras radiculares aferentes espinales, 800.000 fibras ópticas, etc.); así es que cada axón reuniría en su conducción la acción excitante de 50 a 100 neuroepitelios, y esto sólo es posible porque el cilindroeje representa una reunión neurofibrilar, y para estímulos medianos, cada neurofibrilla aislada de la otra por el cemento perifibrilar lleva su nota « local » hacia los centros superiores; hecho que se pierde cuando pasan estímulos vehementes que ponen en excitación total todo el corte transversal del complejo neurofibrilar axónico. La cantidad de fibrillas dentro del axón varía de 20 a 60, y, en general, hay grandes diferencias en cuanto al grosor de los cilindroejes. Las fibras ópticas, por ejemplo, son muchísimo más finas que las táctiles; las acústicas igualmente, pero asimismo más gruesas que las ópticas. Las fibras motoras, en general, son muy gruesas, tres y cuatro

veces más que las sensitivas correspondientes, y por ello, en cambio, menos numerosas que las sensitivas; para las 500.000 fibras espinales sensitivas sólo hay 300.000 motoras.

Respecto de la distribución de sus neurofibrillas en los neuroepitelios y en las fibras musculares respectivas, véase su estudio en Histofisiología. Muchísimos detalles se nos escapan todavía aquí.

La identidad del proceso conductor en las vías sensitivas y motoras nos lo afirma el hecho de la posibilidad de establecer experimentalmente anastomosis entre ambas categorías, o transplantar un filete nervioso en sentido inverso, sin que por esto se resienta la función inicial de la transmisión; es que la onda neurenergética, en todos los axones de idéntica jerarquía, es de la misma naturaleza asimilativa-desasimilativa y el efecto sensitivo o motor, o secretor, depende del órgano terminal, en el que el mismo proceso provoca uno u otro resultado (uniformidad de la energía neuroplasmática homojerárquica). En cambio, no podemos negar diferencias potenciales cuando se trata del pasaje de la excitación de sistemas inferiores a superiores. En los animales inferiores no existe sino una jerarquía (los dinamismos reflejos aferentes y eferentes), pero en los superiores esto se complica constantemente por el todavía obscuro fenómeno de la « transformación neurodinámica », que sucesivamente se elabora desde los centros y núcleos inferiores hacia los subcorticales y corticales.

### 3. *La transformación del neurodinamismo*

Así como conocemos de la corriente eléctrica diferentes fases de transformación, según su tensión, fuerza, resistencia, forma de fases, etc., existen también formas diferentes de

« neurenergía », que si bien, en el fondo, derivan de idéntico proceso metabólico, sin embargo varían en calidad, intensidad y potencial; el neurodinamismo reflejo, por ejemplo, que forma la base funcional para la elaboración de los fenómenos superiores, reposa sobre los plasmodinamismos elementales y representa una transformación de ellos. El acto reflejo se descarga entonces en acción continua e invariable, y habiendo encontrado su desenlace reactivo músculosecretor, todo vuelve en él a su tono inicial, normal, como era antes de entrar en acción y ni el tiempo ni la intensidad de ella varían en sucesivos actos análogos.

Bien distintos de ese dinamismo son los neurodinamismos centrales. Aquí necesitamos, en primer lugar, un tiempo de reacción más largo, debido a la transformación especial en los centros subcorticales y más todavía en los corticales. La situación neurotónica en esos dinamismos es además, después de reacciones repetidas, distinta de la anterior, porque la repetición del proceso neurodinámico acelera el tiempo de la reacción análoga consecutiva, facilitando el proceso de la transformación, y el mismo estímulo encuentra ahora camino y tiempo más favorable para la misma reacción; por ese « acostumbriamiento » se adaptan las conexiones neurofibrilares, se elaboran vías cortas, se eliminan resistencias. Dicho fenómeno de la *vialización* o *allanamiento* caracteriza entonces, en primer lugar, a los neurodinamismos centrales, y su consecuencia es la aceleración del proceso mismo. Tal fenómeno observamos diariamente en los niños de corta edad, en los que casi día a día notamos mayor facilidad para numerosos actos volitivos: el cierre de los ojos, de la boca, el movimiento evasivo de la cabeza, etc., y al lado de esos « actos defensivos », se perfeccionan de igual manera los actos ofensivos: tirar

objetos, romperlos, agarrarlos, seguirlos con la mirada; la ejecución se facilita con el ejercicio del neurodinamismo, porque: *repetitio est mater studiorum*. A esos procesos de *allanamiento* por dinamismos superiores se agregan otros de naturaleza opuesta, por *inhibición*; aquí produce el neurodinamismo repetido una obstaculización creciente por el aumento de resistencias neurodinámicas; así aprende el niño a moderar y finalmente suprimir los reflejos inicialmente « libres » del llanto y grito, así como los reflejos vesicales, rectales, etc. En ambos procesos, el positivo y negativo, se expresa una característica del dinamismo superior: su plasticidad se modifica por el ritmo de la reacción y es, además, capaz de retener y fijar esa transformación modificadora por un tiempo determinado, pudiendo igualmente perderse esa ganancia en forma regresiva. Se trata entonces de un poder de « inducibilidad » pro y regresiva.

El dinamismo neuroplasmático, dotado de mayor reserva material superior, ofrece luego la posibilidad de permitir la transformación simultánea de varios estados de excitación a la vez, que hasta la reacción definitiva pasan paralelamente por el campo dinámico aumentado; mientras que ese libre comercio de estados excitativos en los actos reflejos no exista, siempre dominará el estímulo más fuerte de un momento entre varios simultáneos; los demás son eliminados. Ese hecho de la *amplitud funcional* mayor del neurodinamismo superior sobre el inferior se debe al principio de la *multiplicación de los dinamismos* en las fases consecutivas de una transformación; desde la periferia hasta el centro aumentan continuamente los elementos neurodinámicos, así como que el mismo proceso periférico localizado en tal o cual segmento aparece en forma multiplicada, distribuido sobre diferentes

dinamismos centrales donde puede, dada la capacidad y amplitud mayor de neurodinamismo central, combinarse con tales de otra procedencia (ver párrafo 5).

Una dinamización especial reciben los actos motores, instintivos y volitivos por la transformación neurodinámica cerebelosa. Sin su intervención todos esos actos se ejecutarían desordenadamente en forma insegura, « atáxica ». Bajo el influjo cerebeloso se transforman esas reacciones en actos de tono y coordinación equilibrados y compensados; con algo análogo contribuye además la transformación en los dinamismos subcorticales estriohipotálamicos, que bajo el influjo de la « componente neurodinámica cerebelosa » transforman el carácter discontinuo, tremuloso, interrumpido de nuestra inervación muscular, en contracciones continuas, tranquilas y uniformes (1).

Si bien es cierto que en la actualidad casi nada todavía sabemos acerca del proceso íntimo de tales transformaciones neurodinámicas, no por ello debemos ignorar su existencia e importancia.

#### 4. *La descarga neurodinámica motora y secretora*

El fin natural de cualquier proceso neurodinámico, aunque sea el de jerarquía y transformación más alta, es invariable y, necesariamente, una reacción motora o secretora. El sentido biológico del neurodinamismo exige esto, puesto que él se encuentra interpuesto entre el estímulo y la reacción periférica para regular esas descargas en la forma biofórica y biofilác-

(1) Recordamos que el impulso neurenergético elemental es formado por períodos sucesivos discontinuos (20 a 50 por segundo).

tica más completa. Sea que se trate de una sensación banal, o de un estado de atención intensa, o de un esfuerzo intelectual, o sea un estado de afectividad estética o ética, su descarga encuentra, tarde o temprano, todos esos estados de excitación neurodinámica, en un movimiento, una secreción o sus combinaciones (por ejemplo: si lloramos); y si esos estados no se manifiestan exteriormente, entonces se descargan en forma de reacciones centrales, substitutas de movimientos (por ejemplo: lenguaje interno, pensamiento, etc.).

Las reacciones periféricas definitivamente realizadas representan siempre grandes gastos de energías fisicoquímicas, pues los sistemas músculo-glandulares pertenecen a los macroenergéticos; sólo las regulaciones son microenergéticas.

El organismo humano adulto, para sólo mantener su vida vegetativa, sin distraer fuerzas en trabajo alguno, gasta diariamente 2400 kilocalorías (30 gramocalorías por segundo), y en ese gasto sólo intervienen, regulándolo, los neurodinamismos elementales e inferiores. Pero cuando ejecuta actos motores, es decir, cuando el hombre despliega sus actividades trabajando, entonces ese gasto se eleva a más del doble (hasta 5000 y más kilocalorías). Cada metro, por ejemplo, que subimos, lo pagamos con un gasto de  $\frac{1}{6}$  kilocaloría (165 gramocalorías), y un trabajo manual de pocas horas exige varios centenares de kilocalorías; y si trabajamos con todo el cuerpo, el gasto energético crece consecutivamente en relación con el trabajo muscular (1).

(1) Toda energía orgánica es, en última instancia, de origen solar. El sol emite cada dos segundos 1 kilocaloría por metro cuadrado de la superficie terrestre, y una mínima parte de este capital lo aprovecha el protoplasma vegetal por intermedio de su aparato clorofílico, condensando, cada 5 minutos, un metro cuadrado de hoja verde la cantidad de 1 kilo-

Estos hechos fisiológicos de la producción termodinámica orgánica constatados en animales (calorimetría experimental) se han podido constatar también, en los últimos años, para el hombre (trabajos de Rubner, Atwater, etc.) y, precisamente por esos estudios, hechos sobre el hombre en las diferentes fases de actividad y reposo, se ha podido establecer que el trabajo mental más intenso y prolongado no influye, en manera alguna visible, en el gasto de calórico. Resulta que el haragán intelectual y el sabio pensador, si no se mueven muscularmente, gastan igual cantidad de energías ambos.

Hemos dado ya la explicación del « enigma ». No es, como algunos apuradamente pensaban, que el trabajo mental sea una « fuerza supraenergética » inconmensurable, sino que, si el trabajo muscular y las glándulas son energías orgánicas macroenergéticas, que transforman considerables cantidades de energía química en calórico, el trabajo neurodinámico es, en cambio, un proceso microenergético tal que, frente de las abultadas cifras calóricas de la vida vegetativa y muscular, su desgaste es tan insignificante que no es capaz de influir en los aparatos y relojes registradores calorimétricos comunes, demasiado « groseros » todavía para tomar el « pulso psicodinámico » ; ello vendrá más adelante cuando el hombre haya aprendido suficientemente de que por encima de los « macrodinamismos orgánicos cuantitativos » están los « micro-

caloria en forma de cuerpos orgánicos. Asimilándose energía química por la nutrición, el hombre gana esa energía solar y en cambio gasta la kilocaloría, como hemos visto, sin trabajar, en media hora, y puede, por ejemplo, con el elaborado de 1 metro cuadrado de hoja verde, durante 5 minutos, subir una altura de 6 metros. Ilustrativo es al respecto el hecho fisiológico de que un escribiente produce por hora 5 gramos de CO<sub>2</sub>, un dibujante 3 veces más y un zapatero 6 veces más.

dinamismos cualitativos » que los provocan, regulan y vivifican recién.

Una mínima cantidad microenergética neurodinámica corre entonces en las vías nerviosas y provoca las descargas reactivas incomparablemente mayores músculo-glandulares ; muy análogamente al trabajo silencioso de los cuerpos fermentativos, que sin degastarse y en *mínimas cantidades* producen continuamente procesos catalíticos, oxidaciones, reducciones, fenómenos de lisis y tesis orgánicas ; también el proceso fermentativo en sí es un « proceso microenergético » ; es que los neurodinamismos, como los fermentos y encimas, no gastan o crean energías, sólo las regulan y transforman en los músculos, glándulas y substancias químicas orgánicas, donde están localizadas y listas para entrar en juego bajo la acción regulatriz citada. Por las precedentes consideraciones tenemos que oponernos a la teoría de Pflueger y su escuela fisiológica (Verworn, etc.), que para explicar el estado activo del biodinamismo en general, como especialmente el de su derivado, el neurodinamismo, acepta un proceso desasimilador con desintegración total de la biomolécula, respectivamente neuromolécula, seguida por una regeneración completa sucesiva. Si tal proceso desintegrativo, efectivamente, tuviera lugar en la excitación neurodinámica (no discutimos aquí la teoría respectiva de la biomolécula en general), no se explicaría, efectivamente, el carácter microenergético de la acción neurodinámica ; evidentemente, tal desintegración no puede existir, y en el proceso neurodinámico tenemos que aceptar más bien una integridad casi completa central, en la neuromolécula, durante el pasaje de la excitación ; y la naturaleza de la corriente podríamos interpretarla sólo como una onda hidrosóli-hidrogélica que atravie-

sa la cadena coloidal serial de las neurofibrillas, comparable al efecto fermentativo de la invertasa, que desdobra la sacarosa en sus dos componentes complementarios de dextrosa y levulosa por medio de un proceso sintético-analítico seriado sucesivo, y en el cual, en la fase sintética, tendríamos un proceso exhidrotésico y en la analítica uno enhidrolítico. Tal juego neuromolecular exigiría que la molécula se desdoblase continuamente en dos submoléculas complementarias, que, acto seguido, se juntarían otra vez (fase exhidrotésica) y así sucesivamente; para eso sería necesario un gasto mínimo fermentativo (por un grupo auxóforo, ergástico de la molécula) que activaría el juego tésicolítico (del grupo haptóforo) de la neuromolécula, y ésta misma no se alteraría en su constitución central (grupos centrale intactos).

En virtud de esas consideraciones llegamos a una teoría aceptable, « fermentativa coloide », del neurodinamismo conductor, que hemos discutido también aquí, porque por medio de él, debemos interpretar ahora las descargas provocadas en músculos y glándulas, es decir, contracción y secreción.

Si bien no existe tampoco todavía una teoría satisfactoria sobre el proceso íntimo de la contracción muscular, podemos suponer que ella consiste en la reunión sintética, pasajera, de dos clases de kinetoplasmas (mioplasma con fase positiva y negativa), las que, en los discos de las miofibrillas estriadas y las formaciones análogas en las lisas, se hallan por separado en estado de relajación (fase analítica). El influjo neurodinámico neutraliza ese estado y provoca un proceso fermentativo exhidrotésico (es decir, la fase sintética se produce por reunión sintética de ambos mioplasmas, o sea de seriaciones de miomoléculas agrupadas en pares correspondientes antipolarizados por la salida de una molécula de  $H_2O$ )

y con esto la contracción y acortamiento muscular; y pasado tal influjo se restablece otra vez la fase opuesta « enhidrolítica », por acción de fermentos analíticos con relajación y extensión muscular. El movimiento se produce entonces en el fondo, por la salida o entrada alternativa de los electrólitos del agua (el positivo Ion, H, y el negativo OH), y en la contracción se elimina  $H_2O$  al ambiente miofibrilar — exactamente como en el proceso osmótico-fermentativo, en los tropismos vegetales, aumentó el turgor intracelular. En ambos procesos locomotores, vegetal y animal es un « efecto químico-hidráulico » el que con su juego alternado produce la reacción motora, pero con la diferencia topográfica de que la parte activa en el proceso vegetal es el lado opuesto, y en el animal el mismo lado hacia el que se dirige el movimiento. El influjo neurodinámico debe entonces consistir en la evocación sucesiva de dos estados fermentativos opuestos; provocando la fase hidrotésica se produce la miomoléculo-síntesis y con la hidrólisis la miomoléculolisis, y la transformación de una fase en la otra provoca el estímulo neuromotor, que, como hemos visto, en último término, resulta ser un juego seriado de potenciales electrodinámicos y fermentativos alternantes. No dudamos, naturalmente, de que esos procesos en realidad resulten ser muchísimo más complicados de lo que aquí sólo esquemáticamente hemos intentado demostrar.

También la secreción glandular, que produce encimas fermentativas analíticas (digestivas) y sintéticas (asimiladoras) debe obedecer a un juego análogo, por el cual, en el interior de las trofomoléculas de los epitelios glandulares, produce el influjo neurodinámico estados (campos) electrodinámicos alternantes, y esos potenciales provocan consecutivamente la separación de los grupos encimatosos de carácter analítico

(para el desdoblamiento digestivo orgánico) o sintético (para la asimilación constructiva vegetativa). También aquí estamos lejos todavía de una comprensión clara del bioquimismo y su relación con el neurodinamismo; pero insistimos en que es en la analogía energética misma de ambos procesos vitales donde debe buscarse y encontrarse la correspondencia funcional; el neurodinamismo no puede ser esencialmente distinto del trofodinamismo, y nuestra teoría neurodinámica, expuesta aquí en una forma intencionalmente simplificada, llena esos requisitos.

En resumen, establécese, entonces, que el proceso que corre en las neurofibrillas de las fibras motoras y secretoras, consiste en un movimiento de traslación de estados fermentativos de potencial electropositivo y negativo alternantes y los que en los órganos efectores o, mejor dicho, en su bioquimismo parenquimatoso músculoglandular, creando campos electrodinámicos opuestos, evocan así el juego sintético-analítico del kineo y trofoplasma coloide, para los cuales ambos componentes ya se encuentran cargados de antemano por su tensión latente correspondiente. Esos actos terminales exigen, para su elaboración, gastos calóricos mucho más intensos que el neurodinamismo provocante regulador; sus grupos auxóforos y ergátides producen por eso las oxidaciones enérgicas que necesitan esos sistemas macroenergéticos, que son por esto la fuente del calor animal.

##### 5. *El problema de la remanencia, asociación y evocación neurodinámica*

Todos los procesos estudiados hasta ahora se refieren tanto a los neurodinamismos periféricos inferiores como a los

superiores centrales. Llegamos ahora a problemas que recién se manifiestan en los fenómenos psicodinámicos superiores, como son los dinamismos de percepción, retención y de reproducción. Ya antes hemos insistido en la característica diferencial entre dinamismo reflejo y cortical, o sea que el reflejo no encierra disposiciones cronotrópicas que le permitan guardar huellas funcionales de reacciones anteriores fuera del desgaste material en forma de pigmento amarillo intracelular; se comprende la necesidad biológica de tal organización, porque el arco reflejo, pasada la reacción anterior, debe estar listo e inalterado en cada momento para la siguiente excitación; en cambio, notamos en los dinamismos suprarreflejos el fenómeno de la *remanencia* funcional, que consiste en una modificación determinada sucesiva de esas reacciones por las antecedentes; el proceso neurodinámico no se agota entonces en ellos completamente con la reacción, como en los reflejos, sino que una parte de él es retenida y usada para esa prolongada influencia modificadora. Con ese influjo remanente se acumula, fija y almacena energía neurodinámica en los sistemas nerviosos superiores, a manera de una batería acumuladora que recolecciona la corriente eléctrica kinética transformándola en energía química latente.

La repetición de constelaciones idénticas o, mejor dicho, análogas, porque identidades absolutas no existen (1), carga así los neurodinamismos centrales poco a poco y forma la base para una experiencia individual (ontopsiquismos), y esa neurenergía focalizada, estabilizada y latente, puede ser utilizada (transformación en kinética) en momentos ulterio-

(1) Debido a esto no nos perjudica lo limitado de nuestro dinamismo neuroepitelial; es que no percibimos esos cambios mínimos, continuos ordinariamente.

res para modificar reacciones reflejas o instintivas. Es evidente aquí la significación biológica del ahorro de tiempo y energía (función cronotrópica y energeto-económica). Ese proceso de remanencia neurodinámica es la base para la elaboración de los « actos conmemorativos » (pues una memoria en sí, como realidad, no existe) y se ha querido encontrar analogías para ese fenómeno hasta en las formas inferiores vitales ; así habla Hering de la « memoria celular » y Simon encuentra en su « mneme » un principio vital general plasmático por el que las células y tejidos guardan impresiones de funciones antepasadas heredadas, y continúan en su fase madura ejerciéndolas ; así también las células sexuales, óvulos y espermatozoarios, los neuroblastos, los hematoblastos, osteoblastos, etc., dispondrían de una especie de memoria filética, de « recuerdos organogénéticos » que las capacitaría a madurar y evolucionar hacia un determinado estado funcional ; y tanto en las células nerviosas, como en las sanguíneas o glandulares, eso haría la *mneme* : una especie de fuerza vital conmemorativa, siendo la memoria misma sólo una perfección de tal poder vital elemental. Opinamos que aquí se confunden dos problemas. Que los elementos embrionarios están cargados de energías germinativas formativas es indudable, pero esos elementos no han aprendido eso, sino que han recibido en forma de « herencia material » un plasma germinativo para eso ; « aprender » es un proceso funcional, que modifica las estructuras dinámicamente ; « heredar », es un proceso material orgánico que sólo en sentido transformado metafísico podríamos concebir como un proceso funcional también, como función dinámica evolutiva vital ; ese « poder mnésico » más bien tiene semejanza con los fenómenos de la asimilación orgánica material ; un pro-

blema es el dinamismo hereditario materio-orgánico inter-individual, y otro es el neurodinamismo conmemorativo funcional e individual. Si en la filogenia, efectivamente, por medio del « aprendizaje » se han adquirido conocimientos de las organizaciones heredadas, lo ignoramos, pero en lo que a la memoria se refiere, sí lo sabemos ; pero dicho efecto se nota sólo en los neurodinamismos superiores y no se manifiesta en los elementales : tropismos, taxismos, reflejos e instintos, que por su propio dinamismo no se modifican con la función respectiva ; sólo donde hay los superiores hay modificaciones secundarias también en ellos. Ese hecho habla, precisamente, en contra de un « poder mnésico » elemental.

Estamos lejos de negar, por lo dicho, que el fenómeno de la remanencia neurodinámica, en sus fundamentos, no esté basado sobre los principios biodinámicos ; al contrario, creemos que todas las funciones vitales se adaptan por el ejercicio, en el sentido de una « polarización » de su estructura molecular ; así es que, venciendo con mayor rapidez las resistencias, se acorta el tiempo de su reacción ; lo cual vale para los músculos, y, quizá, también para las glándulas y, especialmente, para todos los neurodinamismos ; es el proceso de la « vialización » que ya hemos discutido. Pero eso sólo no basta para la función conmemorativa, ni es lo esencial, sino que, para conseguir el neurodinamismo el efecto de la remanencia, es necesario la elaboración de « ondas estacionarias » o « circuitos cerrados » en los que el neurodinamismo pueda llegar a tensiones superiores a su carga común « corriente », y esto sólo es posible cuando él disponga de « arcos funcionales » en los que la excitación no se descargue en seguida en reacciones « efectivas » hacia afuera, sino cuando esos arcos tengan una disposición que les devuelva nuevamente la

corriente efectora, es decir, cuando los arcos sean « cerrados » en sí mismos, o en series sucesivas enrolladas ; sólo entonces puede una excitación sucesiva, parcial o totalmente, acumularse sin provocar en seguida « descargas efectivas », sino que las hace sobre los « arcos o circuitos cortos acumuladores » mismos, dinamismos centrales que substituyen la descarga periférica ; se puede, entonces, interpretar la adquisición de ese « material neurodinámico de reserva » como resultado de la supresión de numerosas reacciones periféricas invertidas y ahorradas por la carga central ; o sea un capital reservado así para momentos más oportunos. Tal inversión y conversión reactiva, es posible sólo en organismos que, fuera de su aparato reflejo e instintivo, tengan « cierto exceso orgánico » en forma de centros superiores que no estén absorbidos y agotados por actos inferiores y esos centros de inversión « cerebrales » que ya se preparan en crustáceos, insectos y cefalópodos (ganglio cerebral), se encuentran en escala mayor recién en los pescados con mesencefalon (cuerpos ópticos) y en los vertebrados con corteza cerebral (pallium nervioso) y especialmente en los mamíferos ; no negaremos la intervención en tal sentido también de los centros subcorticales estriohipotálamicos, etc., pero, más claramente aún, es recién el dinamismo cortical el que cultiva el desarrollo de los arcos cerrados acumulativos en forma sistemática para todos los estímulos exteriores e interiores y sus combinaciones, que recién ahora se pueden levantar. Se establece así un intercambio ventajoso entre esas cargas estacionarias de diferente origen, sea que dicha « asociación superior neurodinámica » consista en la elaboración indirecta de nuevos « arcos intercalares » o de un compromiso neuroenergético directo entre ambos circuitos (compárese la figura 44) ; ambos o más, aso-

ciados en una u otra forma, representan los « dinamismos corticales remanentes y asociados » y su evocación resonante caracteriza el fenómeno de la « representación » ; ellos son, en definitiva, los factores activos de la experiencia formulada en el pensamiento, en el cual vibran así remanencias neurodinámicas de toda nuestra vida pasada, representando así, el pensamiento, el interés compuesto del capital neurodinámico poco a poco elaborado, depositado y convertido.

Esos arcos funcionales psicodinámicos cerrados representan a los microdinamismos corticales, de los cuales ya hemos hablado en la elaboración de las gnosias y praxias ; las condiciones que ellos deben llenar para su misión de garantizar *reacciones remanentes* son, pues, las siguientes :

1<sup>a</sup> Deben ellos representar dinamismos cerrados (principio cualitativo) ;

2<sup>a</sup> Tienen que ser ellos muy numerosos (principio cuantitativo) ;

3<sup>a</sup> Tienen que guardar relaciones fijas con determinados sistemas aferentes y eferentes, los macrodinamismos corticales (principio localizador).

Estudiaremos ahora en tal sentido su organización. Los microdinamismos corticales pertenecen a los elementos intercalares y, como tal elemento ya aparece en las cadenas ganglionares y centros espinales no es nuevo en sí, y sólo en su combinación de « circuitos cerrados » representa un principio nuevo, por tratarse de agrupaciones de elementos intercalares en forma de arcos invertidos. Sus células pertenecen todas a los axones de vías cortas (tipo de Golgi) y sus cuerpos celulares son muy reducidos ; en cambio, su ramificación protoplasmática y cilindroaxil es muy rica ; podría sostenerse que esos elementos han gastado su protoplasma

esencialmente en sus ramificaciones. De esos elementos existen varias clases en la corteza cerebral; en el estrato zonal se encuentran las células de Cajal, con arborizaciones preferentemente horizontales (tipo monopolar, bipolar y estrellado) y un gran número de otras formas pequeñas de diferentes tipos (tipo grueso, diminuto, neurogliforme, etc.), todos con densos plexos terminales, con los que envuelven a los prolongamientos principales de las células piramidales de las capas inferiores.

Una segunda agrupación de tales elementos de axón corto se encuentra en el estrato piramidal externo con variados tipos (estrellados, enanos, fusiformes, bipenachados) y en la misma capa se encuentra también el tipo de Martinotti, con cilindroejes ascendentes y ramificados en el estrato zonal.

En la capa intermedia de los granos, que alcanza su desarrollo máximo en la corteza humana, más del 80 por ciento son neuronas cortos del tipo Golgi, y muchos de ellos son del tipo ascendente de Martinotti. También el resto de « pirámides enanas » emite frecuentemente colaterales ascendentes (1).

En el estrato piramidal interno, en fin, se encuentran, al lado de las pirámides gigantes y menores, igualmente abundantes elementos de axón corto aracniformes (estrellados, bipenachados, triangulares) y otros de axón ascendente.

Según esta descripción somera, preséntase claramente la enorme riqueza de tales *elementos a tipo microdinámico* en la corteza humana (2), pues así los designaremos en adelante,

(1) Especialmente ricos en tales elementos pequeños son los centros óptico y acústico, lo que, dado el gran número de los respectivos estímulos, coincide con nuestra teoría.

(2) También la corteza de los monos y carnívoros es muy rica, si bien

en oposición a las pirámides a axón largo del « tipo macrodinámico » cortical.

Si bien, por lo pronto, el engranaje neuronal complejo de la corteza cerebral nos aparece sumamente oscuro todavía, sin embargo, podemos, en lo fundamental, aceptar dos procesos dinámicos entrelazados para cada acto cortical: uno directo y largo, subcorticocortical: el macrodinamismo cargante; y otro, indirecto, corto, puramente córticocortical (intracortical y transcortical): el microdinamismo cargado o a cargar.

Por el macrodinamismo representado por vía aferente talámico-cortical y vía eferente córticopeduncular, entran los estímulos de los centros reflejos inferiores y se descargan en modificaciones aceleradoras o inhibitorias de las reacciones reflejas, y especialmente también en forma de actos de atención, enfocando sobre todo determinados estímulos por tonificación de su aparato muscular periférico relacionado (ojo, oído, nariz, lengua, labios, dedos, etc.); y mientras que se ejecute y repita tal juego macrodinámico cortical, se cargan paulatinamente los arcos microdinámicos intracorticales, que a manera de « espirales inductorias » participan del exceso funcional macrodinámico, estableciéndose en ellos « circuitos estacionarios » relacionados con los diferentes actos. Naturalmente, en cada constelación análoga participan numerosos microdinamismos, y cada uno de éstos dispondrá de millares de otros microdinamismos; esos arcos intracorticales se formarán tanto en sentido transversal (células de Cajal, pequeñas pirámides, elementos ascendentes de

mucho menos que la humana; en cambio, disminuyen esos elementos en la corteza de rumiantes, roedores, etc.

Martinotti), como en sentido vertical, radiante (tipos de Golgi y Martinotti), y ello en diferentes alturas (arcos externos e internos en el estrato piramidal externo e interno) y sobre todo arcos intrapiramidales, que reúnen las capas externas con las internas; en todos esos sistemas cortos, que entre sí están nuevamente en relación asociativa (significación de las estrías tangenciales de Bechterew, Baillarger, Vic d'Acy, etc.), corre en forma creciente (según las cargas macrodinámicas) la energía neurodinámica acumulada, y la intervención y combinación especial varía con las respectivas constelaciones periféricas. Como hay muchos millones de elementos, sus combinaciones variadas posibles se elevan naturalmente a cifras fantásticas (diez elementos solos ya pueden dar, sin repetición, más de un millón de combinaciones); así es que cada constelación diferente tiene posibilidad de encontrar su combinación de arcos microdinámicos característicamente variada; porque si diez empleados tienen que registrar un millón de expedientes no podrán hacerlo sino formando agrupaciones muy cargadas, mientras que cien mil empleados podrán enterarse uno por uno de su contenido, clasificándolos perfectamente. Que nuestra corteza cerebral trabaja con sujeción al principio metódico de la división y repartición del trabajo, resulta claramente de un simple paralelo entre la capacidad intelectual y el número de sus células corticales disponibles comparado entre los diferentes tipos de animales. Según cálculos aproximados, el número de elementos corticales en determinadas especies es el siguiente:

En anfibios y dipnoicos: 20 a 50.000 elementos;

En reptiles y aves: 100.000 a 200.000;

En marsupiales: 50 a 80 millones;

En roedores: 150 a 250 millones;

En carnívoros: 300 a 500 millones;

En monos: 250 a 1000 millones;

En el hombre: 10.000 millones.

Según ya hemos anotado anteriormente, el aumento principal de estos elementos se debe especialmente al número creciente de las células pequeñas, no cabiendo duda, por lo tanto, de que las agrupaciones dinámicas de esos « tipos cortos » sean, efectivamente, los portadores esenciales de la carga neurodinámica remanente; son ellas las que elaboran las funciones conmemorativas y con ello nuestra experiencia psíquica. Como se trata aquí de circuitos en los que, como *mínimum*, colaboran siempre dos elementos (en la realidad han de ser muchísimos más), un grupo de orden receptor y otro descargador, de tal manera que siempre el uno estimule al otro acoplado en el circuito, resulta que nuestros microdinamismos son de naturaleza combinada, *sensomotores a priori*, y todos los componentes dinámico-psíquicos deben ser considerados como tales. Es completamente absurdo, por eso, hablar de células psíquicas o imaginar « células o granulecillas conmemorativas », pues el carácter psíquico resulta esencialmente de la combinación neurodinámica aferente-eferente o circular, sea corto o largo el circuito intracortical colaborador. Nuestros actos conmemorativos o recuerdos no son, según esto, sensitivos o motores, sino que son invariablemente *sensomotores*, en un dinamismo único e inseparable.

Como, según nuestras investigaciones (1), toda la función cortical, en cualquier región que sea, reviste la misma com-

(1) Ver CHR. JAKOB, *El cerebro humano; estudio de sus núcleos y centros grises*, Munich, 1912.

binación—en su mitad externa (estrato suprapiramidal y subestrato piramidal externo)—es ella receptora, y en su mitad interna (subestrato piramidal interno y estrato infrapiramidal) efectora, y como ambas mitades están en tan íntima conexión histológica y neurodinámica que la excitación en cualquier capa, acto continuo se tiene que extender sobre la otra zona correspondiente, trabajan, entonces necesariamente, la fase receptora y efectora de cada zona cortical, siempre simultáneamente, y la reunión más íntima de tal contacto representa, precisamente, a los microdinamismos que corren continuamente de los elementos de la capa receptora hacia los de la efectora, volviendo de allí en circuito corto cerrado otra vez, a los receptores, y así sucesivamente.

Veremos ahora, rápidamente, cómo se elaboran y cargan esos psicodinamismos en la *psicogénesis infantil*. Tal psicogénesis representa un verdadero proceso de « cristalización dinámica » progresiva al rededor de ciertos ejes ya elaborados intrauterinamente. Así, al nacer, la corteza infantil ha empezado ya a almacenar impresiones táctiles y musculares relacionadas con los movimientos totales del tronco y las extremidades, que al nacer se completan con otros de la zona labio-bucal-gustativa, y más tarde olfativa (1); asociada a ese grupo se desarrolla pronto la experiencia sensomotora de los brazos y especialmente de la mano (el niño la « conoce » llevándola a la boca, ya registrada), su dinamismo, sin embargo, empieza recién desde el cuarto mes a independizarse (actos volitivos de agarrar y rechazar), y las extremidades inferiores, bastante más atrasadas filogenéticamente, sólo

(1) La separación de olores e impresiones gustativas recién se elabora en el segundo año.

lo consiguen recién después del octavo a décimo mes ; el resto del cuerpo sólo más tarde empieza el niño a aprender a « localizarlo », es decir, « conocerlo regionalmente » ; pero siempre, como conste, por experiencia sensomotora.

Después del tacto, calor, gusto y olfato, sigue recién la vista ; si bien a las seis semanas los niños ya empiezan a fijar los ojos coordinadamente y a los dos meses a reconocer algunas personas (madre, nodriza) ; sólo desde el quinto mes sigue el niño a algún movimiento y aprende a reconocer a mayores distancias ; los colores los distingue recién en el segundo año (azul y colorado antes que verde). El oído, que al nacer no funciona aún (por falta de neumatización del oído medio), reacciona claramente percibiendo diferencias desde el tercer mes, que son contestadas con movimientos giratorios de la cabeza desde el quinto mes.

Entre los instintos dominantes en ese período, después de los vegetativos, preséntanse los impulsivos, agarrar objetos, jugar con ellos, levantarse y producir ruidos articulados (1) ; sobre esa base filopsíquica se elaboran las gnosias de los objetos concretos, en su forma, color y otras cualidades, y las praxias manuales y pedales (caminar).

Nos interesa aquí especialmente el desarrollo del tercer ontopsiquismo : las simbolias. También se trata en éstas de actos primitivamente instintivos (mímica facial, llanto, etc.) con los que la corteza elabora, en experiencia continuada, microdinamismos sensomotores y ligándose, regularmente, determinados actos gnóseopráxicos con los mímico-

(1) A los primeros juegos instintivos « de función locomotriz » simple siguen los juegos estereognósticos y los más complejos, gnóseopráxicos (con piedras, tierra, plantas, agua, animales, etc.).

fonéticos, se establece la asociación fija. Así, el niño que reflejamente se agita y llora bajo el estímulo del hambre, que simultáneamente percibe como desagradable (estado afectivo), y que, satisfecha esa necesidad por la madre, vuelve a tranquilizarse, liga, poco a poco, los microdinamismos acoplados: *a)* los equivalentes a la sensación y reacción del hambre; *b)* los de la sensomotilidad de la madre, a la que ve y toca, su canto que oye, su leche que mama; *c)* los del estado de satisfacción y bienestar sensorio-motor (inhibición refleja del llanto, etc.). Queda así fijada la seriación microdinámica *a, b, c,* y entra en juego el acto de extrapolación: aparece la constelación *a* y basta el aspecto o la voz de la madre (subdinamismo de *b*) para evocar a *c,* y el niño calla ya antes de mamar; y más adelante se percibe que basta que el niño grite (subdinamismo *a*) y la madre venga y lo tranquilice para que el microdinamismo « grito » sea ahora el portador de toda la cadena; es el símbolo de una situación y su sucesión experimentada y anticipada. De igual modo, en la segunda mitad del primer año, la voz de la madre influye gradualmente en su vocabulario primitivo, y éste, por imitación (microdinamismos acústico-fonéticos), se perfecciona, y, finalmente, el grito primeramente reflejo, después afectivo, inarticulado, es ya ahora significativo (simbolizado), y se transforma en la palabra « leche »; palabra que, cargando sus microdinamismos prácticos fonéticos paulatinamente, la aprende a pronunciar. Los vocablos significan, pues, en un principio, situaciones completas y recién más tarde se reducen a objetos concretos, y otras designan sus cualidades y movimientos.

Las simbolias significan un gran progreso en la técnica económica de la experiencia, especialmente porque con ellas

es posible una comunicación de estados afectivos y luego significativos intelectuales de individuo a individuo; las simbolias son, por eso, los microdinamismos sociogenéticos; sobre ellas están basadas la cultura, el arte y la historia humana.

Nos hallamos ahora en condiciones para traducir en lenguaje neurobiológico diferentes « vocablos » psicológicos que, como el lenguaje infantil, se han formado y usado antes de conocerse a fondo sus significaciones reales.

Definiremos así: la sensación, percepción, representación, recuerdo, idea, pensamiento, etc.

La *sensación* pura representaría el estado de excitación del macrodinamismo cortical juntamente con la de sus vías periféricas, antes de cargar los microdinamismos; una vez cargados éstos, ya tenemos la sensación más la evocación de equivalentes análogos, anteriores, es decir, percepción determinada, aislada.

Bajo el nombre de *percepción* se entiende generalmente, no eso, sino la excitación periférica y asimilación central de grupos asociados macro y microdinámicos, gnósiopráxicos, correlacionados con un objeto o proceso (situaciones).

*Representación* es la evocación periférica o central de grupos de microdinamismos gnósiopráxicos, que, después, sin intervención macrodinámica, continúan en excitación perdurable.

*Recuerdo* llamamos tal evocación « espontánea », pero sólo aparentemente espontánea, porque la cadena microdinámica « subliminal » anterior se liga siempre con un estímulo macrodinámico anterior, externo o interno.

*Idea* es la reunión simultánea de complejos microdinámicos gnósiopráxicos variados y procedentes de diferentes ex-

perencias sobre el mismo objeto, en una « creación » totalizada y simbolizada.

*Pensamiento* es el comercio libre de tales simbolias en sentido biofórico (1).

*Experiencia*, finalmente, es la adquisición de microdinamismos gnósiopráxicos seriados así que permiten las extrapolaciones de valor biofórico.

Todos esos fenómenos psíquicos superiores son, entonces, neurodinamismos complejos y localizados sólo con sus componentes microdinámicos fisiológicos que los forman; no existen, por consiguiente, « centros psíquicos », porque el *efecto psíquico*, que consiste en la colaboración combinada de numerosos dinamismos locales, es, evidentemente, de naturaleza « transcortical ».

En el problema de la remanencia psicodinámica no hemos tratado todavía el de la localización de actos remanentes recientes y viejos; de que ellos no coinciden lo demuestran numerosos hechos, ante todo, el olvido más frecuente de actos recientes que de los pasados (amnesia retrógrada). Aquí cabe distinguir varias circunstancias; se olvidan también muchos recuerdos antiguos y se fijan especialmente los que están acompañados de estados afectivos intensos, como veremos en seguida; los antiguos, además, están siempre, en caso de igual intensidad afectiva, en mejores condiciones, por poderse « anclar » mejor; su circuito se fortifica por las repeticiones y evocaciones en mayor grado, cuanto más antiguas y revividas ellas sean; por ese dinamismo diferente ex-

(1) Ver nuestro estudio: *Del mecanismo al dinamismo del pensamiento*, en *Anales de la Facultad de derecho*, tomo XVIII, página 195 y siguientes, Buenos Aires, 1918.

plicase que una conmoción cerebral, una intoxicación, etc., borren todas las adquisiciones microdinámicas recientes persistiendo las mejor « reforzadas » o sea las antiguas.

Pero, aparte de eso, parece que ciertas impresiones antiguas de importancia biológica o experiencial individual se extienden con su cadena microdinámica sobre mayor extensión cortical que las más recientes, insuficientemente entrelazadas todavía. Hay todavía neurólogos que admiten que los dinamismos perceptores sensitivos y reproductivos conmemorativos, sean diferentes en elementos y localización, así que, en cada centro gnósiopráxico, los neurodinamismos perceptores ocupen el centro y los reproductores la periferia. Así se explicaría, por su localización diferente, el hecho patológico de que en un enfermo se puedan borrar sólo las reproducciones (ceguera, sordera, anestesia psíquica), mientras que las percepciones persisten. Pero esto se comprende también, sin tener que admitir ese concepto dualista que nosotros rechazamos, por la interrupción del proceso neurodinámico asociativo; es que para reconocer un objeto visto, por ejemplo, no basta la existencia de los microdinamismos componentes por sí solos, ellos tienen que ponerse en contacto por resonancia, tienen que obrar en conjunto y asociados, y recién entonces reconocemos el objeto; ese *dinamismo de resonancia asociativa* se puede inhibir pasajera o definitivamente, y así se explican las amnesias parciales curables o totales (o lo que es igual, demencias parciales); ese dinamismo será más vigoroso en unas experiencias y menor en otras, dependiendo esto del tiempo de reacción, de la intensidad del estímulo y del estado momentáneo del individuo.

En resumen, admitimos que también en los neurodinamismos corticales de percepción, asociación y reproducción

actúa el mismo proceso metabólico asimilador, desasimilador ya estudiado, y que en las neurofibrillas corticales (la red gris central) puede cargar las cadenas neuromoleculares en forma e intensidad superior a lo que ocurre en los sistemas inferiores, precisamente porque él dispone de los « circuitos recurrentes », que permiten tensiones neurodinámicas superiores en acumulación, diferenciación y resonancia; así como que recién entonces esas « ondas estacionarias » pueden producir, por asociación dinámica, nuevos equivalentes y combinaciones en gnosias, praxias y simbolias. Pero, en definitiva, lo que corre, tanto en los neurodinamismos inferiores como en los superiores, es « energía solar » refinada, pues los organismos, desde el alga hasta el hombre, son sistemas polienergéticos microsolar. El culto del sol y del cielo solar que hasta en el cristianismo aparece todavía, tiene así su explicación biológica para nosotros, los « hijos del sol ».

#### 6. *El problema de las entonaciones psicocorrelatorias individuales del neurodinamismo*

En la forma discutida hasta ahora respecto a adquisición y reactividad prolongada de los ontopsiquismos, los fenómenos neurodinámicos podrían pasar sin necesidad de exigirse una expresión a parte, bajo la forma de « fenómenos psíquicos específicos », como lo son nuestras sensaciones y sentimientos, si nuestro sistema nervioso respondiera a una única fuente de estímulos; por ejemplo, si todas nuestras elaboraciones neurodinámicas fueran exclusivamente de naturaleza olfativomotora o tactomotora, pero es que nuestra biorganización nos ha creado « multisensorialistas ». El proceso neurodinámico asociativo central recibe entonces para su

« unificación correlativa creadora », variadas formas de estímulos y reacciones diferentes en su valor biofórico, y a eso se debe, evidentemente, al hecho de que, para su « diferenciación y valoración central », acompañan a los diferentes estados de excitación, *entonaciones centrales* características, que llamamos con especial cariño « fenómenos psíquicos » (1) y que los distinguimos, según su complejidad, con las designaciones de primitivo, secundario y terciario.

Esas entonaciones fuertes (originales) acompañan especialmente a los procesos centrales asociados cuando estímulos momentáneos macrodinámicos los evocan (percepciones), y ellas se debilitan (copias) cuando sólo los microdinamismos actúan (reproducciones); conocemos su existencia sólo en el hombre, pero las aceptamos también, en forma análoga, más o menos variada, en los animales de organización cerebral emparentada; mientras que para los vegetales y animales inferiores, que carecen de ese polineurodinamismo centralizado individual, no admitimos sino una forma reducidísima de dichas producciones.

Esas « entonaciones » son enteramente subjetivas y no se manifiestan jamás y en ninguna forma objetivamente, y sólo por comparación con la propia experiencia al respecto podemos inferirlas en los demás individuos iguales o diferentes de nosotros. A esos fenómenos se ha dado siempre una importancia enorme y especialísima, porque a primera vista aparecen ellos como lo esencial de nuestra experiencia: « lo dado », lo « inmediato y primitivo », lo « único

(1) No hay, pues, que confundir el proceso neurodinámico orgánico con su « nota de entonamiento central », símbolo individuo-psíquico del primero.

seguro », etc., y sin embargo se trata sólo de símbolos que revelan y envuelven la existencia de los procesos reales; y sean ellos tan importantes como se quiera para el individuo, en el fondo no son sino concesiones pasajeras y engañosas, con las que la naturaleza contenta al individuo, velándole su verdadera misión orgánica; sólo son ellas producciones secundarias, más bien de lujo y connivencia, que de necesidad y decisión en la energética cósmica-vital objetiva; las podríamos considerar muchas veces como un « regalo dádneo », comparable a los colores de una flor que con hojas verdes podría haber llenado igualmente su misión si no se hubiese acostumbrado y encaprichado con la simbiosis codiciada por el mundo de insectos que la maltratan y destrozan, a menudo sin misericordia ni gratitud; con sólo representarnos el mar de tristezas, sufrimientos y desesperación con que paga el hombre unas horas de ligeros goces y muchas veces sin culpa alguna, no se acusará de pesimismo extremo esta comparación.

Sin embargo, el hombre olvida todo eso y el « individuo » protesta en nosotros en viva oposición y la psicología reclama la legitimidad y prioridad indiscutible de sus « hijos predilectos », los fenómenos psíquicos. Y se explica esto porque sólo raramente intentamos salir « de nuestra piel » y miramos el ambiente con ojos « desencantados ». Pero si observamos objetivamente y de más lejos el « hacer y dejar » de los hombres, y los miráramos, cual en un cinematógrafo ir y venir, entonces podríamos concebir la idea de que todo eso podría efectuarse también en la misma forma sin la percepción de vibraciones luminosas en forma de luz y color, o de ondas sonoras en forma de tonos, y podríase admitir que los estímulos olfatorios y gustativos sólo produzcan reaccio-

nes químicas, conducidas y percibidas como tales en el centro, y que podríamos gozarlas y sufrirlas en condensaciones e inhibiciones asimiladoras; las acciones reflejas y adquiridas por la experiencia se podrían producir así en la misma forma, con tal que esos estímulos obrasen con la precisión y regularidad necesaria, y en lugar de sentir en colores, tonos, calores, aromas, presiones, lo sentiríamos en forma de vibraciones y oscilaciones variadas, con lo que nuestro comercio simbólico intelectual no se perjudicaría, pues en lugar de « palabras » pensaríamos en « ritmos ».

No podemos pues reconocer una necesidad orgánica e ineludible de las « entonaciones psicoindividuales » actuales, sino que más bien ellas se habrán desarrollado, en un principio, como una « ganancia extra », como un hallazgo orgánico interesante y casualmente hecho; del mismo modo que en la prosecución de un problema complejo, inesperadamente, descubre el técnico un hecho nuevo con el que ni ha soñado (1). Pero una vez realizadas ellas, ya cambiaba la situación; la vida hubiese podido evolucionar sin ellas igualmente, pero habiéndose formado así un « mundo depsiquificado », vivirían los individuos, se podría agregar, en una forma monótona y automática cual los vegetales, y faltándoles ese « mundo simbólico central », faltarían también los estímulos y alicientes que nos impulsan para la lucha y el trabajo y para el progreso. Volveremos entonces de esa « peregrinación desencantada » a nuestra « modesta simbolización » y, entrando nuevamente en nuestra piel, preferimos, franca y llanamente, nuestro mundo de colo-

(1) Si, por ejemplo, en la formación plasmogénica la combinación hubiera sido otra, también, con el cambio del instrumento, sus « himnos neuroplasmáticos » hubiesen tenido otros acordes.

res, acordes, calores y fríos, goces y dolores, con los que nuestro psicodinamismo dulcifica la amarga vida; y los fenómenos psíquicos (1) podremos ahora considerarlos provisoriamente como « reales » en relación a su significación, no obstante ser siempre « realidades relativas » y esto únicamente para nosotros, pues tras de ellos recién tendremos que buscar la verdad lejana; y lo esencial no es entonces que ellos tengan tal o cual entonación necesaria o casual, sino que ellos, sean como sean, se mantengan y reproduzcan constantemente en estricta correpondencia con los distintos estímulos y reacciones neurodinámicas correlacionadas: en una palabra, que exista simpatía entre ambiente e intraoyente.

Los psicólogos se engañan lastimosamente al considerar a los fenómenos psíquicos como procesos elementales, definitivos y apriorísticos; pues hasta en el embrión y en el niño tienen ellos que diferenciarse de las funciones más elementales del crecimiento y de la maduración neuroplasmática; y así como ontogenéticamente, también filogenéticamente se habrán elaborado sucesivamente de procesos vitales más elementales. Lo ficticio del « estado psíquico de tenerlo » resulta, desde luego, de los procesos alucinatorios, donde ninguna fuerza del mundo es capaz de mostrar al individuo atacado el papel negativo de ellos; donde no representan evidentemente ninguna realidad, ni relativa siquiera, y sin embargo, el portador les da hasta seguridad absoluta. De la filogenia comparada del neuroplasma periférico y central se desprende claramente el hecho de que también los fenómenos psíquicos son funciones

(1) Lo directamente « dado » no son tampoco esos fenómenos en sí, sino constelaciones complejas de ellos (sensoafectivo-motores), en los cuales secundariamente analizamos objetos y calidades, procesos y estados, y, finalmente, sensaciones artificialmente aisladas.

progresivas y regresivas, adquisiciones perfeccionadas y perfeccionables; y el mismo hombre de tres mil años atrás y el de hoy, así como el de hoy en estado primitivo y culto, y el normal y demente, lo pueden atestiguar, es el mismo neuroplasma que, según su organización, transforma las oscilaciones molares, moleculares, atómicas y electrónicas en fenómenos de entonación específica, porque la incongruencia entre el campo del estímulo provocador y del neuroplasma reactivo lo exige así; los fenómenos psíquicos son el resultado de la condensación y transformación energética por el pasaje de un medio (inorgánico) a otro (orgánico), exactamente así como la energía eléctrica se transforma en luminosa si pasa del hilo metálico al filamento de la lámpara. También ellos se habrán modificado poco a poco por selección, adaptación y mutación, así como por cruzamiento más favorables, cuando con ello contribuyeron al bienestar orgánico del individuo.

Sin entrar aquí en un análisis detallado, distinguiremos cuatro clases de esas entonaciones:

1° Entonaciones simples, primitivas, específicas:

a) Sensaciones para estímulos exógenos (color, tono, calor, olor, etc.);

b) Sensaciones para estímulos endógenos (tensión, presión, contracción, relajación, etc.).

2° Entonaciones complejas, generalizadas:

c) Estados afectivos inferiores exo-endógenos (dolor, placer, hambre, sed, etc.);

d) Sentimientos superiores, estéticos, intelectuales (alegría, tristeza, éxtasis, envidia, etc.).

Todos esos fenómenos de entonación psicocentral guardan estrecha relación con determinadas reacciones músculo-glandulares físicas, y manifiestan así su « carácter arraigada-

mente orgánico »; pertenecen a ellos las reacciones variadísimas de la atención y expectativa y el juego rítmico pulsante de la vasomotilidad (congestión, anemia), de la presión sanguínea, de las glándulas sudoríparas, lacrimales y salivares, así como de la respiración y mímica. Conduciría aquí demasiado lejos mostrar la evolución filética de toda esa « instrumentación psicoreactiva » que desde los animales inferiores (posición terrorífica, de susto, de furor, juegos de amor, gritos, etc.), lleva directamente al hombre (mímica defensiva y ofensiva, danza, canto, etc.) (ver volumen II).

Nos interesan ahora los siguientes problemas bioneurológicos de fondo, respecto del dinamismo de esas entonaciones:

a) ¿Van siempre acompañadas todas sus formas, aun las más elementales, de reacciones de « carácter afectivo » o pueden las entonaciones primitivas o complejas existir independientemente las unas de las otras?

b) ¿Dónde se realizan las entonaciones psíquicas y qué relación dinámica hay entre ellas y las reacciones « físicas » músculo-glandulares?

c) ¿Cuál es la significación biológica de esos fenómenos y cómo debemos interpretar su naturaleza y evolución orgánica?

Respecto del primer punto existen opiniones diferentes y opuestas; unos (Wundt, Stumpf, etc.) aceptan una relativa independencia entre estados afectivos y sensaciones; otros (Ziehen) no ven en los afectivos sino atributos cualitativos de las primitivas y sus elaborados. El problema no se puede solucionar por observación psicológica del organismo adulto, en el que se notan argumentos tanto para una como otra hipótesis; sólo la psicología genética puede decidirlo. En la psi-

cogénesis infantil y animal reconocemos claramente que para el niño, primitivamente, no existen sino sensaciones continuamente acompañadas de estados afectivos; cada acto perceptor tiene su « tono emotivo » y, en caso contrario, no existe para el cerebro infantil acto psíquico alguno. Esas entonaciones afectivas tienen, naturalmente, sus graduaciones muy variadas, van desde la atención pasajera a la dedicación más intensa; de la expectativa momentánea a la absorción más interesada, y el juego reactivo mímico-afectivo recorre incansablemente todos los escalones de la escalera diatónica entre lo agradable y desagradable, entre la reactividad positiva, afirmativa, ofensiva, y la negativa, repulsiva, defensiva.

Todas las sensaciones perceptivas infantiles, desde las olfativas, gustativas, táctiles y musculares, hasta las ópticas y acústicas más complejas, están así igualmente entonadas, de modo que se puede afirmar terminantemente que, durante la adquisición del material psicosensorial, no se elabora ningún microdinamismo cortical gnósicopráxico sin su nota emotiva inherente: « el neurodinamismo sensomotor cortical elemental encierra en su energética orgánica al tono afectivo, que es inseparable del primero » (concepto homodinámico sensorio-afectivo).

En el curso de la experiencia creciente del hombre (y en cambio, mucho menos en los animales) se inhiben y atenúan poco a poco los estados afectivos para las reacciones menos directamente relacionadas con las exigencias biológicas del momento, pudiendo sin embargo volver ellos a intensidades mayores, cuando pasan al « foco de la bioconstelación »; pero en forma alguna podemos negar a los actos « periferales » su tono afectivo; él existe, siempre e invariablemente, en « estado latente »; la aparente « inafectividad » de los actos

visuales, acústicos, etc., « distraídos » de la vida común del adulto se explica sólo por la deficiencia de nuestros métodos de investigación y en el pensar más abstracto del cálculo matemático más « frío », es el « interés científico » estimulante la prueba del tono afectivo inherente.

Como nuestra afectividad se desarrolla invariable y orgánicamente ligada a la experiencia sensorial gnósicoprática, no puede, naturalmente, concebirse tampoco un estado afectivo por separado; sólo podrá dominar, al parecer, la componente sensitiva o afectiva en uno u otro caso.

En cuanto al segundo punto, su localización, no cabe duda de que todas esas entonaciones primitivas y secundarias reciben « tono característico » en el hombre (y los animales superiores) recién en la corteza cerebral — pues ellas residen en los córticodinamismos gnósicoprático simbólicos. Precisamente por eso se elaboran paulatinamente esas reacciones en el niño con corteza imperfecta todavía (1) y en perfecto paralelismo con el desarrollo córticocerebral; al nacer está listo, como hemos visto, el aparato reflejo-instintivo subcortical, pero éste no es capaz de elaborar los fenómenos psico-reactivos superiores; sólo sus bases reflejo-automáticas están allí presentes. En igual sentido atestiguan las observaciones neurobiológicas experimentales en animales y las patológicas en el hombre enfermo, que lesiones de cierta extensión cortical (2) ocasionan graves consecuencias funcionales y en

(1) Recién a los cuatro meses de vida extrauterina obsérvase los macrodinamismos corticales perfectos y los microdinamismos requieren todos los años hasta alcanzada la edad madura para su perfección; cierto es que esta histiogénesis nos ofrece muchas lagunas todavía.

(2) Naturalmente que la alteración más insignificante tiene que traer también disturbios funcionales del micropsicodinamismo, pero todavía

primer lugar repercuten esas sobre las entonaciones psicoreactivas de naturaleza complexa y, finalmente, también sobre las primitivas. Así, un perro sin corteza occipital (visual) no reconoce a su amo y no lo saluda tampoco con gesto afectivo, como tampoco demuestra ya miedo al látigo; y en el hombre atacado de parálisis general progresiva se borran consecutivamente al proceso destructivo cortical los sentimientos intelectuales, después los estados afectivos y, también, finalmente, las entonaciones primitivas, pasando su psiquis a una inercia afectiva y perceptiva total, es un verdadero retroceso al estado crepuscular fetal: sólo que ninguna aurora es capaz de despertar y regenerar nuevamente las energías nobles gastadas, los dinamismos destruidos. Al principio de esa enfermedad (ver Neuropatología) pasa lógicamente el enfermo debido a la excitación cortical inicial, por un período « superafectivo ». Queda entonces fuera de duda, de que la realización de las psico-entonaciones se efectúa en la corteza cerebral (1); pero respecto de los detalles, de la intervención transformadora de los macrodinamismos, del papel creador o reforzador de los microdinamismos, de sus aparatos asociativos, etc., estamos lejos aún de una orientación satisfactoria.

Debemos confesar igual cosa respecto del dinamismo acoplado de las reacciones afectivas físicas músculoglandulares. En ellas intervienen, en los estados de atención, los diferentes músculos y glándulas del órgano sensitivo ocupado (m musculatura del oído medio para la tensión del aparato transmisor

nuestros deficientes métodos, como ya lo hemos dicho, no los saben registrar.

(1) El mérito de haber constatado esto por primera vez, si bien con pruebas científicas incompletas, se le debe a Gall.

sonoro, del ojo para la acomodación, regulación luminosa y fijación binocular, de la nariz y boca para inspirar ampliamente o mover el substrato gustativo disolviéndolo en jugos salivales convenientemente, de labios, lengua, párpados; manos, dedos, etc., para establecer y variar los contactos en la forma más eficaz, etc.), luego y, principalmente, la musculatura lisa del aparato cardiovascular, pero también la estriada y lisa del respiratorio, digestivo, sexual, etc., así como las glándulas lacrimales, salivales, sudoríparas, etc., que están en íntimo contacto dinámico con los diferentes estados afectivos, elementales y complejos. Ignoramos todavía las vías centrales por las que, desde los centros corticales gnósicopráxicos, donde se realizan las psicoentonaciones variadas, deben pasar a los núcleos inferiores somáticos y simpáticos de la musculatura y glándulas citadas; pudiera ser que intervengan los sistemas parapiramidales arriba descritos (con intervención probable del sistema estrio-lentículo-hipotalámico, etc.), y quizá también la vía amónicohipotalámica y mesencefálica del trigono cerebral (1), pero todo esto no lo sabemos; seguramente ese sistema afectivo-somático y simpático tiene su vía aferente y eferente y está en correlación dinámica central continua con los centros corticales, sea por vías asociativas con los centros viscerales simpáticos (circunvolución supracallosa?) y somáticos respectivos, o en otra forma más directa (arco reflejo-afectivo córtico-subcortical, gnósico-práxico).

Respecto a la relación causal entre ambos dinamismos (estado atencional afectivo-central por un lado y reacción simpática-somática moto-secretora, por el otro) existen diferen-

(1) La intervención del tálamo mismo, que muchos postulan, no creemos suficientemente comprobada.

tes opiniones. La escuela fisiológica, generalmente, interpreta las reacciones periféricas musculares, vasomotoras y glandulares (contracciones, relajaciones, palidez, ruborización, secreción, sequedad salivar, sudorípara, etc.), como fenómenos reflejos consecutivos a los estados afectivos centrales. En cambio, W. James (1884) y C. Lange (1885) sostienen el carácter primitivo de las reacciones periféricas, que recién secundariamente evocarían nuestros estados afectivos; respecto de esta última opinión, que tanto por hechos fisiológicos como psicológicos ha sido combatida, se puede sostener que en cada estado reactivo músculoglandular están combinadas dos fases: una refleja, directamente periférica, y otra central, modificadora; la primera, la componente refleja, es naturalmente anterior al estado afectivo central, y la otra, la componente modificadora, es evidentemente secundaria. Así pasa frecuentemente en un niño que llora por el dolor del dedo lastimado; ya el estímulo periférico había producido reflejamente una reacción defensiva de rechazo en gesto y mímica, pero recién cuando el niño percibe la sangre que sale del dedo se agrega la componente central y el llanto explosivo completa la situación afectiva. Esa componente no debiera entonces considerársela como refleja o instintiva, sino como efecto ontopsíquico paralelo a cualquier reacción contestadora cortical que restablezca el equilibrio central afectivamente alterado por su descarga y que se vale para tal efecto de un dinamismo reactivo instintivo, que entre los filopsiquismos superiores de la especie se había formado y perfeccionado.

El tercer problema fundamental relacionado con las psicoentonaciones es el que más interesa a la neurobiología: o sea su significación en el engranaje del dinamismo vital. A este respecto, no cabe duda que ellas están íntimamente ligadas

con la vida vegetativa, como ya lo demuestra su influjo regulador de la circulación y secreción. Un poco de historia al respecto nos orientará mejor. Ya en 1674 opinó el filósofo Malebranche, apoyándose en las observaciones fisiopsicológicas ya citadas, que el afecto del « placer » consistía en una dilatación vascular con hiperemia consecutiva, y el del « sufrir », por el contrario, en contracción vascular y anemia (compárese la cara colorada del que goza y la palidez del que sufre); y el filósofo Lotze (1852), generalizando esa teoría, sostuvo que mientras un órgano receptor sensitivo era capaz de regenerar automáticamente el desgaste de sus neuroepitelios producido por un estímulo, se sostenía un estado afectivo agradable, pasando éste al desagradable si el desgaste orgánico sobrepasara lo regenerable. También el psiquiatra Meynert (1870) aceptó el fundamento de la teoría aplicándola al órgano central, interpretando el estado de excitación patológica psíquica (manía) como el resultado de una hiperemia y vasodilatación cerebral, y el de la depresión (melancolía) como el de una anemia y vasoconstricción. A. Lehmann (1892) sostiene, en términos generales, acercándose más al problema, que mientras en un proceso cortical prevalezca la fase desasimiladora sobre la asimiladora, persistirá el estado característico afectivo de la depresión, y el de la excitación para el predominio de la fase asimiladora. Esta teoría afectiva basada sobre el dinamismo trofoplasmático y sus fases asimiladoras y desasimiladoras significa, evidentemente, la consecuencia lógica de nuestra teoría « trofoneuroplasmática »; si, conforme hemos expuesto, en los neurodinamismos tenemos que reconocer sistemas de cadenas fermentativas con alternación de las fases asimilatorias, entonces significa una intensificación de tal proceso, mientras que su metabolis-

mo vital encuentre condiciones progresivamente favorables de mantener, establecer y extender (mientras que perdure entonces una situación neuroplasmofórica) una ganancia de la capacidad bioenergética, y frente a esto reaccionamos con una entonación de « placer »; en cambio, si empeoran tales condiciones metabólicas, si aumenta la fase desasimiladora excesivamente, si se presenta una situación antineuroplasmofórica, la entonación del proceso cambiará al « sufrir » (1). El paralelo que hicimos en capítulos anteriores entre funciones trofoplasmáticas y neuroplasmáticas se amplía más todavía: agradable es en principio lo « nutritivo », desagradable lo « desnutritivo », y como el individuo no vale como tal en biología, como « soma », sino como cuidador de « germa », representante de la potencialidad orgánica progresiva de la especie, podemos resumir: *agradable es lo germinotrófico y desagradable lo germinotóxico*, aforismo bioneurológico cuya inmediata traducción higiénica y ética sería: saludable y bueno debe ser lo germinofórico; enfermizo y malo lo contrario.

Por eso la psicofisiología moderna nos muestra en formulación casi matemática las relaciones estrechas cuantitativas entre esas entonaciones afectivas y los fenómenos circulatorios; el estado de bienestar, por ejemplo, es por eso caracterizado por un pulso más lento y lleno, contracciones cardíacas más amplias, dilatación vasomotora, disminución de la presión sanguínea y aumento del volumen y de la actividad de los respectivos órganos (turgor), mientras que el estado

(1) La relación numérica entre asimilación y desasimilación la designa Verworn como « biotonus », si  $t = \frac{a}{d}$  entonces significa  $t < 1$  o sea, un estado afectivo negativo; y  $t > 1$  uno afectivo positivamente entonado.

depresivo coincide con una aceleración del pulso, contracción vascular, hipertonia sanguínea, disminución del turgor y de la actividad orgánica, etc., y las relaciones son tan estrechas que el solo estímulo gustativo de dulce o salado o de agrio y amargo, ya provoca esas reacciones vasomotoras (ver detalles en el volumen II).

Una última pregunta permanece todavía sin contestación: ¿Quién es el sujeto que percibe la entonación: la sensación, el afecto, el sentimiento? ¿El yo, el cerebro, el organismo, el individuo, el psiquis, el neurodinamismo? Esta rara pregunta nos deja perplejos; efectivamente, constatamos aquí un problema. Discutámoslo.

Ningún elemento o dinamismo puede sentirse a sí mismo, sino que él siente el efecto del sistema acoplado; sentir es, como recordamos, recibir un estímulo diferencial de otro neurodinamismo asociado, y en consecuencia no pueden los mismos microdinamismos que elaboran las diferentes entonaciones psíquicas sentir las al mismo tiempo también. Éstos sienten sólo los potenciales diferenciales de los macrodinamismos aferentes y eferentes acoplados. Si no pueden ser los mismos « creadores » los que sienten los fenómenos psíquicos, hay que buscar otros microdinamismos que no hayan intervenido en tal momento. Lógicamente, llegamos así al siguiente concepto: el « yo » que elabora y al mismo tiempo siente entonaciones, tiene que ser considerado como un sistema psicodinámico compuesto, por lo menos de dos o más complejos, en un momento dado uno será el excitado, creador del fenómeno psíquico, y el otro (o los otros) el escuchante, que siente recién el estado afectivo; ambos componentes acoplados y en cambio continuo de sus grupos microdinámicos desde un lado al otro elaboran y perciben los es-

tados de psicoentonación y forman así el « yo como sistema neurodinámico cerrado »; ese yo, con sus dos complementos, el *yo dinamizante* (excitante, psicocreador) y el *yo dinamizado* (psicoperceptor, excitado), representan la verdadera unidad funcional neurodinámica suprema; ambos complejos ocupan en todo momento la corticalidad totalmente, así que se puede sostener, efectivamente, que cada fenómeno « psíquico » es el resultado de la colaboración de la corteza cerebral entera y como tal no tiene sino localización intercortical. Ahora bien, si las entonaciones afectivas centrales resultarían recién compromisos entre la compensación dinámica de ambos grupos (del yo dinamizante y dinamizado), como una especie de descarga totalizante de su potencia diferencial psicodinámica, no nos atreveríamos a decidirlo todavía. En cambio, la teoría del *yo polidinamizado* nos permite una mejor comprensión de diferentes estados fisiológicos y patológicos psicodinámicos que no hemos discutido todavía.

Según nuestra teoría la corteza cerebral no puede descansar en estado de vigilia, ni en ningún momento y en ningún punto, y sólo en el sueño natural (pues el artificial es de naturaleza tóxica, desasimiladora) se consigue la reparación asimiladora necesaria; porque el sueño es, en último término, un estado afectivo colectivo de los microdinamismos, que, sean dinamizantes o dinamizados, han llegado a un déficit orgánico desasimilador: su biotono se ha vuelto negativo; sufrimos en la constitución vegetativa de nuestros psicodinamismos y el sueño es el resultado reactivo físico, músculovascular de tal entonación negativa. Para conseguirlo suprimimos por lo pronto todos los estímulos dinamizantes (reposo, obscuridad, tranquilidad; los estímulos acústicos son los últimos en apagarse) y

conjuntamente rebajamos también así el tono del yo dinamizado en forma progresiva hasta que dormimos, es decir, hasta que hemos eliminado la diferencia dinamizante entre ambos complejos del yo; el sueño es, pues, el resultado de la reunión de ambos componentes en un estado neutro, desdinamizado, y el estado de vigilia es su desdoblamiento. Fenómenos físicos (contracción vascular cerebral inicial y dilatación consecutiva, mayor reflujo, aflujo de sangre) se agregan y facilitan la asimilación reparadora prolongada; esa es la función biológica del sueño; nuestro concepto es principalmente dinámico y lo material en él no será probablemente un proceso de retracción de elementos histológicos (Duval-Pupin, 1895) sino un fenómeno de paro relativo neuromolecular.

Un despertar parcial de los microdinamismos corticales representan los ensueños, las alucinaciones y las visiones. En los ensueños bailan los microdinamismos corticales sin ningún control periférico o central, en mayor o menor desorden, desdinamizados, mientras que en las alucinaciones se guardan falsas relaciones ideativas-afectivas con el resto del intraoyente ordenado, y en las ilusiones y visiones existen relaciones falsas con el ambiente. También los estados hipnóticos son desdinamizaciones, en las que la interrupción entre los grupos del yo se debe a la intervención sugestiva de una voluntad ajena que se apodera de la dirección, substituyendo el proceso afectivo propio por complejos afectivos falsamente introducidos (1); la educación se distingue notoriamente de la sugestión hipnótica, pues con ella se sugieren

(1) No estará de más insistir en el hecho anotado de que también todos esos estados sensoriales normales o patológicos, invariablemente, tienen su entonación afectiva característica inherente.

y evocan estados afectivos colectivamente normales y sanos (ejemplos virtuosos, entusiasmos nobles etc.).

### 7. *El problema de la diferenciación evolutiva del neurodinamismo*

En la introducción de la presente obra hemos establecido los siguientes tipos actuales de funciones neurodinámicas:

1° Plasmodinamias (Plasmopsiquismos): tropismos, taxismos, ritmos pulsantes;

2° Neurodinamias (Filopsiquismos): reflejos simples y complejos, seriados y organizados (instintos);

3° Psicodinamias (Ontopsiquismos): gnosias, praxias y simbolias.

Todas estas organizaciones neurodinámicas son eminentemente « biofilácticas », según ya se desprende de su « origen simetrioifóricoplasmático »: los plasmopsiquismos elaboran así el bienestar vegetativo; los filopsiquismos, el bienestar y biendevenir de la especie; y los ontopsiquismos el bienestar, biendevenir y biensentir del individuo; en tal graduación se manifiesta claramente la extensión e intensificación creciente del radio de acción que cada uno de esos neurodinamismos escalonados ha alcanzado respecto a espacio, tiempo y causalidad energética.

Las tres graduaciones neurodinámicas se encuentran ahora muy en diferente distribución y combinación en los tipos actuales orgánicos; en el mundo vegetal entero y en los protozoarios y espongiarios no constatamos sino plasmopsiquismos, en los metazoarios del tipo neuroganglionar (hidropólipos, vermes, moluscos, artrópodos) hasta los vertebrados

inferiores (ciclostomas, peces) existen plasmos y filopsiquismos; si bien ya en los insectos el ganglio cerebral ejerce posiblemente funciones elementales ontopsíquicas y en los peces el mesencefalon; pero recién en los vertebrados superiores, desde los anfibios hasta el hombre, tenemos las tres categorías combinadas y con predominio siempre más creciente del dinamismo ontopsíquico, que en el hombre recién encuentra su culminación, con la creación de los simbo-opsiquismos, los elementos del mundo intelectual, estético y ético; pero conste que ya el tropismo más elemental reviste en realidad el mismo carácter, pues tampoco él no tiene significación real en sí sino en un sentido correlativo, simbolizante.

El problema fundamental neuroplasma-evolutivo consiste por eso en definir claramente el alcance de cada uno de esos dinamismos combinados, los que, a menudo, en los procesos neurodinámicos, se amalgaman tan íntimamente, que las diferentes escuelas, según su posición doctrinaria, llegan a las conclusiones más opuestas; sólo así llegaríamos también a comprender y aislar los factores evolutivos, progresivos, en su real significación.

Ya al empezar nos encontramos con esa dificultad; porque si aceptáramos que recién con la aparición del mundo de los organismos unicelulares (algas, amibas, flagelados, etc.) hayan empezado a ejercerse procesos plasmopsíquicos elementales, estaríamos seguramente equivocados, porque ya en los componentes de esos seres, las biomoléculas, tenemos que buscar un principio regulador, sin el cual la biomolécula perdería su equilibrio central. Si aceptamos un proceso biogenético natural terrestre por el cual bajo constelaciones cósmico-terrestres favorables se condensaron primeramente

los elementos organogénicos (1) en forma de radicales, suspendidos en la atmósfera húmeda, caliente, y que por polimerización progresiva se hayan encontrado entre innumerables ensayos inconstantes algunas agrupaciones más estables (*pre-biontes*), los que en sucesivas felices combinaciones daban finalmente origen a cuerpos plasmáticos coloides capaces de mantenerse en el medio líquido para similitud propia (*auto-biontes*), y que recién en ulteriores procesos sintéticos llegaban a crear cuerpos que por asimilación excesiva (sobre lo gastado) podían aumentar su material y energía o « crecer » (*arquebiontes*), entonces ya en grupos autobióticos, y más todavía en arquibióticos, eran necesarias intervenciones reguladoras entre asimilación-desasimilación y la utilización de la ganancia orgánica (exceso orgánico); porque sin tales disposiciones simetrio-fóricas los sistemas biomoleculares elementales mencionados no hubiesen persistido. Recién nuevas « asociaciones arquibióticas » formaron los primeros seres unicelulares, formas de protistas intermediarias entre algas, hongos y amibas, quizá semejantes a los actuales flagelados, que asimilaban como plantas y desasimilaban como animales; y desde éstos se diferenciaron recién sucesivamente, plantas y animales unicelulares comparables con las actuales, más inferiores. Mucho más antes, entonces, ya debió haber aparecido el primer plasmopsiquismo intrabiomolecular, desde el cual empezó el cosmos a dividirse en los dos mundos superpuestos de lo físico y psíquico, del ambiente e intraoyente; colocaremos su aparición en unos 300 millones de años antes de nuestra era. Ya en los protozoarios hemos visto perfeccionarse los plasmopsiquismos por aparición de plasmos sensibilizados receptores

(1) Ver en *Biología*, tomo I, la tabla del bioquimismo (pág. 336).

y efectores; bajo el influjo estimulante de la energética ambiente se fortificaron esas disposiciones y se transformaron con la ayuda de nuevos procesos asociativos, que trajeron « más » material plasmático disponible en forma de « neuroplasmodinamismos ». La división del trabajo se intensificó y el trofoplasma se separó dentro del organismo del neuroplasma en dos hojuelas, apareciendo el ectodermis neuroplasmático y el endodermis trofoplasmático. Las causas orgánicas de tal separación diferencial no las conocemos suficientemente todavía, si bien intervienen la gastrulación en sus diferentes formas, las mayores exigencias nutritivas, defensivas y locomotivas, etc., pero sin duda la « creación del neuroplasma » influyó decididamente en ella.

Entre las formas más inferiores dotadas de esos neuroplasmodinamismos, los hidropólipos y el grupo siguiente de las formas « ganglionares » (gusanos inferiores), existe un « hiato ». El salto orgánico se explica sólo por la desaparición de largas generaciones « intermediarias » que habrán adquirido poco a poco en variación progresiva, o en más rápida evolución mutativa, ese principio de la « centralización neuroplasmática »; las ventajas evidentes de tal ganancia, sin embargo, no eran suficientes para evitar la eliminación catastrófica de esos « bienhechores orgánicos », que ningún monumento recuerda en el cementerio terrestre, pues no existen restos fósiles conservados de ellos. Es que recién el progreso daba mayor rendimiento en animales metaméricamente organizados, como los vermes superiores e insectos. Las diferentes formas de filopsiquismos que en esos sistemas se diferenciaban eran :

A. *Reflejos momentáneos :*

- 1° Reflejos simples locales (en celenterados);
- 2° Reflejos segmentarios (reacción de un segmento);

3° Reflejos intersegmentarios y totales (reflejos más o menos generalizados).

B. *Reflejos sucedáneos :*

- 1° Reflejos seriados con extensión excentrica;
- 2° Reflejos cadenarios ascendentes y descendentes;
- 3° Reflejos organizados, bicondicionados (instintos).

Lo fundamental para todos esos dinamismos, que en idéntica forma aparecen también en los vertebrados, se debe a la aparición sucesiva de los elementos asociativos intercalares, que poco a poco, sobre todo con la intervención de dichas vías cortas y largas, reunían de la manera más compleja las diferentes subestaciones del sistema ganglionar en vertebrados o del arquencefálicoespinal en vertebrados. El estímulo podía ahora, según su intensidad y valor biofórico, provocar reacciones ofensivo-defensivas en la forma más completa, sea momentáneamente, sea en fases sucesivas, seriales, de « ondas reflejas », para las cuales cada reacción servía nuevamente de estímulo para la próxima. De especial importancia fué la perfección de los diferentes órganos sensitivos periféricos, que en su influencia para el dinamismo central « cerebro-formativo » ya hemos ponderado. Tales aparatos se organizaron en dos direcciones : para estímulos cercanos molares y moleculares (táctiles, olfativos, gustativos, estáticos, etc.) y para los más lejanos (acústicos y ópticos); estos dos últimos aumentando el radio de acción a mayor distancia, eran de especial importancia para ese fin, y fueron ellos que decidían en la aparición de las formas superiores (insectos, entre invertebrados, y mamíferos, entre vertebrados); es así que se formaban finalmente los ontopsiquismos cerebrales.

Si con dicha clasificación revisamos ahora las diferentes teorías psicobiológicas actuales, veremos, con asombro, una

enorme confusión en la interpretación de los neurodinamismos inferiores; tanto la distinción entre tropismo y reflejo, como entre reflejo-instinto y acto superior ontopsíquico y hasta entre tropismo y ontopsiquismo, se hallan borradas; así, Loeb (fig. 45) y su escuela extiende el dominio del tropismo (y taxismo) hasta los invertebrados superiores, confundiéndolo con filopsiquismos evidentes: el movimiento de una oruga está dirigido por dinamismos reflejos seriados y los tropismos puros debemos reservarlos como plasmosiquismos para organismos sin neuroplasma diferenciado. Más lejos todavía va el biólogo Jennings (fig. 46), que cree reconocer en los taxismos de los infusorios una especie de ontopsiquismo experiencial rudimentario, pues según el éxito positivo o negativo (*trial and error*) se enfocaría finalmente el plasmodinamismo; nosotros reservamos terminantemente tales funciones de experiencia individual a los órganos nerviosos superiores y en las amibas no existen ni los inferiores (!); para algo debe servir el estudio morfobiológico estructural. Igual error cometen los psicólogos Lamarckianos, que admiten la formación de actos instintivos por la « automatización » de aquellos anteriores activamente aprendidos; esto es completamente imposible, porque con esa teoría resultaría que todos los seres han ido para atrás en su evolución neurodinámica. Para algunos (los parásitos, por ejemplo) no hay duda de tal involución, pero para todos los otros no hay ninguna prueba al respecto. La confusión se explica por la analogía de los « hábitos automatizados » individuales con los actos primitivamente instintivos, pero el dinamismo de ambos es fundamentalmente distinto. La naturaleza consigue muchas veces idénticos fines por distintos caminos. Nosotros sostenemos, entonces, que los instintos no son « aprendidos », como tampoco nadie ha

aprendido la asimilación, y sin embargo todos los seres la practican; es que en todas esas « sabias » teorías psicológicas no hay sino « antropomorfismo » y culto excesivo de la individualidad; pero muy por encima de todo eso están, por suerte, las leyes orgánicas evolutivas, que apenas adivinamos.

Las reacciones instintivas podemos clasificarlas en la siguiente forma (modificada según Ziegler):

a) *Trofofilácticas*: esconder los alimentos, hacer depósitos de reserva, hacer telas y otras trampas cazadoras, etc.;

b) *Ontofilácticas*: refugiarse en cuevas y sitios oscuros, hacerse el muerto, practicar la autotomía, etc.;

c) *Higiénicas*: limpiar el nido, cazar los insectos, comer la placenta, etc.;

d) *Germinofilácticas*: juegos y cantos amorosos, vuelos nupciales, lucha de machos, nidificar, esconder la cría, poner los huevos en sitios donde encuentren las larvas su alimentación, etc.;

e) *Sociofilácticas*: unirse en familia y majadas, emprender migraciones, educar la cría en vuelo, cacería, carreras, dar gritos de alarma, etc.

También el hombre conserva muchísimos instintos y los practica abiertamente, especialmente como niño: el impulso del juego, de la imitación, de la curiosidad, del dominio de los demás, de adornarse, de cantar, de exhibirse como fuerte, etc., no será necesario agregar que en estado adulto sólo sabemos « disimular » muchas veces tales instintos « hereditarios » de la especie *homo sapiens*; la inclinación al otro sexo, los celos, el amor materno y paterno, la persecución cruel del enemigo, la envidia ante actos sobresalientes del prójimo, etc., son « formas adultas » de la instintividad humana. Lo esencial en todo esto es que no necesitamos « aprender »

absolutamente nada : tales dinamismos se forman y aparecen espontáneamente, cuando la constelación bicondicial que los caracteriza, como ya hemos analizado, se presenta : no necesitan sino disposición preparatoria interna y estímulo externo.

Si los dinamismos filopsíquicos, reflejos e instintivos, nacen junto con nuestra organización somática, en cambio los ontopsiquismos necesitan sino para originarse, por lo menos para su maduración y función, el ejercicio y aprendizaje personal antecedente. Si un hombre nunca ha podido usar sus centros corticales (p. ej. : el sordomudo, los acústicos, el ciego de nacimiento, los ópticos), éstos permanecen rudimentarios y no llegan al desarrollo completo ni reaccionan a ningún estímulo, seguramente porque la actividad estimula su circulación sanguínea y con eso su nutrición. La adquisición y perfección por experiencia individual prolongada caracteriza entonces los actos psicodinámicos corticales en contra de los filodinamismos. Sobre el origen del órgano cortical ya hemos hablado (ver Neurobiología genética); ignoramos aún las causas de su aparición y perfeccionamiento y sólo podemos suponer que cierto exceso de material neuroplastico, en relación con un mayor aflujo de estímulos olfativos, haya dado el primer impulso para la formación de un « órgano conmemorativo olfativo », y que su influencia poderosa en la mejor adquisición de alimentos, de compañeros, de refugios, etc., haya producido mayor irrigación sanguínea en el « arquipallium » del rinencefalon, sobrando así material para los demás centros gnósicos y práxicos. Faltando entre los réptiles y mamíferos inferiores numerosos tipos intermedios de transición, existen grandes lagunas entre el período inicial de una corteza amónica prerreptiloide y reptiloide y el tipo ya altamente perfeccionado gnósico completo de los

mamíferos marsupiales. Generalmente, se acepta que esas adquisiciones sucesivas de elementos corticales se hayan conseguido por esfuerzos de los individuos adultos, los cuales hayan heredado después sus ganancias a la descendencia, pero, desgraciadamente no es tan sencilla la solución del problema ; es imposible tal suposición, porque la corteza cerebral adulta es incapaz de multiplicar su material celular (que sólo hasta el cuarto mes intrauterino se divide, aumentándose como hemos visto), la teoría es sólo uno de los tantos « sueños antropomorfos » humanos, y su solución hay que buscarla, por lo pronto, en el material germinativo mismo y sus leyes evolutivas (o sea antes del cuarto mes fetal), como veremos en el próximo capítulo.

Lo que caracteriza en primer lugar todos los neurodinamismos corticales es que ellos permiten, por su influencia amplificativa del campo y tiempo de acción, una *variación* mayor en las reacciones del organismo : frente a un estímulo para un plasmopsiquismo no hay sino una reacción posible tropística ; para un filopsiquismo hay ya variaciones mayores posibles según el estímulo, y su intensidad se extiende a la reacción refleja sobre una parte o sobre todo el organismo ; la reacción instintiva depende también, fuera del estímulo ambiente, de condiciones endógenas, y su organización ya permite reacciones seriadas, más prolongadas que las reflejas momentáneas ; en las reacciones instintivas, afectivas y mímicas, finalmente, se exteriorizan cargas interiores que condicionan constelaciones neurodinámicas prolongadas, favorables para la ejecución de determinadas reacciones ofensivo-defensivas de valor biofórico (1), pero todas esas mani-

(1) También en los niños reconocemos todavía tales reacciones afectivo-

festaciones reactivas filopsíquicas son, en su sistematización rígida, mecánica y monótona, de una invariabilidad absoluta, y los organismos son sus esclavos ; el reflejo inexorable manda imperiosamente en todas ellas y no hay apelación posible ; esa « ley brutal, inapelable del acto reflejo-instintivo » es, naturalmente, en la mayor parte de las constelaciones ofrecidas, de utilidad para la especie (por eso el dinamismo se ha fijado), pero no faltan las excepciones, cuando el individuo le paga un tributo letal (por ejemplo, cuando la abeja se defiende con el aguijón, cuando los machos, en muchos insectos, cumplen sus instintos sexuales, cuando la golondrina busca el nido incendiado o estrella su cabecita en los cristales del faro luminoso, etc.). Recién con la aparición formal de las reacciones corticales dirigentes de los ontopsiquismos cambia esto, y el individuo gana « libertad de acción », naturalmente no ilimitada sino circunscripta por el radio de su experiencia ; se le ofrecen ahora posibilidades de *variación* en sus actos en tres direcciones :

- a) Variación por actos de ensayo casual positivo o negativo ;
- b) Variación por actos de elección afectiva ;
- c) Variación por actos de intención intelectual.

La primera forma de « variación reactiva » al azar, la ejecutan especialmente los animales superiores, pero también el hombre, cuando se encuentra en situaciones nuevas. Si la comadreja persigue las gallinas en un gallinero nuevo y si el sabio experimenta un cuerpo químico desconocido, ambos

mímicas ancestrales del rechazo violento (llanto expiratorio, boca caída, cerrada, ojos apretados en la tristeza) y de la aceptación jubilosa (risa inspiratoria, boca abierta, ojos grandes, brillantes, de alegría), y los adultos todavía muestran su diente « canino » al adversario odiado como rudimento de la « bestia humana ».

proceden por acciones surtidas, de pruebas repetidas en todas las direcciones posibles ; éxito y error en sus ensayos decidirán sobre la reacción definitiva. Sin atención y memoria no se puede, naturalmente, ejecutar tales actos especulativos del *trial and error* ; ellas son funciones corticales principalmente de naturaleza gnósica. Todas tienen, además, su estado afectivo inherente, sea hambre a huevos o descubrimientos científicos, el organismo desea una ganancia asimilable, y la explotación sistemática de las posibilidades se la dará.

La segunda forma varía ya la reacción en determinada dirección, y no en todas aplicables ; evocando constelaciones anteriores análogas remanentes, que resultaron favorables y trajeron así estados afectivos agradables al organismo, el individuo elige, por analogía afectiva, reacciones determinadas, ya probadas con éxito, y llega así a satisfacer su deseo. Si un perro quiere salir a la calle empieza a correr hacia la puerta ladrando, y si el hombre quiere ganar dinero vendiendo diarios, irá él a la calle gritando, avisándolos ; ambos proceden por determinadas experiencias hechas ya anteriormente y fijadas, y en su « reproducción » ellos ya prevén el estado satisfactorio afectivo que la ejecución repetida del acto elegido les proporcionará (ver en el volumen II el proceso del amaestramiento y de la imitación).

La tercera forma es una reedición « purificada » de la segunda, distinta sólo por la elevación del estado afectivo al interés científico, estético o ético, y por la previsión en la « extrapolación » más precisa de los medios de ejecución. También aquí satisfacemos estados de sentimiento, pero la elección de la reacción es ahora « intencional », tiene una « finalidad » claramente reconocida. Creemos generalmente que sólo el hombre es capaz de proceder así, por tratarse esencialmente

de actos seriados, que solo la memoria privilegiada del hombre (quizá también de los primates antropomorfos?) es capaz de prestar. Las actas a este respecto no están aún cerradas.

En todas esas formas de « variar reacciones » interviene, dirigiéndolas, un proceso especial cortical, que llamamos el « pensamiento ». Esta función suprema intelectual consiste entonces en la intervención *reguladora* entre constelaciones estimulantes (exteriores e interiores) y reacciones variadas y adaptadas en la forma más favorable al organismo; reconocemos claramente un principio neurodinámico « simetrio-fórico ». Pero esa « función del pensar », que representa entonces la culminación del principio regulador plasmopsíquico elemental, resulta ser un dinamismo complexísimo de « ondas gnósicopráticas », que en variadas y nuevas direcciones reúne o disocia esos complexos dinamos, eliminando sus contradicciones (lógica), hasta que finalmente una tendencia del dinamismo, caracterizada por el estado afectivo más biofórico, momentáneamente domina la situación y decide la elección de la reacción ansiada; también la función del « pensar » se descarga con un acto motor o secretor. El pensamiento, esa seriación biofóricamente orientada de ritmos microdinámicos acoplados compuestos cada uno por complexos psicodinámicos gnósicopráticos lógicamente reunidos, representa, como las islas en el océano, sólo en su « capa suprema », lo que llamamos « actos conscientes », « culminantes », sólo una mínima parte superficial sobrepasa ese límite y se nos manifiesta en entonación psíquica típica; toda su base dinámica, su « macizo », se arraiga perdiéndose en los abismos subconscientes de los psicodinamos preconscientes; de ella lleva una « zona de transición », justamente al nivel del límite con los vértices de la capa cul-

minante; así es que dividimos la *onda intelectual* en tres zonas escalonadas: la inferior o máxima, basal o radical, nos es totalmente ajena en su entonación y representa el laboratorio donde se orientan y surten todos los dinamos corticales; la zona « intermediaria », de transición cortísima, representa el pensamiento en *statu nasciendo*, antes de que éste se formule en simbolias precisadas del lenguaje: es el « pensar sin palabras », gnósicoprático inmediato (1); y la tercera es recién el resultado, el pensamiento redactado en palabras, figuras y fórmulas, ya sea en forma microdinámica (lenguaje interno) o macrodinámica (lenguaje exteriorizado). Hemos insistido algo en esta constatación, porque la psicología suele pasar silenciosamente sobre la relativa insignificancia del pensamiento como « función consciente »; también esa suprema manifestación del psiquis humano nace directamente de las fuentes genuinas neuroplasmáticas y sus ritmos seriados asimiladores-desasimiladores-trofoplasmáticos, que no son ni más ni menos misteriosos que cualquiera otra función vital: *pensar es vivir intensamente*, es la elaboración sintetizante de lo pasado con lo presente para proyectarlo hacia lo futuro en provecho de individuo y especie.

### 8. *El problema de la herencia neurodinámica*

Admitimos generalmente que los hijos heredan de sus padres no sólo las condiciones orgánicas de su constitución física (los caracteres del biotipo humano), sino también sus cualidades intelectuales, afectivas y volitivas; afirmamos co-

(1) Lo ejecutan preferentemente los niños y los genios en sus « creaciones », pero también los animales lo deben practicar.

rrientemente, por ejemplo, que tal hijo tiene los ojos de su madre, el oído musical de su padre, la excelente memoria de su abuela y ciertas expresiones orales del abuelo, etc. Suponemos entonces, tácitamente, que esas cualidades se pueden transmitir directamente de padres a hijos y ello por medio de las células sexuales (gametas), que encierran dicho « patrimonio hereditario » en una forma desconocida todavía. Si uno de los ascendientes (padre, abuelo, etc.) se distinguía por su talento especialmente, no dudamos de que esa calidad pueda ser transmitida también directamente a sus descendientes, si bien sabemos que no es forzosa tal herencia. Aristóteles ya nos enseñaba que el hijo hereda de la madre la materia de su cuerpo, del padre la energía orgánica; y según Schopenhauer heredamos del padre la voluntad y, según Goethe, de la madre el sentimiento; pues bien, todo lo que hemos hasta ahora referido respecto de la herencia orgánica como creencia universal o como dogma autorizado es completo y radicalmente falso. No heredamos de los padres, como individuos, directamente nada, pero sí de su plasma germinativo, conforme nos lo enseña la biología genética moderna, lo que es algo muy distinto. De los padres recibimos, ciertamente, ese material, que no representa sino un « depósito » que tenían en custodia. Si el hijo hereda el oído musical, no lo recibe del padre, que, como individuo, tenía igual talento, sino que éste proviene de la disposición directa del plasma germinativo, y era natural de que también el padre tenía el talento, pues él derivaba del mismo germinoplasma familiar. El individuo funciona entonces sólo como buen o mal cuidador del depósito germinativo, pero no puede él, de ninguna manera, influir sobre la « constitución genotípica » de tal patrimonio. Esto lo comprueban todos los

experimentos biológicos, y no existen pruebas valederas en contrario. Si en el individuo portador del germinoplasma falta alguna « componente hereditaria », él por más esfuerzos que haga no podrá cambiarlo, porque el valor genotípico del germa no está a merced de la organización somática individual; el germa puede destruirse, debilitarse, robustecerse simultáneamente con el soma, por intoxicación, nutrición insuficiente o satisfactoria, etc., pero no puede *variar* en su constitución, no puede agregar, cambiar o quitar nada a sus factores y su combinación en un individuo. De los padres y su constitución somática no heredamos entonces nada; sólo como « administradores » del germa, del cual nacemos todos por igual, tienen ellos relación indirecta con nosotros. Tampoco es exacta la observación sobre diferencias, en cuanto a la herencia materna o paterna; heredamos por igual de padre y madre; ambos germinoplasmas son homodinámicos, y si en la maduración individual algunos factores se ligan más con el sexo masculino o femenino, ello depende también del acoplamiento germinativo de los factores hereditarios (sexu-acoplamiento) en sí y no de su origen paterno o materno.

El material hereditario de ambas gametas (su equipo cromosómico haploide) pasa por su copulación al carioplasma de la cigota, la que encierra entonces en su aparato cromosómico dos equipos completos que representan el material formativo del nuevo individuo: su soma, como su plasma germinativo (su germa). Por esto, en cada célula ovular fecundada tenemos que distinguir dos porciones plasmáticas derivadas del germa de los padres, la *individuoformativa* (o *somatógena*) y la *germinofomativa* (o *germinógena*) y entonces se nota fácilmente la importancia biológica de ese concepto científico, porque resulta así que el material hereditario

que en el hijo formará su constitución psicofísica somática deriva necesariamente de un plasma germinativo no diferenciado e intacto de los padres, y en la misma forma tal hijo legará igualmente un germa primitivo, virgen y no gastado, a su descendencia; lo cual, si derivara del plasma somático paterno, ya resultaría contaminado, usado e imperfecto. Gastando ahora el individuo sus energías físicas y neurodinámicas en la lucha por la vida, sin embargo su energética germinativa quedará fresca e íntegra para una futura evolución de sus descendientes. La porción somática y germinativa del plasma, en el individuo, tienen relaciones tróficas recíprocas entre sí muy notables, pero en su constitución íntima misma ellas permanecen separadas e independientes. Este concepto gérmino-somático se ha elaborado poco a poco recién en los últimos decenios por Galton, His, Weismann, Johansen, etc. (1).

Puesto esto en claro, podemos dirigirnos al estudio de la herencia neuroplasmática del individuo. Su capital es, naturalmente, orgánicamente preformado en la porción « somatogena », individuo-formativa del material heredado, y de hecho resultan ahora dos problemas distintos: el primero, referente al dinamismo hereditario y sus condiciones de transmisión y desarrollo del neurodinamismo individual (fase ontogénica del problema neurohereditario); y el segundo, mucho más complicado todavía, que se dirige al estudio de los factores hereditarios neuroplasmáticos, su dinamismo y maduración en el plasma germinativo destinado a los neuro-

(1) No faltan adversarios de esa concepción, pero casi todos son ajenos a los estudios respectivos biogenéticos, o parten de teorías preconcebidas. Lamareckistas que no pueden renunciar a sus ensueños antropodinámicos.

dinamismos de las futuras generaciones (fase filogénica del problema heredofilogénico); y que se efectúa en la más profunda subconciencia orgánica germinativa de las especies y no podemos afirmar casi nada de positivo sobre su proceso hereditario, mientras que, respecto del primero, heredoontogénico, tanto la observación metódica y estadística como la experimental, ya posee algunos conocimientos; si bien es cierto que el tiempo para llegar a una teoría regularmente satisfactoria, parcial o general, no podemos preverlo todavía. Es claro que según la jerarquía del individuo varía también su constitución neurogerminoplasmática, y exactamente como admitimos como portadores de las energías germinativas las biomoléculas especialmente supervalorizadas (germinobiomoléculogénes), podemos provisoriamente también aceptar para los neurodinamismos la existencia de neuromoléculas germinativas como en el germen humano, por ejemplo, serían los portadores de sus calidades plasmó, neuro y psicodinámicas; ignoramos en qué cantidad, forma y variación se encuentren esas neurogérminomoléculas o agrupaciones de ellas (neurogenes) representadas en la cigota, pero el experimento biológico podrá, poco a poco, analizar también la « fórmula constitucional » de esos genes, así como para otros factores somáticos (color, forma, pelos, etc.) lo ha logrado en parte.

Estableceremos ahora algunos hechos generales respecto de la herencia neurodinámica.

1° La gran semejanza entre la organización neurodinámica de padres e hijos se explica, conforme he expuesto, por la constitución neurogénica uniforme del plasma germinativo del cual ambos descienden (constitución isogénica de ambos). Cada hermano es, sin embargo, algo distinto del otro en su constitución genotípica (combinación diferente);

2° Cada individuo sólo realiza, en su constitución neurodinámica somática, una parte de su patrimonio neurogerminativo, así es que no hay congruencia entre ambos fenómenos. Individuos de igual constitución neurosómica pertenecen al mismo *neurofenotipo*, los de igual constitución neurogerminativa serían del mismo *neurogenotipo*; pero éstos sólo son límites conceptivos entre los cuales hay variaciones ilimitadas;

3° Las variaciones neurodinámicas que en el hombre distinguen un individuo de otro, dependen de tres causas fundamentales:

a) Estímulos exteriores o condiciones interiores diferentes *modifican la realización* uniforme de los neurogenes en el individuo (variación neurodinámica somática, *somato-variación del neurofenotipo*, sin alteración del neurogenotipo);

b) La combinación y mezcla del material neurogerminativo paterno y materno, que en cada individuo es algo distinta (nota neurogénica personal) de cualquier otro tipo emparentado, produce una constitución genotípica variada (*zigo-variación*, mixo-variación neurodinámica);

c) En la constitución genotípica pueden aparecer espontáneamente, es decir, sin causas aparentes, cambios regresivos o progresivos, o reactivos de los neurogenes de origen endógeno o exógeno, que producen *mutaciones neurodinámicas (gérmino-variaciones)*;

4° Calidades neurodinámicas nuevas, adquiridas por los padres (su neurofenotipo) individualmente no se transmiten a los hijos; las somato-variaciones neurodinámicas no se pueden heredar, porque ellas no modifican el neurogerminoplasma;

5° Las zigo-variaciones y gérmino-variaciones neurodiná-

micas se heredan, porque el asiento de las variaciones es entonces el neurogerminoplasma (el neurogenotipo);

6° Por su origen digénico, todos los hombres son, en su constitución genotípica, « hetero-zigotas », es decir, los respectivos pares de neurogenes (llamados « alelomorfos »); para cada factor hereditario son generalmente desiguales y no iguales (homo-zigotarios);

7° De factores neurogerminativos paternos o maternos homólogos pero diferentes (hetero-zigotas) puede, según la regla de Mendel (1), en la primera generación filial (en el fenotipo), *dominar* el uno sobre el otro (recesividad del latente), pero en las generaciones siguientes ellos aparecen otra vez. Los factores neurodinámicos (neurogenes) no se pierden entonces, por su latencia pasajera, en una o más generaciones sucesivas;

8° Los factores neurodinámicos germinativos (neurogenes) se pueden combinar en la forma más variada y pueden así también originar, cuando se trata de varios, nuevas *combinaciones neurodinámicas* (nuevas combinaciones neurogenotípicas);

9° Sobre el origen y posibilidad de nuevos factores neurogerminativos (neurogenogénesis) poco se puede enunciar por lo pronto (combinaciones y reacciones felices, acumulativas de los genes, intervendrán en ello).

Revisaremos, ahora, guiados por esa introducción orientadora muy resumida, los hechos conocidos de la herencia neurodinámica normal y patológica humana; ellos se refieren, generalmente, a ciertas calidades diferenciales constantes, porque eso permite una mejor observación prolongada en se-

(1) Ver respecto de esas leyes biológicas hereditarias fundamentales: CHR. JAKOB, *Biología*, tomo IV, página 614.

riaciones de descendientes, única forma que garante deducciones de cierto valor. Veremos, primero, la herencia de factores morfológicos, después fisiológicos y fisiopatológicos.

Así se heredan constantemente el tipo *doliquencefálico* cerebral entre los pueblos del norte (los angloescandinavos) y también en los negros, y el *braquiencefálico* (1) entre los pueblos romanos, mediterráneos; en cruzamiento entre ambos domina el braquiencefálico o mesencefálico (observación personal).

Respecto del tipo *eurigirencefálico* y *estenogirencefálico* parece dominar el primero en las razas primitivas, el segundo en las superiores; sobre sus combinaciones faltan datos. Sobre la herencia de determinados tipos de desarrollo de circunvoluciones en familias o razas, de surcos normales o atípicos, de estructuras cito y mieloarquitectónicas especiales nada se ha constatado todavía, pero sin duda alguna existen al respecto relaciones hereditarias constantes e importantes en descendientes isogénicos.

Si un peso cerebral, grande o pequeño, se transmite en ciertas familias o tribus, tampoco lo sabemos (2). En cambio conocemos numerosas observaciones sobre la herencia de determinadas formas de los órganos de los sentidos en la herencia familiar (ojo, nariz, labio, oreja, etc.) y si esto obedece a reglas hereditarias, con más derecho podemos pos-

(1) Doliquencefalia, braquimesencefalia: cerebro largo, corto, intermedio. Euriestenogiria: tipo de circunvoluciones angias y estrechas. La significación biológica de esas variaciones cerebrales, que influyen secundariamente sobre el cráneo, la ignoramos todavía.

(2) Pesos muy grandes tenían: Schiller 1785 gramos, Cuvier 1861, Jurgenjew 2012, Cromwell 2231 gramos. Siendo el peso normal del cerebro masculino de 1350 a 1450 gramos y del femenino 100 gramos menos.

tularlas para los órganos centrales. Citaremos el « labio de los Habsburgos », que desde Rudolfo (1350) se transmitió en esa familia hasta el actual rey de España; la nariz aguileña de muchas familias, la nariz semita, etc., atestiguan la constancia y durabilidad de esas « genes ».

Más datos nos aporta la herencia neuropatológica; en enfermedades oculares especialmente se conocen más de 100 diferentes afecciones hereditarias familiares como ser daltonismo, albinismo (1), la hemeralopia, miopía, astigmatismo, nistagmo, atrofia óptica, retinitis pigmentaria, catarata, etc.; naturalmente, esto interesa al médico en primer lugar, pero también a la neurobiología igualmente, porque de ese estudio hereditario resulta que para la herencia del ojo normal se necesita el concurso de muchos genes, que si faltan o degeneran producen los mencionados defectos « congénitos ».

Para la forma externa de la nariz se conocen ya cuatro diferentes genes; para el ojo deben ser muchísimos más. En cuanto al oído existe especialmente la forma hereditaria de la sordomudez, que es notablemente frecuente en familias consanguíneas de padres (muy común entre judíos); se comprende que si un neurógeno es defectuoso en uno de los padres, podrá ser substituído por el alelomorfo sano del otro contribuyente, mientras que, en caso de casamientos consanguíneos, aumenta la posibilidad de que por ambos genes atacados la herencia neuropatológica se haga forzosa (¡prohibición médica de tales casamientos!); esto pasa igualmente para

(1) Para este albinismo ocular, como para la hemofilia hereditaria, rige el hecho de que, generalmente, sólo los hombres se enferman; pero las mujeres no atacadas (en su fenotipo) transmiten la enfermedad a sus hijos nuevamente (latencia heterocigotaria).

la amaurosis idiósica y muchas formas de la epilepsia, imbecilidad, histerismo y psicastenia. Otras enfermedades hereditarias nerviosas son las distrofias musculares, las paraplegias espasmódicas familiares, las heredoataxias combinadas espinales y cerebeloso-pontinas, y el ejército de los degenerados psíquicos, etc. A nosotros ellos interesan por la indicación de los neurogenes normales que deben concurrir para el neurodinamismo fisiológico del hombre. Pero no sólo la falta del genes, sino también la disminución de su energía vital produce alteraciones hereditarias, que se manifiestan en una resistencia debilitada de los neurodinamismos frente a estímulos adversos (lucha por la vida), de intoxicaciones (alcohol, morfina, cocaína), de infecciones (difteria, sífilis, tuberculosis). En tales circunstancias degeneran los elementos nerviosos precozmente, y la función armónica neurodinámica queda gravemente perjudicada, especialmente para las funciones sociales (formas asociales y antisociales).

En cuanto a herencia psicofisiológica, son universalmente conocidas las generaciones de familias musicales (Bach, Strauss, Mozart, etc.), pero la complejidad enorme de tales genes no ha podido ser subordinada aún a reglas « psicohereditarias », las que, seguramente el hombre sabrá elaborar más adelante, cuando se haya dado cuenta de que de ellas depende su porvenir orgánico, y con el cual el *homo sapiens*, en la actualidad, se permite jugar como un niño imbecil, *homo insipiens*.

Que una *eugenia neurobiológica* futura necesitará y aprovechará el concurso de esas investigaciones salta a la vista; de esto no podemos ocuparnos aquí (véase el volumen II).

## CAPÍTULO VII

### Elementos de neuro y psicopatología

Los fenómenos neurodinámicos, como todas las manifestaciones vitales, presentan sus variaciones individuales en intensidad y resistencia; *fisiológicas*, llamamos a aquéllas cuando llenan sus funciones de acuerdo con el tipo promedio de un grupo orgánico que así se conserva y progresa; *patológicas*, cuando distan de tal eje central en mayor o menor grado hacia arriba o abajo; estas reacciones, excesivamente alejadas del promedio fisiológico, pueden finalmente ser incompatibles con la vida (*letales*). La zona de transición entre lo fisiológico y patológico, que entonces no establece un límite preciso, llamámosla de los *tipos fronterizos o degenerados* (desequilibrados psicopsíquicos).

Enfermizo es, entonces, un neurodinamismo cuando éste excede tanto del tipo normal fisiológico que el dinamismo vital, somático y germinativo, se perjudica, sea en su nutrición, en su estructura y función, peligrando la organización del biotipo y su poder germinativo.

Como lo patológico resulta así sólo una variación excesiva de lo biológico, el estado neuropatológico, en sus elementos, pertenece a nuestro tema, y ya en la introducción histórica hemos constatado los grandes beneficios que ese método ha

traído a la neurobiología moderna, pues dos terceras partes, sino más, las debemos a él (ver localizaciones, conducción, dinamismos corticales, subcorticales, psicoanálisis, etc.). Es que la neuropatología en el hombre tiene el valor de un experimento que en nosotros hace la naturaleza, provocando reacciones y procesos que nos son de profunda enseñanza, sobre todo cuando analizamos comparativamente causas, alteraciones morfológicas y efectos neurodinámicos en su correlación biológica.

La patogenia neurodinámica se reduce, conforme a su papel biológico, a dos grandes grupos: causas *endógenas* (germinativas) y causas *exógenas* (del ambiente) influyen en ella en combinaciones variadísimas; en el primer caso hablamos de *alteraciones hereditarias* (idiocías, procesos psico y neurodegenerativos, enfermedades familiares, tumores, etc.), y en el segundo de *alteraciones adquiridas* (tóxico-traumáticas, químicas, intoxicaciones y simbióticas, infecciosas, parasitarias).

En cuanto a la localización, distinguimos afecciones de los sistemas periféricos (nervios, músculos, ganglios, raíces) y centrales (espinales, bulbares, cerebelosas, mesencefálicas, diencefálicas y hemisféricas), y en el cerebro mismo distinguimos afecciones corticales, subcorticales y basales. Como numerosas afecciones (especialmente las infecciosas) llegan al cerebro y médula por los vasos sanguíneos, atravesando las meninges, se distinguen procesos primitivos (cerebro-espinales directos) y secundarios (sobre el aparato meníngeo-circulatorio).

En la evolución de numerosos procesos enfermizos nerviosos notamos una seriación típica de los síntomas de origen neurodinámico: al principio dominan los fenómenos

de excitación y recién después los de depresión neurofuncional. Síntomas de excitación son: dolores, hiperestésias, convulsiones, estado maníaco, alucinatorio, etc.; y de depresión son: indiferencia, anestesia, parálisis, estado melancólico, demencia, etc.

Hallamos después: alteraciones orgánicas (visibles con nuestros métodos) y funcionales (no apreciables); esta división carece de lógica pues, seguramente todas están relacionadas con algún grado de alteración estructural orgánica; en vez de esa clasificación «ingenua», se podría proponer, según el grado de dicha desintegración, la división en: desintegración estructural compleja, desintegración neuronal parcial histológica (células, fibras) y desintegración neuro-molecular (del bioquimismo), etc.

Especialmente interesante para nuestros fines es la división en lesiones de foco (síndromes topográficos) y sistemáticas (de haces y núcleos aislados o combinados, fig. 47).

La sintomatología especial de lesiones centrales motoras (vías córtico-bulbo-espinales, haz piramidal) se caracteriza por fenómenos espasmódicos, rigidez y hipertonía muscular, reflejos exagerados, tendencia a la contracción y atrofia funcional simple muscular, mientras que las lesiones periféricas (núcleoradículo-nervio-musculares) traen relajación, flacidez e hipotonía muscular, reflejos abolidos y degeneración parénquimatosa total de la fibra nerviosa y muscular.

Para las vías motoras y sensitivas espinales es de importancia el síndrome hemilateral de Brown-Sequard (cruzamiento espinal de vías térmicodolorosas), el poliomiélico (atrofia degenerativa muscular, areflexia), el siringomiélico (disociación sensitiva músculo-táctil y térmico dolorosa), y el tabético (cordón posterior y raíces) con hipestesias, ataxia,

hipotonía, areflexia, dolores radiculares (fig. 48); de los síntomas cerebelosos mesencefálicos, hipotalámicos, etc., ya hemos hablado (ataxia cerebelosa, temblores estáticos y dinámicos, hipertonías, etc.). Mayores detalles a este respecto daremos en el segundo volumen de esta obra.

Entre los síndromes hemisféricos distinguimos los capsulares, subcorticales y corticales; los capsulares son de adelante hacia atrás: disartria y disfagia (si la lesión ataca el segmento anterior bilateralmente), hemiplejía facio-linguobraquio-crural (rodilla y tercio anterior del segmento posterior), hemianestesia y hemianopsia (1) (encrucijada sensitiva).

Entre los síndromes de los lóbulos hemisféricos tenemos: el síndrome frontal, con apraxias, abulia, ataxia, afasia motor; el síndrome rolándico, con hemiplejía, hemianestesia, ataques convulsivos epilépticos parciales, monoplegías; el síndrome parietal, con hemianestesia, agnosia táctil, estereoagnosia (circunvolución supramarginal), alexia (circunvolución del pliegue curvo); síndrome occipital, con hemianopsia, agnosia óptica (ceguera psíquica); ceguera cortical (lesión bilateral); síndrome temporal, con sordera cortical (si hay lesión bitemporal), agnosia acústica, amusia, afasia sensitiva (sordera verbal); las agnosias olfativas sólo se producen por lesiones dobles del hipocampo, porque esos centros, así como los acústicos, reciben vías centrales aferentes homo y heterolaterales (directas y cruzadas); algo análogo a esa « representación » doble muestran los músculos

(1) La hemianopsia se puede producir por lesión de la bandeleta óptica, del segmento retrolenticular capsular y de la radiación óptica y corteza calcarina.

sinérgicos de la cara, boca, faringe, laringe, etc., que reciben vías aferentes directas y cruzadas (opérculo-bulbares).

De esa sintomatología cortical nos interesa aquí, sobre todo, el complejo capítulo de las afasias (fig. 49), apraxias y agnosias; ellas son siempre de origen cortical y nunca pueden producir las lesiones de los centros o vías infracorticales; su dinamismo deriva del engranaje microdinámico cronotrópico cortical y su alteración lesiona por eso la fase acumuladora del psicodinamismo; se trata, pues, de deficiencias conmemorativas o demencias parciales, que en su juego complicadísimo debemos ahora estudiar algo más de cerca (1).

A las agnosias (estudiadas por Wernicke, Monakow, Horsley, Dejerine, A. Starr, etc.) pertenece, por ejemplo, la « estereoagnosia », que consiste en la imposibilidad de reconocer un objeto tomado en la mano y sin haberlo visto. Intervienen para tal gnosia microdinamismos tactognósicos (tamaño), haptognosia (forma), kinesignosias (volumen, peso), termognosias (temperatura), etc., que para identificar el objeto (su gnosia) hay que evocar, reunir y condensar en un acto gnósico-sintético único, proceso en el cual deben vibrar unísona y simultáneamente todos los microdinamismos acoplados por la experiencia anterior, y correlacionados con los estímulos recibidos y contestados de la constelación actual; si algo falta en este intricado juego de condensación psicodinámica, trátase de alteraciones funcionales (químicas) u orgánicas (físicas estructurales), entonces

(1) Un estudio más detallado sobre el tema hemos presentado al Congreso de medicina de Buenos Aires (1910) sobre afasias y sobre apraxias-agnosias, en *Revista del Círculo médico argentino*, 1919, página 1266.

resulta la « agnosia », y el individuo, a pesar de sentir que algo tiene en la mano, no podrá decir si es una moneda o una bolita, es decir, existe la « estereoagnosia »; abriendo nuestro enfermo, « microdisdinámico », sus ojos, reconoce el objeto, si no tiene al mismo tiempo « agnosia visual » (traduciendo anatómicamente estos hechos ello ocurre si al foco supramarginal se agregó otro en el pliegue curvo y vecindad occipital).

Si en las agnosias se trata de microdisdinamias correlativas entre actos corticales cronotrópicos relacionados con la *noción* formal de objetos y calidades experimentadas, en las apraxias se trata de idéntico disturbio respecto de la correlación central de actos motores coordinados seriados, aprendidos para determinadas *intervenciones* del individuo. Las apraxias han sido mejor estudiadas últimamente (Heilbrunner, Liepman, Pick, Monakow, etc.) (1). La apraxia consiste en la imposibilidad de realizar determinado acto motor intencional o series de tales, por la imposibilidad de evocar y reunir los microdinamismos corticales, en los que se había condensado la elaboración durante el aprendizaje. Un apráxico no puede, por ejemplo, y eso sin estar paralizado, usar el cepillo, prender el fósforo, vestirse, tomar la lapicera, dar cuerda al reloj, etc., porque se ha olvidado de la seriación de movimientos necesarios para esos actos.

Respecto de la localización exacta de las apraxias, hay varias dificultades todavía, que derivan del hecho de que muchísimos actos no se ejecutan en un solo hemisferio sino

(1) Véase CHR. JAKOB, *La leyenda de los lóbulos frontales*, en *Semana médica*, números 49, 50 y 52, Buenos Aires, 1906.



Fig. 15. — Hemisferio con cara externa y mediana de un prosimio (*Cheiromys*) (original): *fr*, lóbulo frontal; *et*, central; *par*, parietal; *oc*, occipital; *tp*, temporal; *cc*, cuerpo calloso; *cal*, calcarina; *tl*, tálamo.

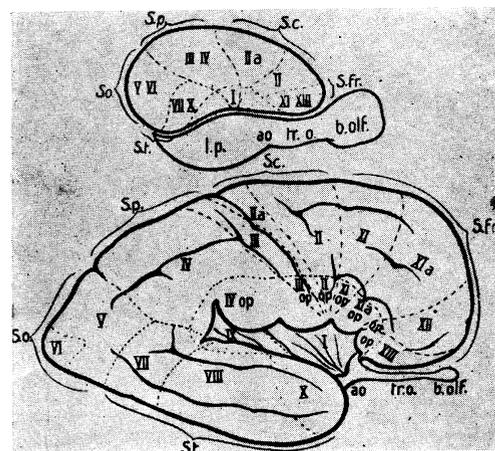


Fig. 16. — Comparación de las zonas corticales de la comadreja y del hombre (original): *Sfr*, sectores frontales; *Sc*, centrales; *Sp*, parietales; *So*, occipitales; *Sr*, temporales; *bolf*, *tro*, bulbo y tracto olfativo; *ao*, área olfativa; *lp*, lóbulo piriforme (gancho).

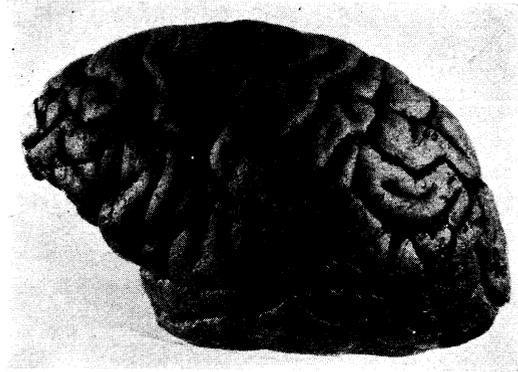


Fig. 17. — Hemisferio izquierdo de mono antropoide (chimpancé), cara externa (original) : (véase figs. 1 y 2)

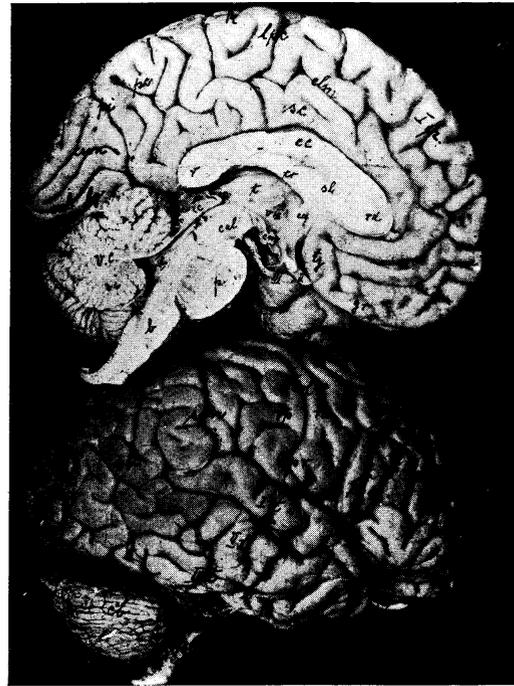


Fig. 18. — Hemisferio derecho humano, cara mediana y convexa (original) : para las leyendas ver las figuras 1 y 2; *cc*, cuerpo calloso; *sc*, cuerpo supracaloso; *ca*, comisura anterior; *t*, tálamo; *cal*, calota; *p*, protuberancia.

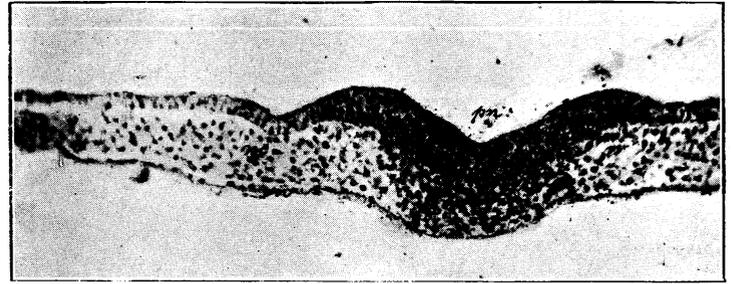


Fig. 19. — Corte histológico del área embrionaria de pollo, con línea primitiva (microfot. original) : *ec*, ectoblasto; *m*, mesoblasto; *en*, entodermis; *pn*, surco primitivo

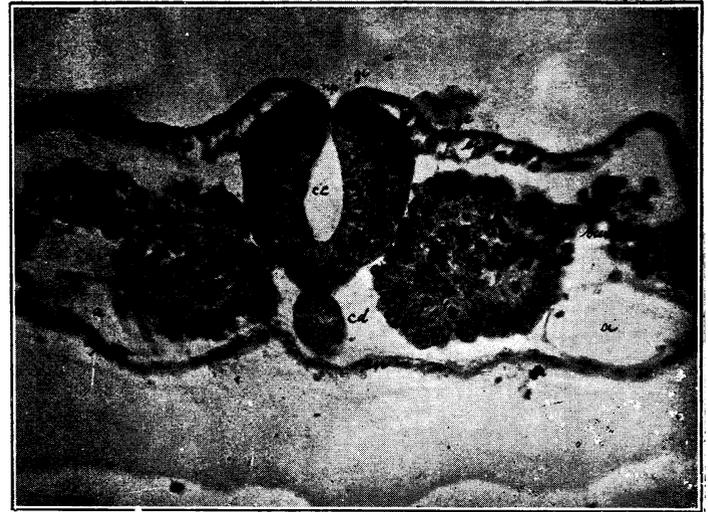


Fig. 20. — Canaleta medular del área embrionaria de pollo (microfot. original)  
*sm*, somito; *cc*, canal central; *np*, neuroporo; *cd*, cuerda dorsal

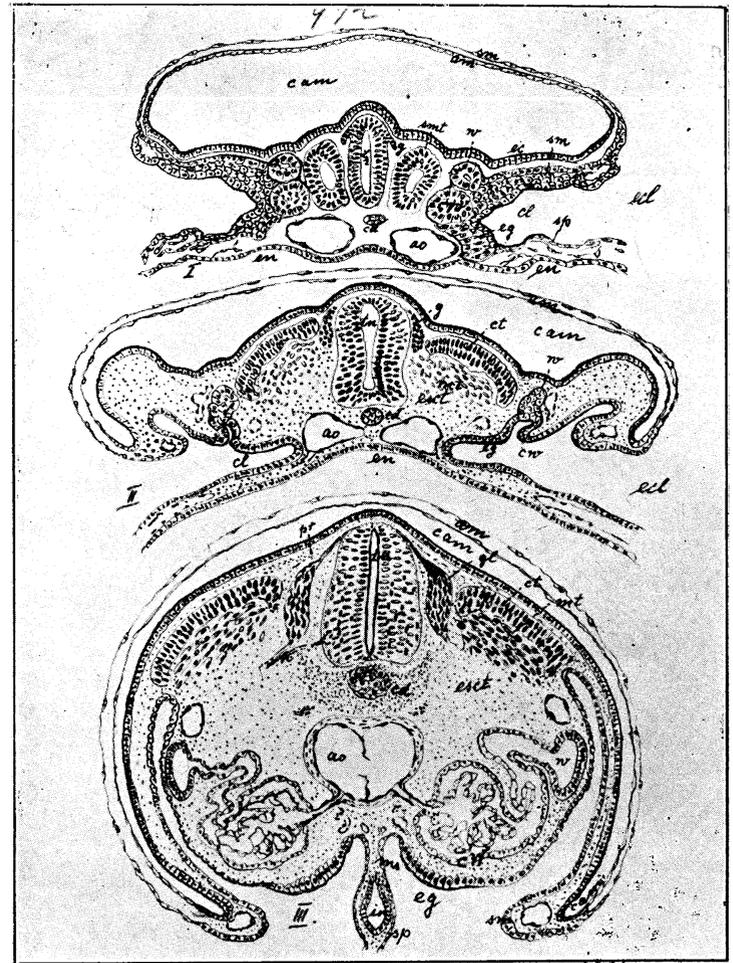


Fig. 21. — Tres cortes transversales de los períodos sucesivos de la formación embrionaria del tubo medular de un embrión de mamífero : *cam*, cavidad amniótica; *cl*, celomata; *tu*, tubo neural; *gl*, ganglio intervertebral; *cv*, canal de Wolff; *cd*, cuerda dorsal; *eg*, epitelio germinativo; *ao*, aorta.

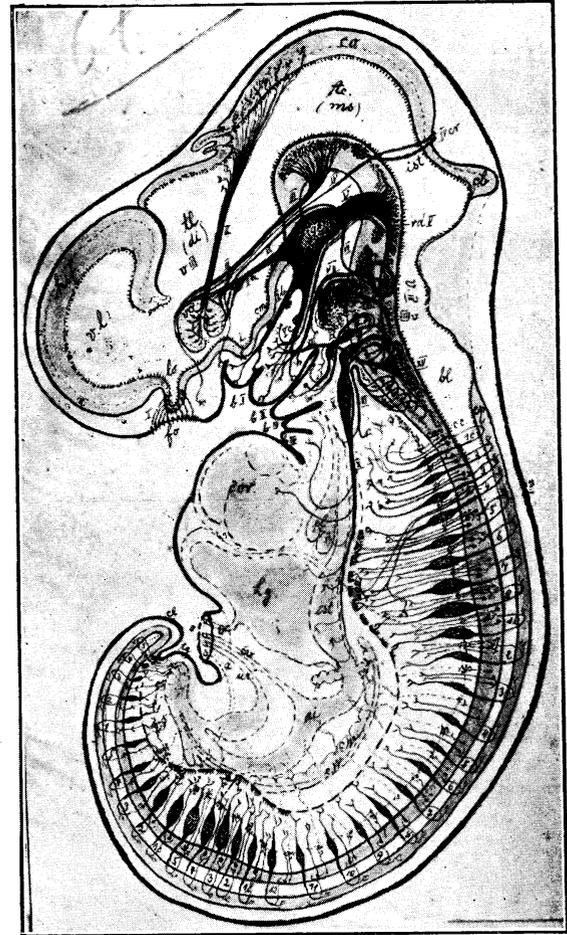


Fig. 22. — Esquema de la formación del tubo espinal y cerebral de un embrión de hombre (original): I-XII, nervios y ganglios craneanos; 1 a 8c, segmentos cervicales; 1 a 12d, dorsales; 1 a 5l, lumbares; 1 a 5s, sacros; 1 a 4c, coccígeos; hsf, vesícula hemisférica; di, diencefálica; ms, mesencefálica; ist, istmo; vIV, rombencefalon.

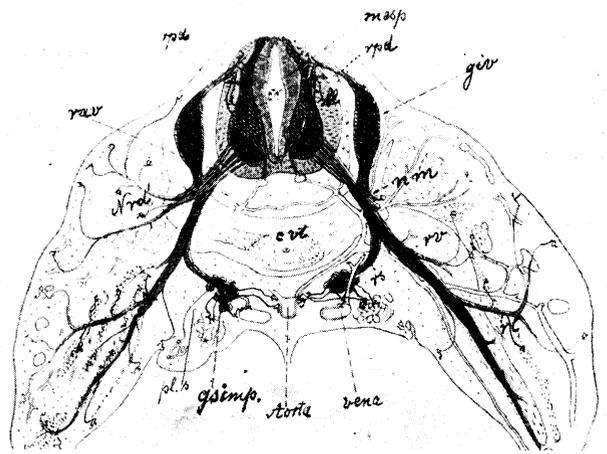


Fig. 23. — Médula, raíces y nervios periféricos (esquema): *rav*, *rvp*, raíces anterior y posterior; *cc*, canal central; *mesp*, epéndimo; *sbl*, sustancia blanca cordonal; *gsimp*, ganglio simpático; *giov*, ganglio intervertebral.

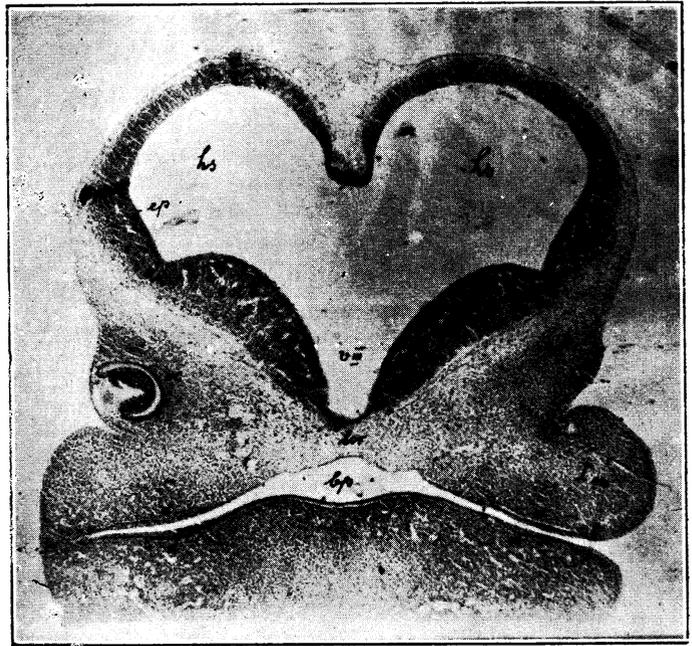


Fig. 24. — Vesículas hemisféricas embrionarias humanas en corte transversal (microfot. original): *ep*, epéndimo primordial; *est*, cuerpo estriado; *vIII*, ventrículo medio; *hs*, hemisferios; *bp*, cavidad oral, branquias, ojo, etc.

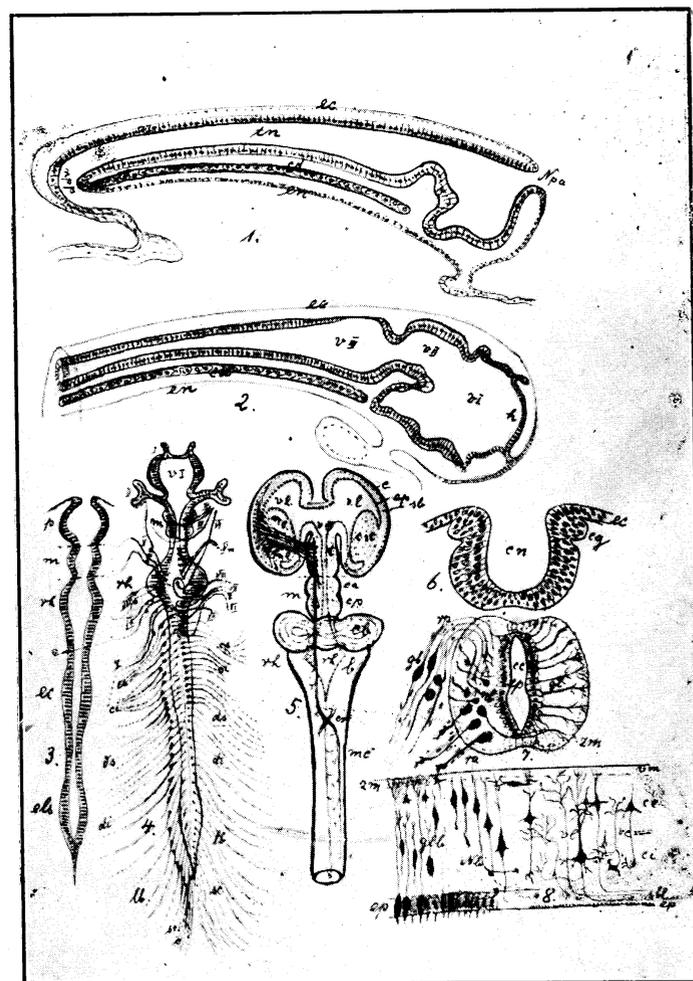


Fig. 25. — Esquema de la embriogenia del sistema nervioso (original): 1, tubo neural primitivo; 2, tubo cerebromedular cerrado; 3, vesículas cerebrales primitivas; 4, formación de nervios periféricos; 5, origen de vías centrales; 6, canaleta medular; 7, histiogenesis de raíces anteriores y posteriores; 8, histiogenesis de las células corticales.

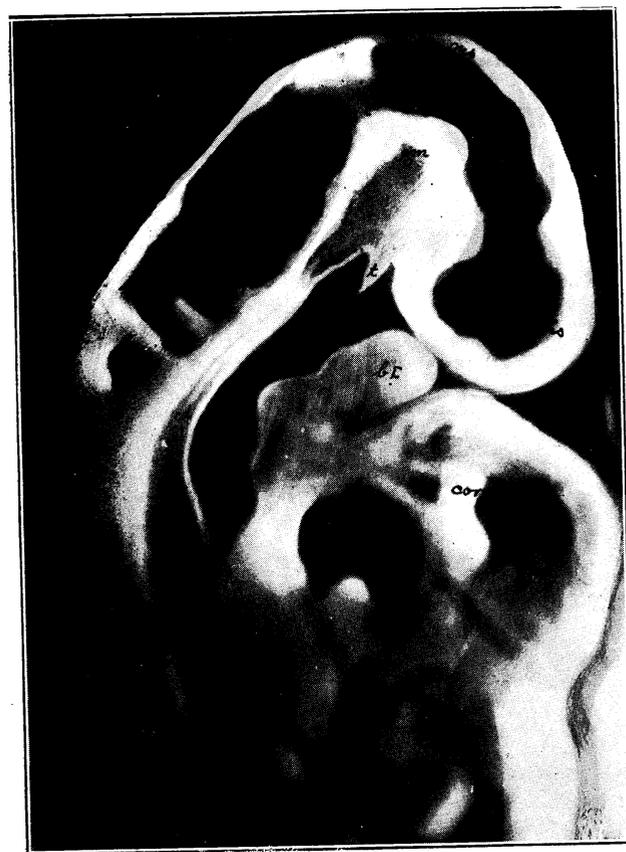


Fig. 26. — Vesículas cerebrales de un embrión de mamífero en corte mediano sagital (microfot. original) : *hs*, hemisferio; *ms*, mesencefalon; *t*, membrana esofágico; *bl*, primera branquia; *cor*, corazón.

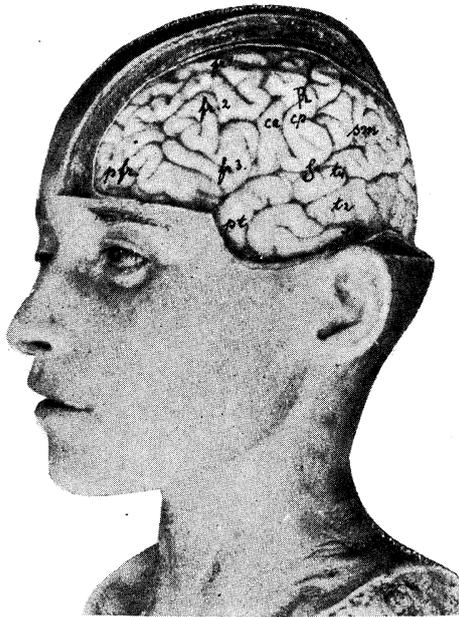


Fig. 1. — Hemisferio cerebral humano *in situ* (original) : R, fisura rolándica; S, fisura silviana; *pfr*, polo frontal; *fr¹, fr², fr³*, primera, segunda y tercera circunvolución frontal; *ca, cp*, circunvoluciones centrales anterior y posterior; *pt*, polo temporal; *sm*, circunvolución supramarginal; *t¹, t², t³*, primera, segunda y tercera circunvolución temporal.

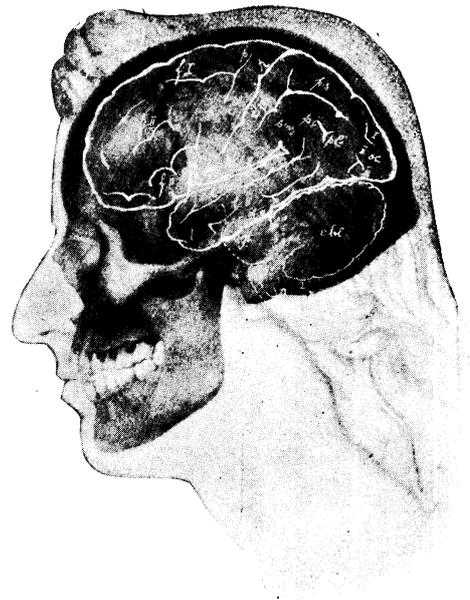


Fig. 2. — El cerebro humano en el cráneo (original) : *ps*, circunvolución parietal superior; *pl*, pliege curvo; *oc*, occipital; *chl*, cerebello; P, protuberancia (véase fig. 1).

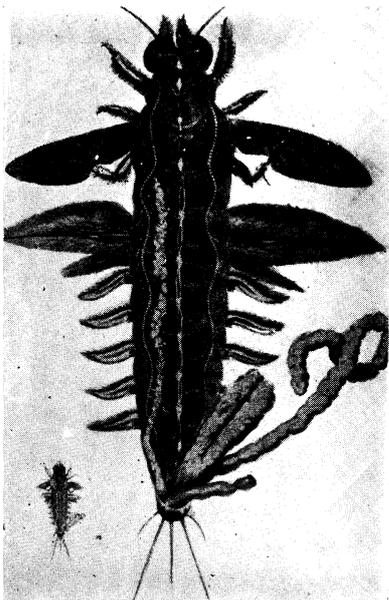


Fig. 3. — Sistema ganglionar de la larva de una efeméride por Swammerdan, *Biblia naturae*, 1670

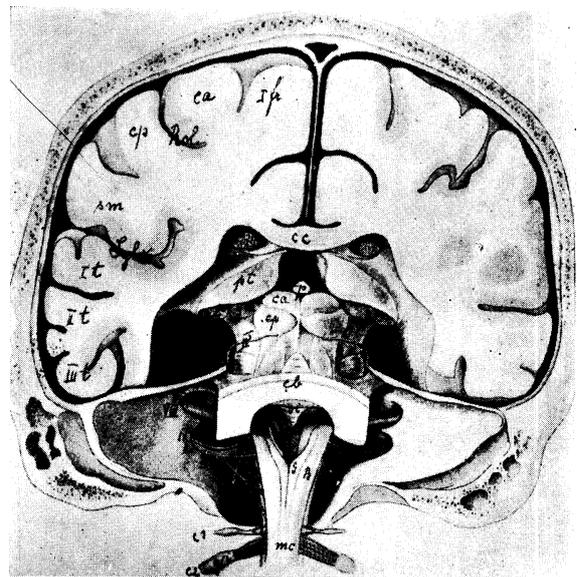


Fig. 4. — Topografía del cerebro humano y tronco encefálico, según Burdach, 1810 (compárese fig. 37) : *p*, glándula pineal; *ca*, *cp*, cuerpos cuadrigéminos anterior y posterior; *G*, *B*, núcleos de Goll y Burdach; *IV* a *XII*, nervios craneanos (véase figs. 1 y 2).

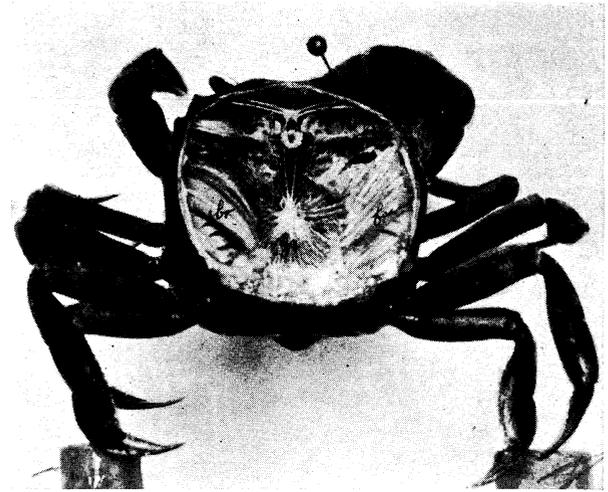


Fig. 5. — Sistema ganglionar de crustáceo del río de la Plata (original) : *gc*, *ga*, ganglios cerebral y abdominal; *br*, branquias; *es*, esófago; *no*, nervio óptico y mandibular.

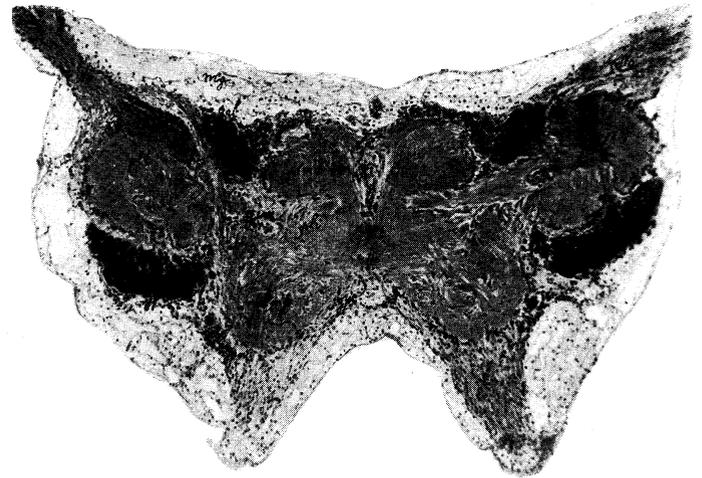


Fig. 6. — Corte histológico del ganglio cerebral del crustáceo de la figura 5 (microfot. original) : *gal*, *gpl*, ganglios ántero y póstero laterales ópticos; *pll*, *plma*, *plmp*, plexo lateral, medial anterior y posterior; *ca*, *cm*, *cp*, comisuras anterior, media y posterior; *gpm*, *gpc*, ganglios posteriores; *gc*, ganglio central; *no*, nervio óptico.

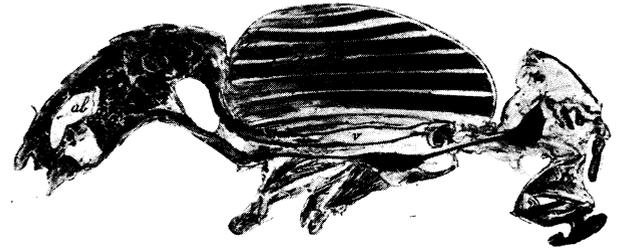


Fig. 7. — Corte histológico de una mosca (microfot. original) : *gc*, *gt*, ganglio cerebral y torácico; *tr*, trompa; *e*, esófago; *pv*, preventrículo; *v*, estómago; *t*, musculatura alar; *ab*, abdomen; *ex*, extremidades.

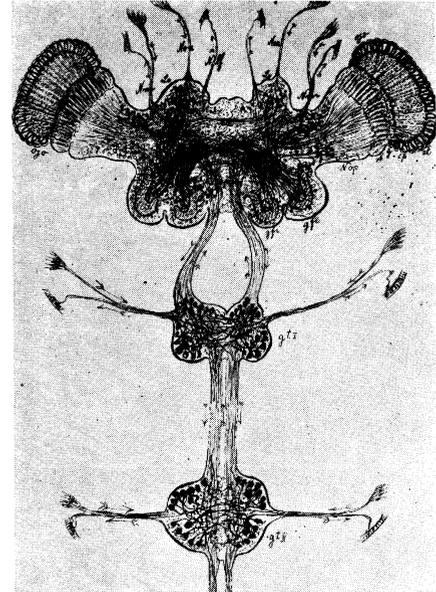


Fig. 8. — Esquema del ganglio cerebral y torácico de una aveja (original) : *Nlf*, nervio labiofrontal; *Noa*, nervio olfativo antenarario; *Nm*, nervio mandíbulo-maxilar; *Nop*, nervio óptico; *Zl*, zona lenticular; *cp*, zona prismática; *g*, capa ganglionar; *rb*, capa rabdomiana; *gfi*, *gfe*, ganglio y plexo fungiforme, interno y externo; *Lo*, lóbulo olfativo; *ca*, *cm*, *cp*, comisuras; *gII*, *gIII*, primer y segundo ganglios torácicos con plexos y nervios aferentes y eferentes.

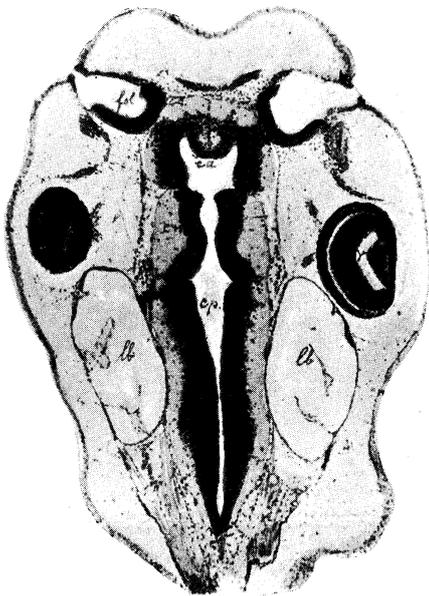


Fig. 9. — Tubo cerebromedular de renacuajo (microfot. original) : *ca*, *cm*, *cp*, vesícula cerebral anterior, media y posterior; *fol*, fovea olfativa; *r*, ojo con retina; *lb*, laberinto acústico.

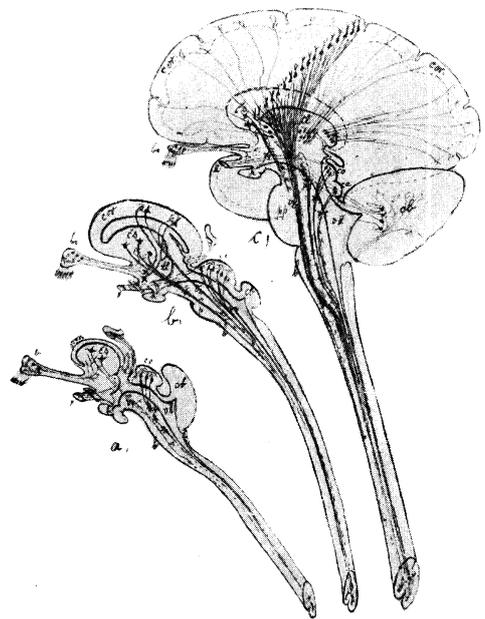


Fig. 10. — Esquema de la filogenia cerebral : *a*, pescado; *b*, reptil; *c*, mamífero (original) : *bo*, bulbo olfativo; *pm*, pallium membranosos; *cor*, corteza cerebral; *cs*, cuerpo estriado; *II*, nervio óptico; *co*, cuerpo óptico; *tl*, tálamo; *vIV*, cuarto ventrículo; *cb*, cerebelo; *v<sup>1</sup>* a *v<sup>6</sup>*, vías descendentes.



Fig. 11. — Cerebro de *Lepidosiren paradozus* (original) : cerebro anterior medio y posterior; *h*, hemisferio; *ex. a.*, extremidad anterior; *m*, médula



Fig. 12. — Corteza cerebral de anfibio (microfot. original) : cavidad ventricular; *ep*, ependimo; *cm*, superficie cortical

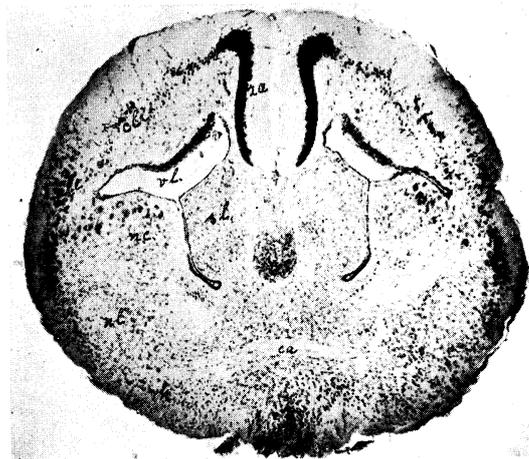


Fig. 13. — Corte histológico transversal del cerebro anterior de una anfisbena (reptil) (microfot. original) : *Za*, zona amónica; *eli*, *ele*, corteza lateral, interna y externa; *nc*, *nl*, núcleo caudado y lenticular; *sl*, *septum lucidum*; *rh*, rhinencefalon; *ca*, comisura anterior; *vl*, ventrículo.

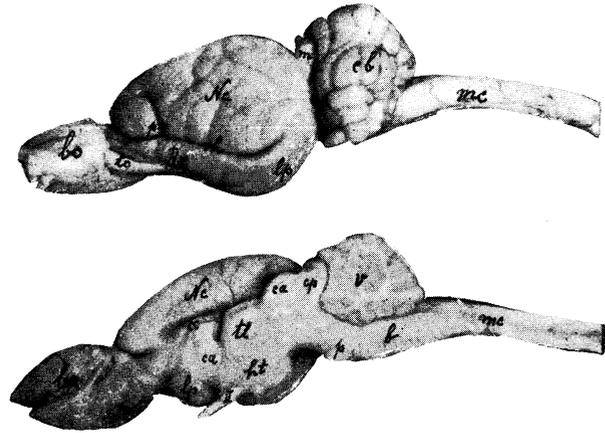


Fig. 14 a. — Cerebro de comadreja (*Didelphis cr.*). Cara externa y mediana : *rh*, fisura rhinalis; *Ne*, neopallium; *bo*, bulbo olfativo; *cb*, cerebelo; *to*, *lp*, rhinencefalon; *tl*, tálamo; *v*, vermis; *ca*, comisura anterior; *ht*, hipotálamo.

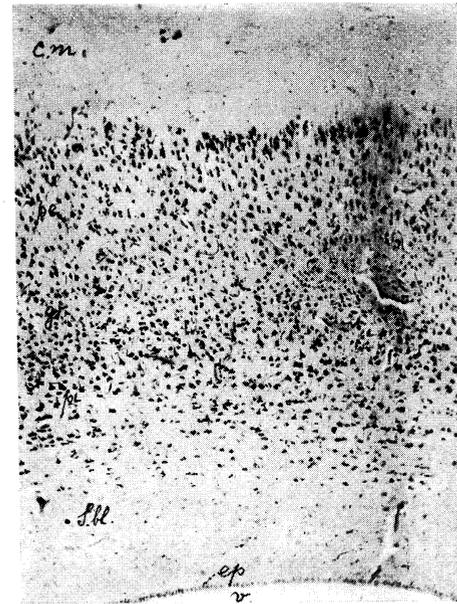


Fig. 14 b. — Corteza cerebral de comadreja (microfot. original) : *cm*, zona marginal; *pe*, capa piramidal externa; *gr*, capa granulosa; *pi*, piramidal interna; *Sbl*, substancia blanca; *ep*, epéndimo; *v*, ventriculo lateral.

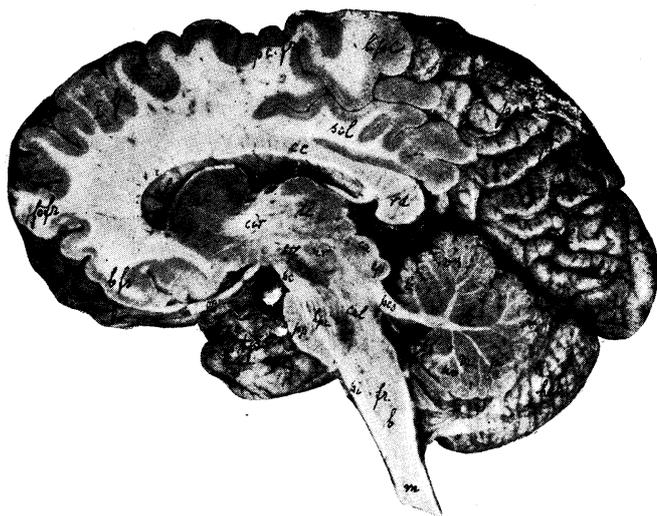


Fig. 39. — Corte sagital del cerebro humano, tronco encefálico y manto cortical (original). Lóbulo frontal, paracentral, precuña, cuña y lingual (véase fig. 38); *cc*, cuerpo calloso; *nr*, núcleo rojo; *cal*, calota; *sel*, supracallosa.

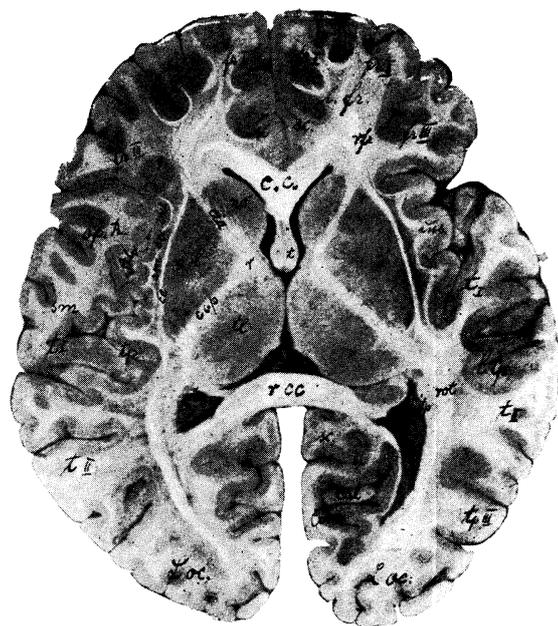


Fig. 40. — Corte horizontal del cerebro humano, corte capsular (original): *cia*, *cip*, cápsula interna, segmento anterior y posterior; *r*, rodilla; *nc*, *nl*, núcleo caudado y lenticular; *tl*, tálamo; *fr I*, *fr II*, *fr III*, lóbulo frontal, ínsula, temporal y occipital; *cc*, cuerpo calloso.

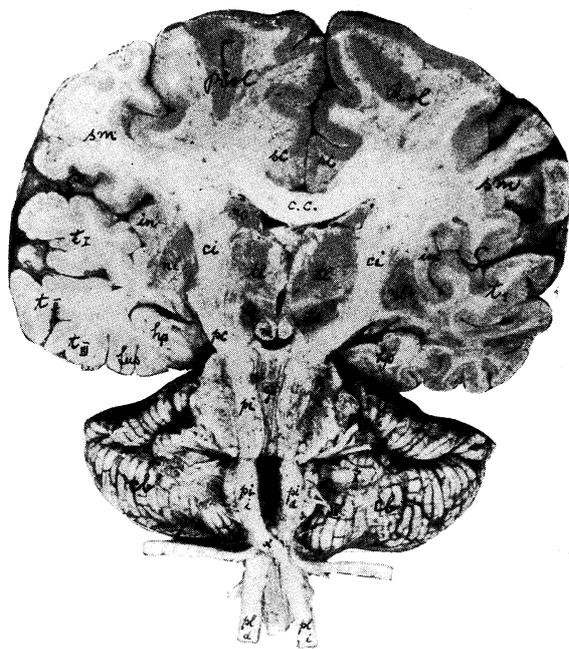


Fig. 41. — Corte piramidal del cerebro humano (original) : Rol, lóbulo rolándico; ci, cápsula interna; pc, pedúnculo cerebral; P, protuberancia; pi, pirámide; x, entrecruzamiento motor; pl, haz piramidal lateral cruzado.

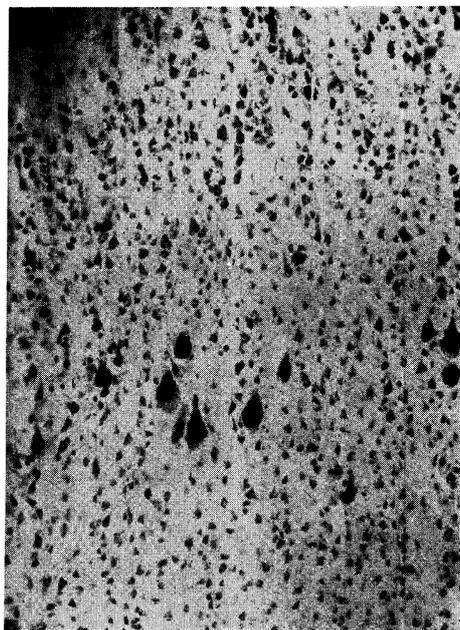


Fig. 42. — Corteza motor del hombre (lóbulo paracentral) Método Nissl. (microfot. original) : Capa de las células gigantes y vecinas.

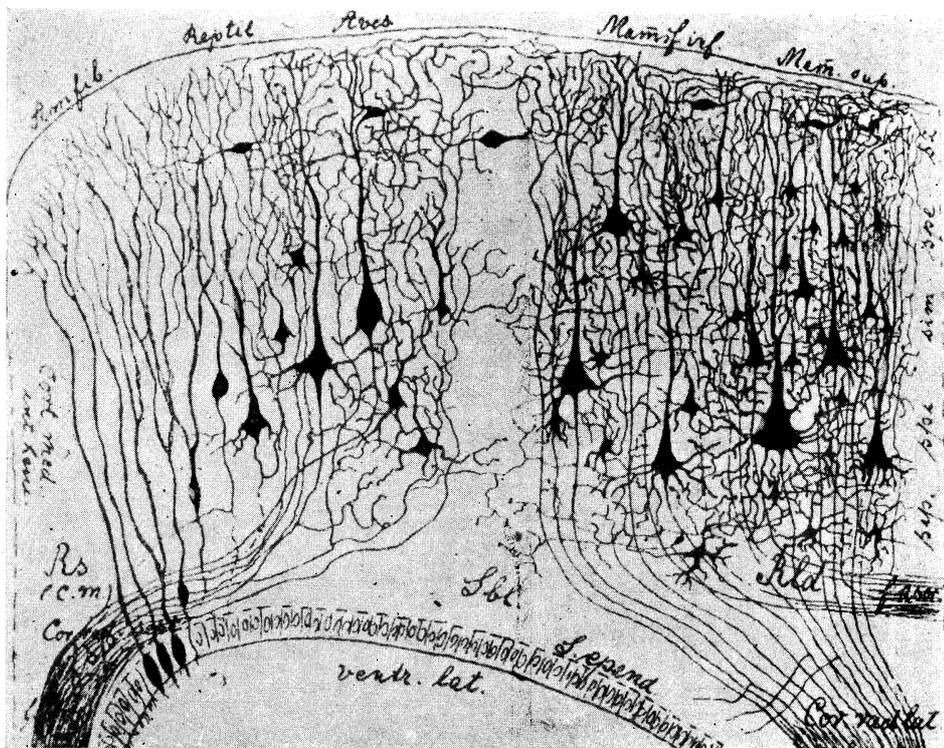


Fig. 43. — Esquema de la filogenia cortical de anfibios hasta los mamíferos (original)

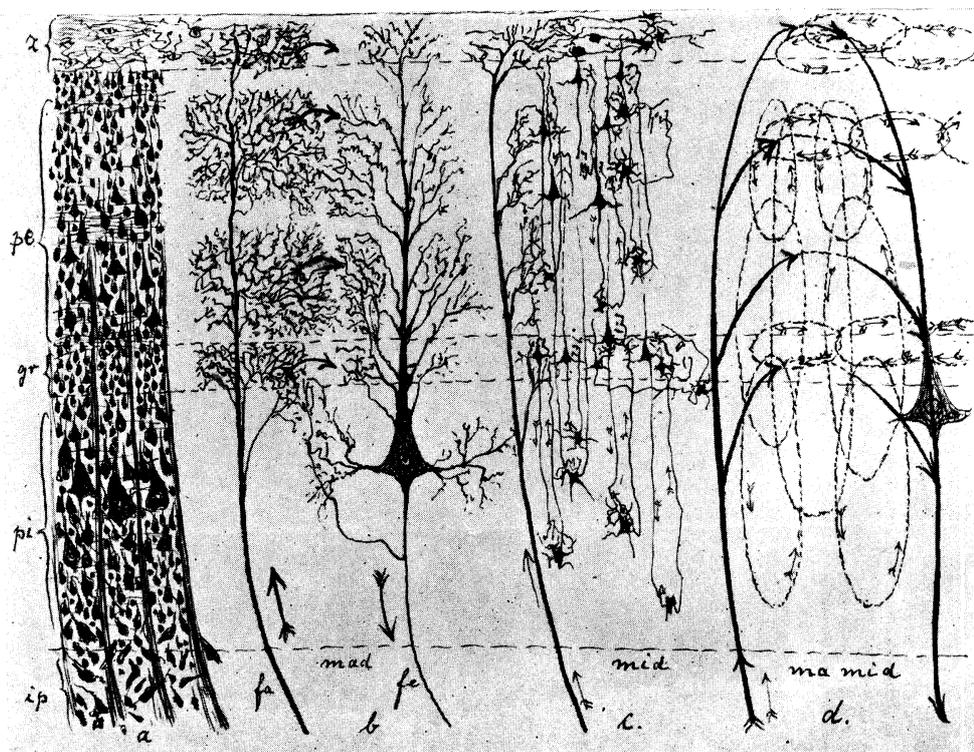


Fig. 44. — Esquema del dinamismo de la corteza humana (original): a, sus capas; z, zonal; pe, pi, piramidal externa e interna; gr, granulosa; ip, infrapiramideal; b, macrodinamismo cortical y sus contactos; c, microdinamismos; d, contactos y direcciones posibles macro-microdinámicos.

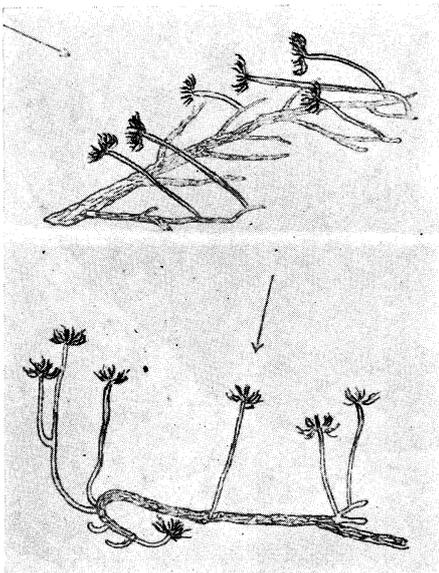


Fig. 45. — Heliotropismo de un hidrozario, según Loeb

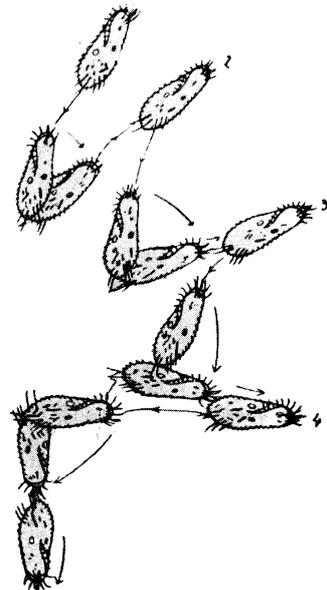


Fig. 46. — Infusorio (estiloniquia) en reacciones motrices de ensayo, según Jennings

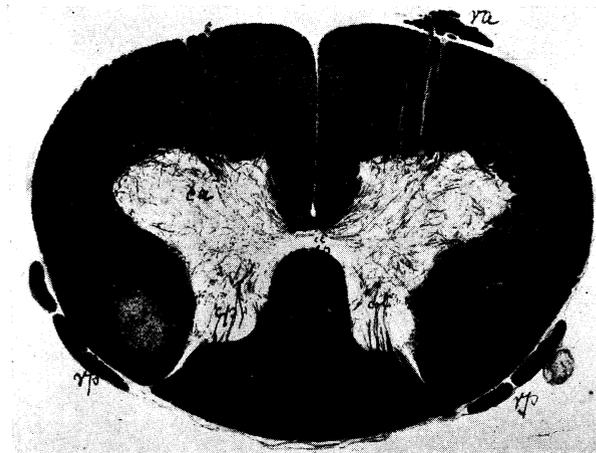


Fig. 47 a. — Degeneración secundaria del haz piramidal izquierdo en la médula de un perro operado. (Sección de la zona cortical motor derecha) (microfot. original).



Fig. 47 b. — Degeneración secundaria del haz piramidal derecho lateral humano por foco capsular izquierdo con hemiplegia derecha (original) (véase fig. 47 a).

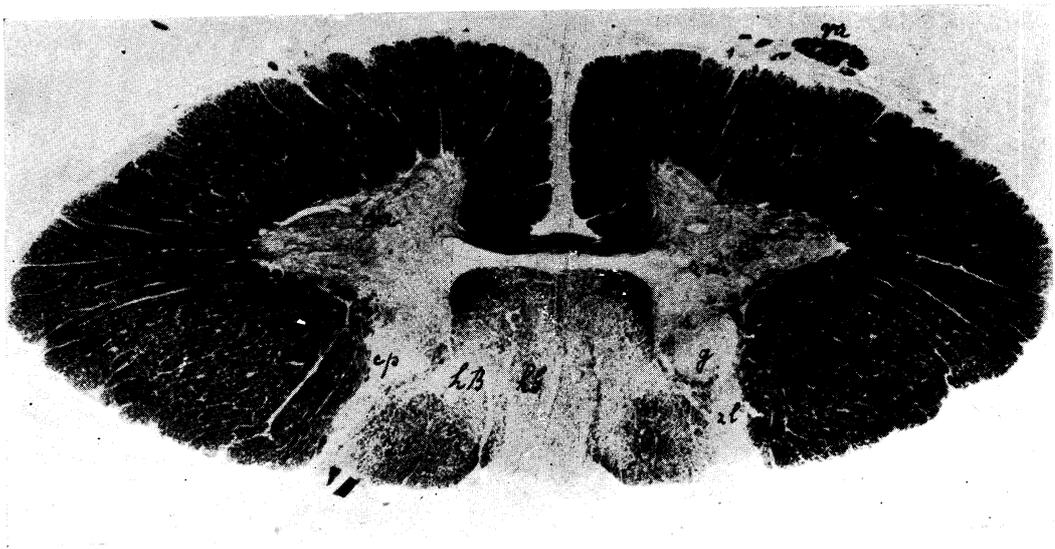


Fig. 48. — Médula cervical de tabes dorsal (ataxia locomotriz) : hG, degeneración del haz de Goll; hB, degeneración del haz de Burdach; Zr, zona radicular



Fig. 49 a. — Caso de afasia sensomotora por reblandecimiento izquierdo cerebral (original) : *Br*, zona de Broca; *W*, zona de Wernicke; *opr*, opérculo rolándico; *ca*, *cp*, central anterior y posterior; *R*, Rolándica.



Fig. 49 b. — Corte horizontal de un caso de afasia sensomotora por reblandecimiento silviano izquierdo (original) : *Br*, zona de Broca; *W*, zona de Wernicke; *opr*, opérculo rolándico; *ins*, ínsula (compárese fig. 40).



Fig. 50 a. — Caso de parálisis general progresiva (original) : *n*, comparación con un cerebro normal (lado derecho); atrofia fronto central, parietal y esclerosis cortical, etc.

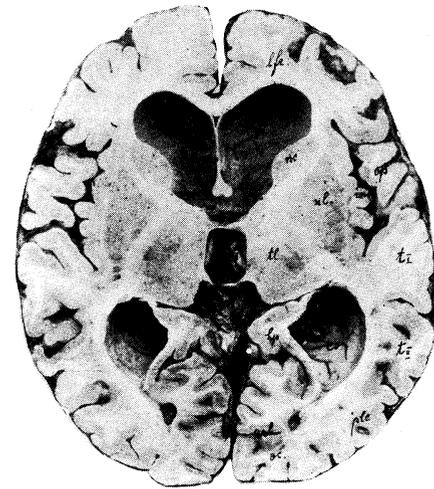


Fig. 50 b. — Caso de parálisis general progresiva en corte horizontal original) : *vl*, dilatación ventricular; *nc*, *tl*, *nl*, atrofia de los ganglios centrales; *lfr*, reducción de substancias gris y blanca del lóbulo frontal; *t*, temporal; *ple*, *oc*, occípito-parietal.

en ambos asociados ; así la marcha y sus formas, los movimientos de cabeza, ojos, tronco, etc , son casi siempre simétricos, bilaterales, y por eso se elaboran sus microdinamismos (sus « centros » en conjunto) en ambos lóbulos frontales a la vez y un foco unilateral no altera por eso su juego ; es debido precisamente a este dinamismo comisural que lesiones del cuerpo calloso frontal siempre producen, inicialmente, apraxias (disimetrías funcionales frontales), que más adelante pueden mejorar, por efecto del dinamismo unilateral adaptado a la situación. Otra dificultad reside en la variabilidad de ciertos factores individuales ; parece que en el aprendizaje de las praxias intervienen, en colaboración, en algunos tipos « hipergnósicos » también estímulos músculo-gnósicos cuando en otros sólo bastan estímulos kinesiopráxicos ; es claro que en el primer caso las lesiones de los centros gnósicos pueden alterar las praxias, y por eso muchos autores, antiguamente sobre todo, buscaban también el centro práxico en la región parietal.

Precisamente esas « variantes microdinámicas individuales », que aquí sólo de paso hemos podido citar, son también la causa de la « crisis » actual en cuanto a los centros del lenguaje ; y no puede ser de otra manera, porque el cerebro humano, el órgano representativo de la libertad individual, ha debido crear, en el lenguaje, su culminación dinámica « personalísima ». Como ya hemos comprobado en capítulos anteriores, se compone también el lenguaje, como toda creación cortical, de actos gnósicos y práxicos combinados. En el centro de todo ese polidynamismo simbólico está la *gnosia verbal*, subfunción de las acúsegnosias, por medio de las cuales elaboramos la noción de la significación, primero afectiva y luego ideativa, de los sonidos seriados en « pala-

bras » (1). El dinamismo cortical consiste entonces en una amalgamación, siempre más íntima, entre los equivalentes gnósicopráxicos ideativos y las correspondientes « acúseo-gnosias », que por ese contacto dinámico organizado recién se transforman en « verbognosias ». La alteración de ese juego produce la agnosia verbal o *afasia sensitiva*, en la cual el individuo pierde la noción adquirida de la palabra y de la música (amusia). Dada la enorme cantidad de esos elaborados y, sobre todo también, la posibilidad casi ilimitada de neoadquisiciones verbales, debemos admitir que el lóbulo temporal (de ambos lados, en el niño) esté en totalidad a disposición de ese gnosiodinamismo, formando sólo el centro de Wernicke la zona inicial axial de esa « simboiocristalización » creciente.

En un segundo acto se elaboran entonces, estimuladas y reguladas por las gnosias verbales, las praxias respectivas, que consisten en el aprendizaje sucesivo de los complicados movimientos seriados del aparato fonético y que comprende dos actos: primero, la producción exacta de vocales y consonantes (praxia de la articulación, su alteración da la « disartria » o « anartria »); y después, la superior de la coordinación y seriación correcta de esos elementos de articulación en forma de palabras. Recién esta última « praxia seriada » crea la « praxia verbal », cuando, asociada orgánicamente a la gnosia verbal correspondiente, evoca la significación simbólica ideativa del ruido producido; también ese dinamismo puede alterarse, independientemente del primero. Existen, pues, dos posibilidades de alteración en esas praxias: las elementales

(1) Dominando onto y filogenéticamente las vocales (ritmos prolongados) sobre las ulteriores consonantes (ruidos intercalares). Respecto de la filogenia del lenguaje véase el volumen II.

producen disartrias (apraxias de vocales y consonantes), y las superiores recién entonces « apraxias verbales » o « afasia motora ». El centro práxico *eudrítrico* reside en el opérculo rolándico anterior y trabaja en coacción constante con el centro haptognósico fonético (sensibilidad cutáneo-muscular de labios, boca, lengua, paladar, faringe, laringe en el opérculo rolándico posterior), y el *centro eufásico* rodea, exactamente como en el verbo gnósico, pero en forma más ampliada, a ese « centro axial », ocupando la tercera y segunda circunvolución frontal vecina por delante, como la ínsula de Reil (parte anterior) tras de él.

El concepto primitivo más estrecho de ambos centros (el acústico de Wernicke y el motor de Broca) ha sido completado, después, por uno más amplio, en el que las localizaciones iniciales formarían sólo « zonas centrales », pero toda su corteza vecina debe estar a disposición para análogos fines, sin lo cual nos quedaría inexplicable el poder ilimitado del dinamismo del lenguaje con que adquirimos continuamente nuevas gnosias y praxias; las zonas vecinas al eje central representan los territorios de *reservados orgánicos*; el dinamismo cortical humano se diferencia precisamente por esas « reservas corticales secundarias » del animal; todas las áreas corticales, que antiguamente eran consideradas como « centros de asociación », hay que interpretarlas como « dominios de extensión ». Este concepto no es completamente nuevo, pero es el único que explica real y satisfactoriamente el psiquismo « infinito » del hombre.

Esas zonas corticales de « reservas psicodinámicas » representan la parte anterior del lóbulo frontal para las praxias, y la zona parietal superior, temporal inferior y occipital externa, para las gnosias.

Ahora bien, como cada individuo, psíquicamente, se desarrolla diferentemente según sus ocupaciones, inclinaciones y constelaciones casuales — en cada individuo psíquicamente perfeccionado se adaptan esas « zonas de reserva » en diferente sentido y dirección, — si bien no podrán ellas crear dinanismos totalmente nuevos, lo que quizá esté reservado a los hombres geniales, pero ellos pueden perfeccionar y adaptarlos en orientaciones y complejiones nuevas ; la individualidad humana resulta precisamente de esas diferenciaciones peculiares neurodinámicas, elaboradas en forma de dicho « exceso psicoorgánico » en los territorios corticales « intercalares », pero que pertenecen por entero a los gnósicopráxicos, a cuya disposición está subordinado su dinamismo « excedente ».

Diferencias individualmente entonadas resultan también otra vez para la praxia del lenguaje del dinamismo comisural, porque si bien, como hemos visto, en el adulto se especializan en grado creciente todos esos dinanismos simbolegnósicos y práxicos en los centros corticales del hemisferio izquierdo, siempre permanece latente, si bien en grado individualmente muy variable, el efecto concomitante del hemisferio derecho ; además, interviene aquí también la disposición ya mencionada « hipergnósica », que en muchos individuos no permite la elaboración de un dinamismo práxico independiente del centro acústico, y así repercute cada lesión de este último en grado mayor también sobre la evocación y ejecución del dinamismo práxico. Todas esas variaciones y otras disposiciones y circunstancias más, que aquí no podemos analizar, concurren a que los centros microdinámicos del lenguaje sólo se puedan avaluar, según el diferente desarrollo del individuo, hechos más que sufi-

cientes para dificultar la elaboración de una teoría del lenguaje y su dinamismo central, que satisfaga a todos los observadores, pero, teniendo presente las exposiciones precedentes, no será imposible salvar las contradicciones fundamentales.

En el hombre culto se asocian al dinamismo verbal el gráfico, y para éste se elaboran las respectivas gnosias y praxias nuevas, que en el hombre inculto quedan adinamizadas. Las gnosias gráficas (estereognosias ópticas) se producen, en asociación kinestésica óculo-motor (ópticognosias motoras) (1), con las percepciones luminosas respectivas en el pliegue curvo y lóbulo occipital vecino, y las praxias (manuales) gráficas se elaboran en los respectivos centros frontales (segundo frontal, tercioposterior), pero dado el hecho de que el niño, al aprender a escribir (es decir, almacenar los microdinanismos práxicos coordinados de tal serie motor), acompaña primero visiblemente, y más adelante tácitamente, cada movimiento de ese acto con su cabeza, los ojos, brazos, y cuerpo entero igual dinamización se extiende sobre los demás centros frontales (en teoría, podemos escribir también con la nariz o la lengua), y por eso no hay un « centro gráfico » especializado único, sino uno más o menos « generalizado » (concepto biológico !).

La lesión del pliegue curvo y vecindad ocasiona así una « agnosia gráfica » o « alexia », y esta es, en los hombres no zurdos típicamente, reservada al hemisferio izquierdo ; en cambio, la agrafia es casi siempre sólo un síntoma con-

(1) En el hombre y los demás primates existe un centro ópticomotor gnósico (pliegue curvo) y otro práxico (II frontal, porción posterior).

mitante de una afasia general, porque al escribir siempre hablamos interiormente y la praxia gráfica implica por eso la praxiognosia verbal (véase detalles en el volumen II).

A los diferentes procesos mórbidos cerebrales sin lesión en foco (no focales, sino difusos), pertenecen la mayoría de las enfermedades mentales o psicopatías. También ellas se dividen en formas endógenas (hereditarias) y exógenas (adquiridas), pero casi siempre existen ambos factores, formando los endógenos la disposición hereditaria.

A las formas endógenas pertenecen las *displasias*: el idiotismo, la imbecilidad, la degeneración mental, la epilepsia, etc., y las *distimias* (melancolías, manías, etc.); a las exógenas, el alcoholismo y los demás delirios tóxicos, las psicosis infecciosas: delirio puerperal, la parálisis general progresiva, etc. y las demencias orgánicas y seniles (distrofias).

Las idiocias dependen de procesos atípicos (agenesias) en el desarrollo cerebral, que desde la ausencia completa del órgano (anencefalia, amielia), o parcial (hemiencefalia, porencefalia, etc.), va a procesos disgenéticos menos intensos (microgira, hidrencefalia, etc.), o a hipoplasias (microencefalías), las que finalmente sólo pueden ser microscópicas. Las formas graves son, naturalmente, incompatibles con la vida, por falta de los centros bulbares y subcorticales reguladores, circulatorios y respiratorios, pero seres humanos sin corteza cerebral pueden (cuando otros seres corticados los cuidan) sobrevivir, y presentan entonces máquinas reflejas, automáticas, con espasmos generalizados y en formas atenuadas persisten contracturas (enfermedad de Little), o convulsiones epilépticas, como signos de la

insuficiente inhibición de los dinamismos reflejos (1). Los diferentes procesos displásicos corticales originan los imbéciles y degenerados, formas sociales o antisociales que, como los idiotas, conviene aislar en colonias campestres especiales (psico-regeneración por el trabajo médico-pedagógico). En cuanto al desarrollo mental distínguense los grupos afásicos, monosílabo y oligofrásicos. Es interesante el desarrollo del gusto musical que en muchos casos menos intensos se manifiesta como una especie de compensación de los defectos intelectuales; muchos imbéciles tienen formas de memoria parcial notable; es que el psicodinamismo normal humano consiste en el desarrollo armónico, poli-dinámico, de todos sus componentes.

A las *distimias* (eutimia es el estado afectivo-intelectual normal del individuo con sus oscilaciones emotivas fisiológicas de depresión y excitación) pertenecen las *hipotimias*: alteraciones patológicas depresivas, hipopraxias, hipognosias (melancolía) e *hipertimias*; excitación patológica afectivo-intelectual, hiperpraxias e hipergnosias (manía); a las formas alternantes o periódicas las llamamos *ciclotimias* (formas neurasténicas, histéricas, hipondriacas). Bajo la designación de *paratimias*, en fin, entendemos los procesos degenerativos de disociación afectivo-intelectual que hoy, todavía, se designan como demencia precoz, hebefrenia o schizofrenia; lo característico en ellas es la desintegración del psicodinamismo afectivo-intelectual (dispraxias, disgnosias), que en los casos graves, efectivamente, lleva hasta a la demencia, es decir, desorganización definitiva de los

(1) Ver detalles en CHR. JAKOB, *Psicopatogenia degenerativa* (Revista de la Sociedad Médica Argentina, pág. 1003, 1914).

microdinamismos gnósicopráxicosimbólicos. Se trata en todas esas formas de procesos distróficos endógenos, en muchos de naturaleza bioquímica (insuficiencia de la secreción interna, etc.).

De los procesos exógenos nos interesan las psicosis tóxico-infecciosas, donde los diferentes venenos (alcohol, alcaloides, sífilis) producen desintegraciones celulares y fibrilares, primero excitantes, después paralizantes. En la psicosis polineurítica (enfermedad de Korsakoff) observamos una lesión de los microdinamismos que los incapacita para impresiones o reacciones recientes; en el alcoholismo y morfínismo, un estado alucinatorio terrorífico que finalmente repercute sobre la energía volitiva del individuo; en la parálisis general progresiva (fig. 5o) asistimos a un proceso de disolución completa del psicodinamismo que, gradualmente, con la destrucción cortical progresa; es interesante que este proceso empieza en la corteza frontal y supracallosa (1), y conforme con eso son los síntomas iniciales, excitaciones, y después paralizaciones de las praxias de todas clases (hiper y dispraxias), a las que luego acompañan disgnosias (hiper y disimbolias) para llegar, finalmente, al aniquilamiento total físico y psíquico (marasmo físico-intelectual, apraxia-agnosia-asimbolia terminal, somática y visceral).

En las demencias orgánicas tenemos las consecuencias de alteraciones vasculares circulatorias que producen los diferentes procesos en foco (inflamación, hemorragia, reblande-

(1) Tal localización explica los notables trastornos viscerales, intestinales, sexuales, vesicales, etc., del paralítico (hiper e hipopraxias y gnosias viscerales).

cimiento, esclerosis, etc.), cuyos síndromes ya hemos analizado.

En la demencia senil, en fin, presenciamos como última etapa evolutiva del psicodinamismo, la desintegración cortical por involución regresiva neuroplasmática (degeneración pigmentaria y atrofia celular), complicada con insuficiencias orgánicas somáticas (nefritis intersticial, arterioesclerosis, etc.). El cerebro senil pierde en volumen y material, sus ventrículos se dilatan, su circulación se dificulta; feliz el que, en sus tiempos de maduración, ha sabido acumular la energía vital suficiente para rechazar lo más lejos posible ese período fatal del genio humano y sea el más sano en constitución y funcionamiento.

Así, entonces, como en la psicogénesis progresiva se elabora la cristalización neurodinámica ontopsíquica para llegar poco a poco a su fase madura integral del psicodinamismo poliarmónico, se produce en las demencias el desmembramiento neurodinámico regresivo, la desarticulación involutiva, que lleva, finalmente, el dinamismo cerebral a un estado de desintegración completa, comparable, en realidad, al del cerebro fetal, pero material y completamente distinto, por el desgaste de material y energía, que ninguna fuerza orgánica podrá jamás regenerar; un estado análogo al de la « entropía energética » en física, en el que tampoco ninguna energía puede más elevar al potencial energético anterior del calor disipado en el ambiente.

También nuestros psicodinamismos devuelven así, finalmente, todas sus energías al ambiente del que han salido, con una excepción: en sus elaborados simbólicos persistirá la potencialidad del cerebro humano, mientras existan otros psicodinamismos emparentados y congénitos por lo menos;

y si un día, pasada la actual constelación biofórica de nuestro planeta, no los hubiera más, ¿desvanecerá también la simbolización psicodinámica y su prolongada valoración como esfuerzo efímero en nuestro sistema cósmico-biopsíquico, disolviéndose otra vez en el caos del universo infinito o se salvará pasando a otro sistema? *Ignoramus*.

## BIBLIOGRAFÍA

- BALDWIN, M., *Desarrollo psíquico infantil*, 1898.  
BASTIAN, *Sobre afasias*, 1897.  
BECHTEREW, *Fisiología de los centros motores*, 1887.  
BETHE, A., *Funciones psíquicas en insectos*, 1897-98.  
BOHN, G., *Origen de la inteligencia*, 1909.  
BRODMANN, K., *Zonas citoarquitectónicas corticales*, 1909.  
BRUN, R., *Orientación de la hormiga en el espacio*, 1914.  
BUTTEL-REEPEN, H., *Desarrollo del estado de las abejas*, 1903.  
CLAPARÈDE, E., *Conciencia animal*, 1901.  
CLARKE, W., *Migraciones de aves*, 1912.  
COUPIN, H., *Artes y oficios en animales*, 1902.  
DAHL, F., *Psicología comparada*, 1922.  
DARWIN, CH., *Las expresiones mímicas*, 1872; *Los instintos*, etc.  
DAVENPORT, C., *Herencia y eugenética*, 1911.  
DEGENER, P., *Organización social en animales*, 1918.  
DEJÉRINE, *Anatomie des centres nerveux*, 1895; *Semiología nerviosa*.  
DUCHENNE, *Fisonomía humana*, 1862.  
EDINGER, L., *Anatomía comparada del sistema nervioso*, 1911.  
EGGER, *El lenguaje interno*, París, 1904.  
EWALD, J., *Fisiología del laberinto*, 1892.  
EXNER, G., *Fisiopsicología*, 1894.  
FABRE, J. H., *Estudios entomológicos*, 1877.  
FLOURENS, M., *Experiencias sobre el sistema nervioso*, 1825.  
FOREL, A., *Sentidos de los insectos*, 1910.  
GALTON, F., *Herencia y genio*, 1869.  
GIARD, A., *Discusiones transformistas*, 1904.  
GIUFFRIDA-RUGGERI, V., *El hombre actual*, 1913.  
GOLTZ, FR., *El perro sin cerebro*, 1892.  
GROOS, K., *Juegos animales*, 1907.  
HERING, *La memoria celular*, 1889.  
HOLMES, G., *Evolución de la inteligencia animal*, 1911.  
INGENIEROS, J., *Psicología biológica*, 1914.  
JAKOB y ONELLI, *Atlas de los cerebros de la fauna argentina*, 1913.  
JENNINGS, H., *Las reacciones en los organismos inferiores*, 1910.  
KAFKA, G., *Psicología animal*, 1914.  
KOEHLER, W., *Inteligencia de los monos*, 1917.  
KUEHN, A., *Orientación de los animales en el espacio*, 1919.

KUSMAUL, *Alteraciones del lenguaje*, 1877.  
 LIEPMANN, *Apraxia*, 1921.  
 LOEB, J., *Heliotropismo animal*, 1888-90; *Dinamismo vital*, 1906.  
 LOMBROSO, C., *El hombre genial*, 1864.  
 LUBBOCK, *Inteligencia animal*, 1889.  
 MOEBIUS, P., *Patografía de Goethe, Nietzsche, etc.*, 1898.  
 V. MONAKOW, C., *Localizaciones cerebrales*.  
 MORGAN, C., *Inteligencia animal, etc.*, 1891.  
 MUNK, H., *Centros corticales sensoriales*, 1904.  
 NUEL, *La visión*, 1904.  
 PAWLOW, *Cerebro y ciencias naturales*, 1911.  
 PETERS, W., *La herencia psíquica*, 1915.  
 PIDERIT, *Mímica y fisonomía*, 1858.  
 PFEFFER, W., *Reacciones locomotoras*, 1884.  
 RADL, *Fototropismo animal*, 1903.  
 RAMÓN Y CAJAL, S., *Textura del sistema nervioso*, 1904.  
 RHUMBLER, L., *Biofísica*, 1898.  
 SACHS, J., *Fisiología vegetal*, 1882.  
 SCHNEIDER, C., *Psicología animal*, 1911.  
 SCHRADER, M., *Fisiología del cerebro de la rana y las aves*, 1887.  
 SEMON, R., *La mneme*, 1908.  
 SOMMER, *Herencia psíquica*, 1915.  
 SPENCER, H., *Principios de biología*, 1855.  
 THORNDIKE, E., *Inteligencia animal*, 1911.  
 UEXKUELL, J., *Ambiente animal*, 1909.  
 VERWORN, M., *Fisiología de los protistas*, 1899.  
 WASHBURN, M., *Inteligencia animal*, 1908.  
 WASMANN, E., *Instinto animal*, 1905.  
 WATSON, J., *Reacciones animales*, 1908.  
 WERNICKE, C., *El complejo sintomático afásico*, 1874.  
 WUNDT, W., *Psicología*, 1919; *El lenguaje*, 1901.  
 YERKES, H., *Inteligencia animal*, 1906.  
 ZIEHEN, *Psicología fisiológica*.  
 ZIEGLER, H., *El instinto*, 1920.  
 ZUR STRAFSEN, *Psicología animal*, 1908.



3053

NO DIC 1947

## ÍNDICE

PREFACIO .....	9
----------------	---

### CAPÍTULO I

Introducción al problema cosmobio-psíquico .....	11
El método científico .....	12
El neurodinamismoq. ....	18
El neuroplasma .....	22
Carácter microenergético .....	24

### CAPÍTULO II

Sobre la historia y metodología de la neurobiología .....	27
Época precientífica .....	28
Época científica .....	30
El concepto del neurón .....	34

### CAPÍTULO III

Neurobiología genética y comparada .....	37
a) Neurobiología filogenética .....	38
Plasmopsiquismos .....	40
Filopsiquismos ganglionares .....	42
Sistemas neurotubulares .....	45
Vesículas cerebrales .....	46
Corteza cerebral .....	48

Ontopsiquismos.....	15
Gnosias y praxias .....	53
b) Neurobiología ontogenética.....	55
Neuroblastos.....	56
Circunvoluciones.....	62
× Mielinización.....	63

CAPÍTULO IV

Elementos de histofisiología nerviosa .....	65
A. Neurohistofisiología general.....	66
Célula nerviosa.....	66
Morfología celular.....	67
Fisiología celular.....	78
Fibras nerviosas.....	84
Terminaciones nerviosas.....	87
Neuroglia.....	89
Tejido conjuntivo vascular.....	92
B. Neurohistofisiología especial.....	93
× Órganos de los sentidos.....	93
a) Tactomusculares.....	94
b) Olfatorios.....	98
c) Acústicos.....	99
× d) Ópticos.....	103

CAPÍTULO V

Organización del sistema nervioso y sus principios de conducción y localización.....	109
1. Sistemas reflejos.....	110
2. Sistema cerebeloso.....	113
3. — estriohipotalámico.....	115
4. — núcleotalámico.....	116
5. — cortical hemisférico.....	119
Dinamismo cortical.....	121
Centros gnósicos.....	126
Centros práxicos.....	128
A. Sistemas sensitivos receptores.....	130
Vía sensitiva cutáneomuscular directa (gnosio-poética).....	130

Vía sensitiva (kinestésica) indirecta (praxio-poética).....	131
Vía acústica (cócleocortical).....	133
Vías ópticas.....	133
Vías olfativas.....	134
Vías centrales córticopetales.....	135
B. Sistemas efectores motores.....	135
Vía córtico (rolándico) muscular.....	135
Vías subcorticales motoras.....	137
Vías cerebelosas motoras.....	137

CAPÍTULO VI

Valorización biológica y problemas orgánicos de los neuro y psicodinamismos .....	139
Naturaleza del neurodinamismo.....	140
1. El problema de la excitación.....	148
2. El problema de la conducción.....	153
3. El problema de la transformación.....	155
4. El problema de las descargas músculoglandulares.....	158
5. El problema de la remanencia, asociación y evocación central.....	164
Dinamismos corticales.....	169
Psicogénesis infantil.....	174
Simbolias.....	175
6. El problema de las entonaciones individuo-psíquicas centrales.....	180
Los fenómenos psíquicos.....	185
Los estados afectivos.....	190
7. El problema de la diferenciación evolutiva neurodinámica.....	197
× Reflejos.....	200
Instintos.....	203
Variaciones reactivas.....	206
8. El problema de la herencia neurodinámica.....	209

CAPÍTULO VII

Elementos de neuro y psicopatología.....	219
Neurodegeneración.....	219
Síndromas medulares.....	221

Sindromas cerebrales .....	222
Agnosias .....	223
Apraxias .....	224
Afasia .....	225
Demencias .....	230
BIBLIOGRAFÍA .....	235