

CUADERNOS  
DE CIENCIA Y DE CULTURA

Manuel Bastos Ansart

**LOS MECANISMOS  
DEL MOVIMIENTO**

EN EL HOMBRE Y  
EN LOS ANIMALES



"LA LECTURA" MADRID

# CUADERNOS DE CIENCIA Y DE CULTURA

DIRIGIDOS POR EUGENIO D'ORS Y GREGORIO MARAÑÓN.

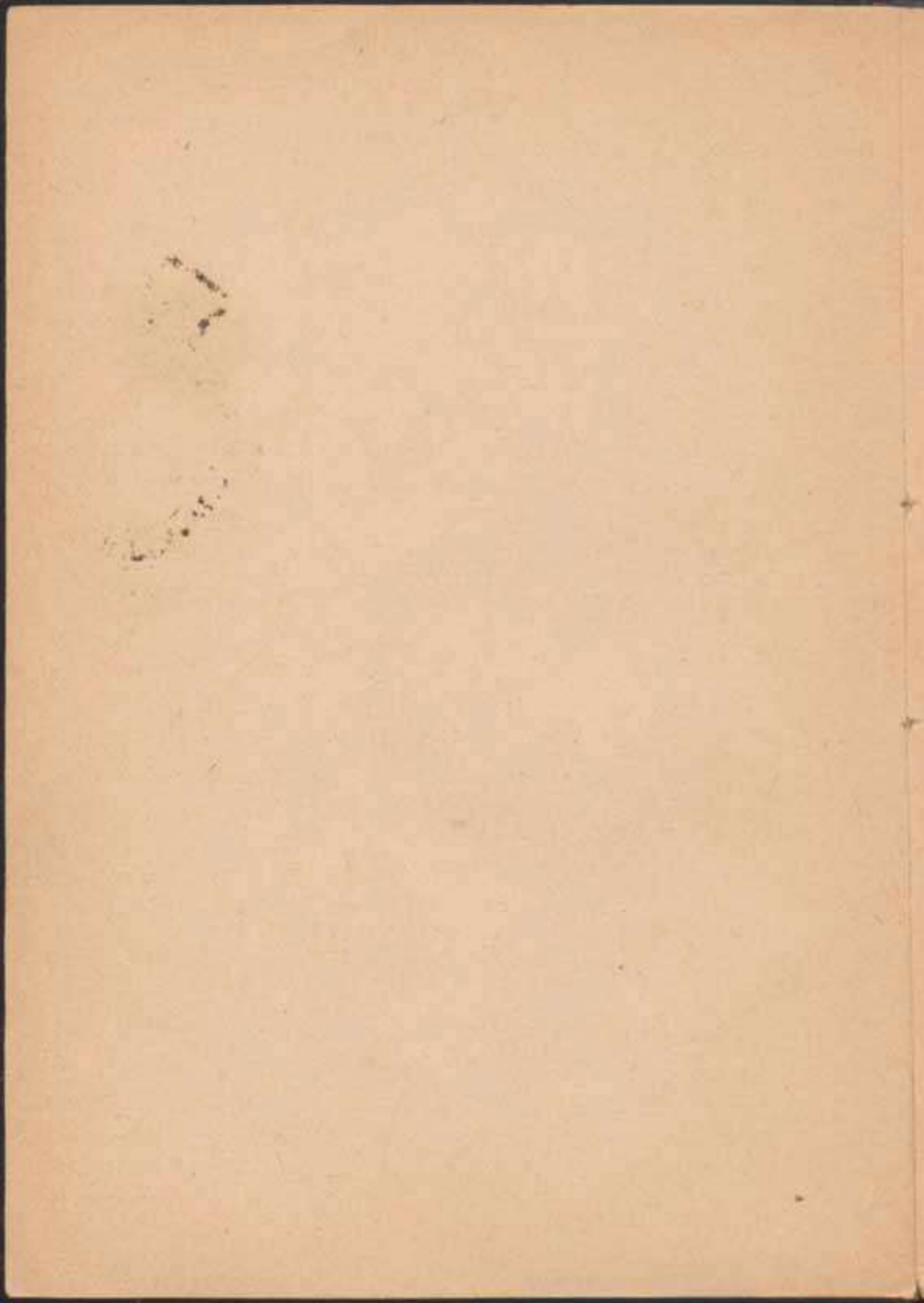
**A**unque abundase entre nosotros la literatura científica, aunque se desarrollara en orden regular y feliz, siempre habría lugar para una Colección como la que proyectamos, destinada a reunir y difundir una serie de breves tratados vivaces, con triple servicio de otorgar, voz al pensamiento y a la investigación en España y América; eco, al movimiento de ideas del mundo sabio; versión castellana—acaso por vez primera—a cierto número de textos clásicos del saber cuyo valor desafía a los siglos y cuyo ejemplo puede nutrir a todas las generaciones.

**N**ada de hermetismo, en dichos tratados. Nada de blanduras de vulgarización tampoco. El especialista autorizado hablando a los estudiosos atentos. Esta nota común dará carácter a cada uno de los CUADERNOS DE CIENCIA Y DE CULTURA, bien se trate de la producción de nuestros investigadores y pensadores, bien de la aportación de trabajos extranjeros, calificados por su alta actualidad, o de la reedición de algunas páginas ilustres en los fastos de la ciencia y la filosofía.

**L**os fundadores de la Colección esperan, con la confluencia y organización de tales elementos, llegar a constituir un modesto, pero pronto indispensable instrumento de trabajo y prestar honesta contribución a la causa de las luces.

LE-3392





**LOS MECANISMOS DEL MOVIMIENTO  
EN EL HOMBRE Y EN LOS ANIMALES**



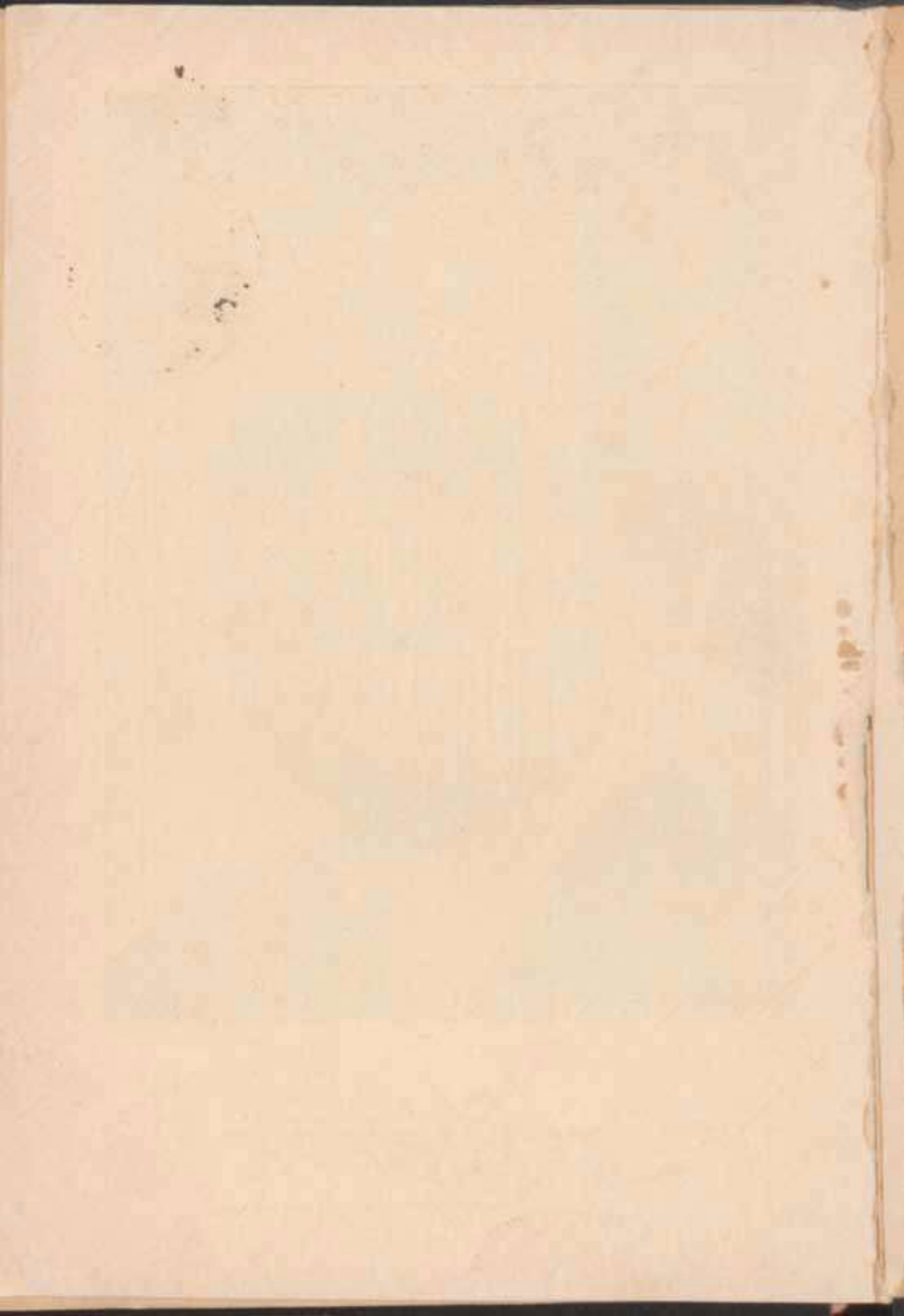
Copyright by «Cuaderno  
de Ciencia y de Cultura».  
Hechos los depósitos que  
marca la ley.

---

Imp. de la Ciudad Lineal.—Madrid.—Teléfono 50.018.



W. J. Danner





## INTRODUCCIÓN



El estudio de los mecanismos que producen el movimiento en los animales y en el hombre no sólo tiene un interés fisiológico restringido, sino un interés filosófico general. El movimiento es la manifestación más llamativa de la vida, pero, además, es la función vital que se conserva más parecida a sí misma en toda la extensión de la escala animal. Es, pues, muy legítimo el intento de interpretar los complejos procesos del movimiento en el hombre mediante el estudio de estos procesos en los seres de organización más simple. De otra parte, son las manifestaciones motoras el único portillo de que disponemos para sondear en el

alma de los animales puesto que sus sensaciones y todo lo que constituye el mundo del «irracional» es un recinto absolutamente cerrado para nosotros.

A este estudio objetivo de las manifestaciones vitales en los organismos más sencillos se debe la concepción supermecánica que hoy reina sobre la esencia de la vida en oposición con las teorías causalistas o mecánicas. Estas teorías, afirmadas en los dogmas del darwinismo, pretenden que todo organismo no es más que una máquina y que la vida desde su iniciación hasta su culminación actual en el hombre obedece a las mismas leyes físicas y mecánicas que regulan el mundo inanimado. Hoy se reconoce, en cambio, que los factores materiales son insuficientes para explicar la vida y que ésta obedece a un «fin en sí mismo», a una «entelequia», a un principio vital, a un «plan de regulación superior»... a algo que, en todo caso, es peculiar de la vida misma

y que está fuera de las leyes físicas.

Es curioso observar que esta reacción neovitalista ha nacido en los laboratorios de biología y es fruto, como hemos dicho, de una observación más seria y más atenta de los fenómenos naturales. Nuestros abuelos racionalistas, desdeñosos de todo lo que no fuera «ciencia pura», gustadores de la novela naturalista y del impresionismo en pintura, no podrían nunca explicarse cómo los filósofos actuales piden a la biología la resolución de todos los problemas y al mismo tiempo se colocan unánimemente en una posición espiritualista y religiosa. Efectivamente, hoy *no se lleva* la filosofía científica y se remozan las filosofías confesionales y románticas, pero en cambio reina una avidez general por conocer los mecanismos de la vida y médicos y naturalistas no dan abasto a contestar a las constantes interrogaciones de los filósofos. En tanto, nuestras damitas llenan las cátedras

de Bergson, de Ostwald y de Chesterton, pero muestran una curiosidad de buen tono por las cuestiones biológicas y charlan más que nunca de medicina a la hora del té.

Estas demandas de información biológica pueden ser la justificación del presente ensayo. En él tratamos el problema del movimiento animal desde la única posición accesible a nosotros: la del examen empírico inmediato de esta función tal como aparece a la investigación fisiológica. No queremos ir más allá de saber cómo se contraen nuestros músculos y cómo les mandan los nervios. Digamos, utilizando un simil corriente, que nos limitaremos a saber cómo corta el cuchillo sin pretender averiguar de dónde procede este cuchillo y quién lo maneja.

Hemos de encontrar en este estudio hechos perfectamente explicables por leyes físicas y no creemos impropio

por eso llamar «mecanismos» a los procesos determinantes del movimiento animal. Mezclados con ellos, hemos de ver por doquier fuerzas vitales directivas a las que en último término tendremos siempre que referirnos. En ocasiones, no podremos prescindir de las atrayentes imágenes del evolucionismo para explicar ciertos hechos. Pero, en general, procuraremos no apartarnos del áspero camino experimental poniendo pies de plomo a toda generalización ideológica.

Las manifestaciones motoras obedecen, como hemos de ver, a la necesidad de reaccionar el animal contra el medio exterior contestando con sus movimientos a las incitaciones que parten de este mundo exterior. Según esto, todo animal posee una actividad *receptórica* y otra *efectórica* enlazadas ambas por un *centro* que es el que da al ser la capacidad de *sujeto* actuante. No importa que el animal carezca de órganos especiales para

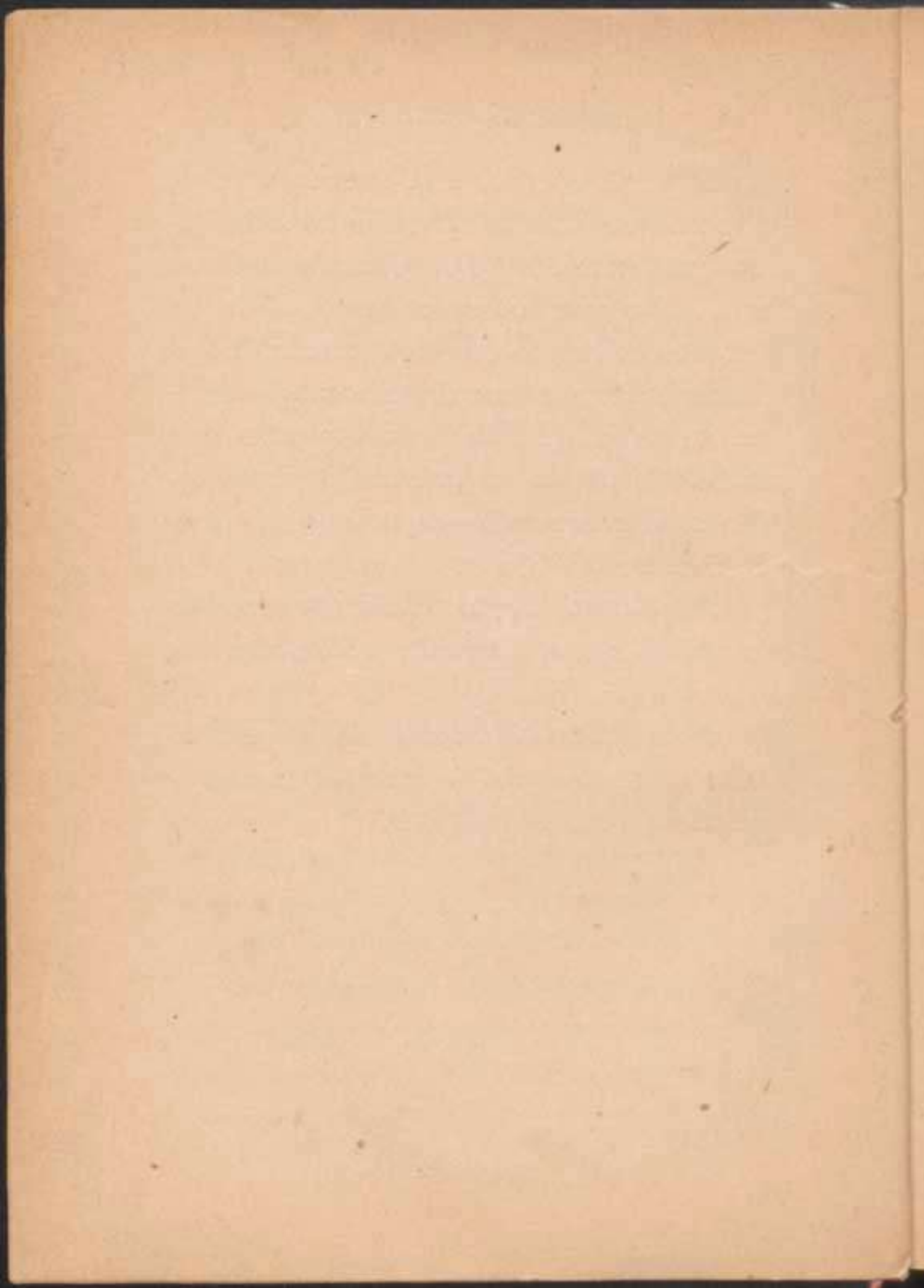
el establecimiento de esta cadena vital. En los seres inferiores se forman y se deshacen constantemente estos eslabones de la cadena; en los superiores se encuentran preformados, pero la necesidad vital, que es siempre anterior al órgano, está formando constantemente nuevas combinaciones. Si al venir a la vida poseemos los hombres un sistema motor perfecto no por eso quedamos libres de estar creando sin cesar nuevos enlaces de receptores con efectores mientras la vida fluye. En esto como en todo, vivir no es sólo conformarse a un plan, sino aspirar a más, superarse.

Un estudio aislado de estas manifestaciones efectoras no se concibe ni tendría real utilidad. Separar estas manifestaciones de las centrales y de las receptoras es tan imposible en la organización humana como lo es en los seres más inferiores, en que todas estas funciones andan mezcladas en una masa de protoplas-

ma homogéneo. Por eso, nosotros, en el estudio que vamos hacer, no nos limitamos al examen de la función motora en sí, sino que nos extendemos al de las órdenes centrales que determinan inmediatamente esta función esbozando solamente de la actividad receptora lo que atañe a la puesta en marcha de tales órdenes. Correspondiendo a esto, se divide nuestro trabajo en dos partes:

1.<sup>a</sup> *Estudio de los mecanismos que determinan inmediatamente el movimiento (función muscular).*

2.<sup>a</sup> *Estudio de los mecanismos centrales o nerviosos que regulan el funcionamiento del motor animado.*





## PRIMERA PARTE

### **Mecanismos periféricos del movimiento. La función muscular.**

#### LAS MANIFESTACIONES MÁS SIMPLES DEL MOVIMIENTO ANIMAL

La capacidad de moverse aparece ya en los tipos más rudimentarios de la vida animal como una característica firme y definida. Los curiosos movimientos que se observan en ciertas plantas están tan relacionados con las excitaciones exteriores—calor, luz, humedad—que no dan nunca una impresión de espontaneidad. En cambio, cuando se observan los movimientos de un amibo en una gota de agua se tiene la sensación de algo autónomo individual y, diríase, consciente. Lo que vemos es un esbozo de ser, que

no tiene forma, que apenas tiene estructura, pero que «*sin embargo, se mueve*». Y se mueve con una regularidad y una eficacia tales que hacen pensar que en aquel pequeño ser blanduzco y transparente existe un aparato motor y una voluntad microcópicas, pero perfectamente trazados.

#### MOVIMIENTOS DE LOS AMIBOS

Para explicar el movimiento de un *amæba terricola*, que le hace arrastrarse por el suelo como un saco que rueda o la formación constante de prolongaciones o pseudopodos, que permiten progresar en el agua a un *amæba polipodia*, se dice que el protoplasma de estos animales como el de todos los seres vivos, tiene la virtud de la *contractilidad*. Esto quiere decir que todas las células animales son capaces de encogerse como lo hacen los músculos del hombre para mover los brazos o las

piernas. Nada prueba que ambos fenómenos sean iguales, pero, en todo caso, hay un error fundamental en este concepto clásico de la contractilidad y es que trata de explicar un fenómeno simple: el movimiento de los protoplasmas elementales, por un mecanismo tan complicado y tan mal conocido como es el de la contracción muscular de los animales superiores (Spek).

#### MECANISMO DEL MOVIMIENTO EN LOS AMIBOS

Mucho más natural parece seguir la vía contraria, esto es, desentrañar primero el mecanismo del movimiento en los seres elementales como base para orientarse en el de los seres de organización más complicada. Este estudio que se ha realizado intensamente en los últimos años permite vislumbrar ya una solución al problema de la contractilidad muscular.

El examen físico del protoplasma de los amibos demuestra que está formado por una masa de coloides en distintos estados de agregación. En unos sitios, esta masa es líquida enteramente, en otros es una gelatina; aquí, se encuentra coagulada en fibrillas como lo hace la sangre; allí, es una jalea temblorosa. La masa coloidal pasa de uno a otro estado constantemente, licuándose o cuajándose por momentos unos u otros puntos de la misma. Allí donde dicha masa se cuaja, se observa una retracción o contracción de la misma; allí donde se fluidifica se hincha y crece. Si esta fluidificación ocurre en un punto de la superficie, el plasma hinchado hace una hernia o pseudopolo y el efecto de esta proyección en un sentido del plasma es que sean recogidos hacia dentro los pseudopodos lanzados anteriormente.

Las variaciones físicas o químicas del medio en que vive el amibo son la causa

de estos movimientos provocando cambios de estado físico en los distintos puntos de su protoplasma. De este modo, por un sencillo proceso físico se explican, en apariencia al menos, esos movimientos de los amibos que con tanta eficacia responden a los cambios de su medio vital. Así se ha conseguido reproducir artificialmente los movimientos amiboideos sumergiendo o haciendo flotar en determinados líquidos gotas de cooides, inertes por supuesto, que bajo el influjo de diversas variaciones del medio avanzan, retroceden, ruedan, se arrastran, se deforman o emiten pseudopodos como verdaderos amibos. He aquí contrahecha una de las manifestaciones más llamativas de la vida, el movimiento animal y salvada—aparentemente—gran parte de la distancia que separa lo inerte de lo animado. ¿Pero quién se atrevería a decir que en esta experiencia de física recreativa habíamos *hecho vida?*

## AMIBOIDISMO EN LOS ANIMALES SUPERIORES

El movimiento amiboide necesita para producirse que el protoplasma animal sea en gran parte flúido. A medida que el ser gana en complejidad se hace más compacta la jalea que forma el protoplasma de sus células y queda relegada sólo a algunas de ellas la propiedad de licuarse o concentrarse, relajándose o contrayéndose. Al final de esta división del trabajo se encuentran los organismos superiores en que se deja la exclusiva de la contractilidad a los elementos musculares. Pero, cosa interesante, en el desarrollo ontogénico de estos seres superiores, una célula guarda la fluidez del protoplasma y la movilidad del amibo y esta célula es la que está en el arranque de la vida individual como el amibo, unicelular, lo está en el primer escalón de la vida animal. Esta célula es el óvulo.

## LOS PRIMEROS ÓRGANOS ESPECIALES DEL MOVIMIENTO

El amibo, como hemos visto, se mueve *in toto*. Lo mismo le sirve para progresar una parte que otra de su ser; por eso se dice que es un animal indiferenciado. Los seres inmediatamente superiores a él en complicación orgánica muestran ya una parte de su plasma *diferenciada*, es decir, conformada permanentemente en forma de hilos o fibrillas susceptibles de moverse. Estas ténues formaciones representan los primeros órganos exclusivamente motores, los gérmenes del músculo.

## LOS MIOIDES

La disposición de estos hilillos motores es muy variable. Unas veces, aparecen en el exterior del animalículo formando pestañas o látigos; otras se disponen a modo de radios en el interior del

plasma haciéndole encogerse o ensancharse y otras, por fin, ocupan el centro de una prolongación o pedículo tubular que sirve de agarre al animal. A las dos últimas clases de fibras se las llama *mioides*. En todo caso, la analogía de estas formaciones con los pseudópodos del amibo salta a la vista.

Múltiples son, además, las formas intermedias entre aquellas formaciones eventuales y estas permanentes. Por esto, es muy racional suponer que pestañas, látigos y mioides se mueven por el mismo mecanismo que los amibos, esto es, por un cambio en el estado físico de la porción movable.

#### MECANISMO MOTOR EN LOS MIOIDES

Sin embargo, este mecanismo no está aquí comprobado ni hasta ahora ha sido posible reproducir con materiales inertes el movimiento de los infusorios o de



la cola de los espermatozoides, por ejemplo. La función motora diferenciada es aún en estos primeros balbuceos, de una enorme complejidad. Estamos aquí ya muy lejos del sencillo mecanismo físico que hacía moverse a las plantas; la desecación de su cubierta leñosa, la turgescencia o tensión superficial de sus células. Tampoco el proceso de gelatinización que se advierte en los amibos tiene aplicación al de los mioides como no se admita, al mismo tiempo, una acción química, una especie de secreción del centro plasmático del animal que lanzada al órgano motor periférico le haría coagularse o licuarse instantáneamente, es decir, contraerse o relajarse.

En esta concepción de un gobierno químico central están los fundamentos de lo que ha de ser el sistema motor voluntario de los animales superiores. En último análisis, éste se compone de unas porciones periféricas en lucha con el me-

dio—los músculos—y de un órgano central—el sistema nervioso—que recibe las incitaciones de este medio y las contesta con impulsos (¿químicos?) lanzados a los músculos.

#### FUNCIONES GENERALES DE LOS MÚSCULOS

Desde que la función motora aparece bien diferenciada en los animales sus elementos tienen siempre la forma de fibras y la propiedad de contraerse para producir acciones mecánicas. Estas acciones son de dos clases: el *movimiento* y la *tensión*, o sea la resistencia contra las acciones mecánicas exteriores. A más de moverse, el animal tiene que esforzarse de por vida en conservar su forma en contra de la pesantez y las presiones exteriores; tiene que mantener erguida su traza o aplomo y sostener asimismo, la forma interna de sus cavidades a despecho de los volúmenes variables de los só-

lidos, líquidos o gases que contienen.

Esta segunda misión pasiva o de resistencia es algo más primordial, más hundido en la raíz de la vida que la función activa o del movimiento. La resistencia que hace una ostra a ser abierta no da la sensación de cosa animada, mientras que el cierre brusco de la concha de este molusco cuando se le excita nos muestra ya un acto de *personalidad* animal bien definida. El órgano encargado de mantener la tensión obedece a un principio vital inferior, es un órgano de la *vida vegetativa*. El órgano del movimiento obedece a un sistema superior, el de la *vida animal o de relación*.

#### FIBRAS MUSCULARES LISAS Y FIBRAS MUSCULARES ESTRIADAS

El tipo de los órganos mantenedores de la tensión o vegetativos es la *fibra muscular lisa*. En los organismos supe-

riores, estos elementos mantienen los lentos cambios de forma y la tensión apropiada en los órganos vegetativos del cuerpo: tubo digestivo, aparatos secretores, etc. Para acomodarse a esta función, la estructura de estas fibras es sencilla y su encogimiento es lento, pero una vez contraídas se mantienen en este estado de un modo indefinido acomodándose al esfuerzo que hacen con una resistencia cérea, inelástica.

En cambio, las *fibras musculares estriadas* que producen los movimientos visibles del animal, tienen una estructura más complicada, que ya indica su nombre. Su encogimiento es rápido, pero se relajan también bruscamente en cuanto no reciben una iniciación central adecuada; por eso, su contracción sólo puede sostenerse a expensas de un fuego graneado de órdenes centrales.

## LA CONTRACCIÓN EN LOS MÚSCULOS ESTRIADOS

Dejemos de lado, por el momento, a los músculos lisos. Como es sabido, el juego de nuestros movimientos, de nuestros gestos, se debe a la contracción de los músculos estriados que hace cambiar la situación respectiva de las piezas del esqueleto o de la piel en que se insertan. Esta contracción se produce por un mandato de la voluntad que le llega al músculo por intermedio del nervio motor y puede ser reproducida por una excitación directa, mecánica o eléctrica.

¿Pero a qué se debe este encogimiento de fibras musculares que caracteriza la contracción? Lo que hemos dicho anteriormente, induce a pensar que el proceso que se verifica en la fibra muscular es un cambio de estado físico, una especie de gelatinización producida por una brusca reacción química desencadenada por la excitación. Multitud de teorías han

tratado de poner en claro la naturaleza de este proceso íntimo de la contracción, pero la mayoría estaban en contradicción con los hechos. Efectivamente, hasta el momento actual sólo se poseen algunos datos de valor acerca de los fenómenos mecánicos, físicos y químicos que acompañan a la contracción, y las teorías formuladas sobre la misma se basaban casi todas sobre uno de estos datos con desconocimiento de los demás. Examinemos brevemente lo que hoy se sabe sobre estas manifestaciones de la función muscular.

#### LA CONTRACCIÓN VISTA AL MICROSCOPIO

En las fibras de los músculos voluntarios, revela el microscopio, como es sabido, una estriación transversal debida a la sucesión a lo largo de la fibrilla de bandas claras y oscuras. Las listas oscuras son birrefringentes a la luz polari-

zada (*anisótropas*) y las claras son monorefringentes (*isótropas*). Durante la contracción, se hace más estrecha la banda obscura y se ensancha muy ligeramente la banda clara. Las mediciones muy rigurosas hechas por Hürthle parecen demostrar que al contraerse la fibra las bandas oscuras se concentran expulsando líquido que en parte es recogido por las bandas claras y en parte va a parar a los intersticios entre las fibras.

Todo hace, pues, suponer que es en la banda obscura donde se encuentra el mecanismo de la contracción. La observación con el ultramicroscopio y la espectroscopia con los rayos X parecen indicar que dicha banda obscura está integrada por una serie de granitos cristalinos y que en estos granitos reside la propiedad de la birrefringencia. Durante la contracción, disminuye la birrefringencia de tales formaciones submicroscópicas y esto parece indicar que el fe-

nómeno es debido a un cambio en su estado molecular. En el momento actual no puede precisarse más.

#### FENÓMENOS MECÁNICOS DE LA CONTRACCIÓN

Mecánicamente, es fácil apreciar que el músculo disminuye de longitud y aumenta de espesor al contraerse, sin que por ello cambie su volumen total. También es fácil comprobar—y los atletas lo saben perfectamente—que el músculo contraído es más duro. Observaciones antiguas han hecho creer durante largo tiempo que el músculo se volvía menos elástico al contraerse, es decir, que si estando relajado era como una cuerda de goma, estando contraído se convertía, un poco, en una cuerda de cáñamo. El efecto mecánico de la contracción sería debido, según esto, a que el músculo adquiere en tal momento una forma de elasticidad nueva. Los traba-



jos más modernos no niegan este cambio en la elasticidad del músculo, pero excluyen que a él simplemente sea debido el trabajo mecánico desarrollado en la contracción.

#### FENÓMENOS QUÍMICOS DE LA CONTRACCIÓN

El estudio químico de los músculos en actividad demuestra, en primer lugar, que la reacción de éstos cambia haciéndose ácida y que este cambio de reacción es debido a la producción de ácido fosfórico y de ácido láctico, sigularmente del último. En cambio, disminuye la proporción del glucógeno que el músculo en reposo alberga en gran cantidad. Un proceso de fermentación produciría la transformación de dicho glucógeno en ácido láctico liberándose con ello la energía química que determina la contracción. El proceso sería comparable al de la transformación del azúcar del zumo de uva en alcohol y ácido carbónico.

## IDEAS CLÁSICAS SOBRE LA CONTRACCIÓN

Forzando esta analogía, los fisiólogos clásicos atribuían la contracción a un sencillo proceso químico, a una combustión. El músculo, decían, *quema* el azúcar (*pari passu*, el glucógeno) como una máquina de vapor quema su carbón para producir fuerza. Únicamente, que aquí la combustión es muy rápida y en el músculo es lenta. Tan lenta como la que se verifica en la fermentación del azúcar de la uva donde también se produce calor y un cierto trabajo mecánico: el borboteo espumoso de la fermentación. Dos hechos incuestionables apoyan esta hipótesis y son el mayor consumo de oxígeno que el organismo hace durante el trabajo muscular y el aumento en el calor corporal que sigue siempre a este trabajo.

## TERMODINÁMICA DEL MÚSCULO

Que el organismo saca su energía motora de la transformación química de los compuestos de carbono que entran en su alimentación es indudable. Y también lo es que esta transformación se lleva a efecto con producción de calor y con gasto de oxígeno. El calor producido en la contracción muscular está siempre en proporción con el trabajo mecánico que el músculo realiza. Es decir, a tal grado de calentamiento del músculo corresponde tal cantidad de trabajo mecánico, y si ésta no se traduce al exterior—como pasa por ejemplo cuando uno quiere cargar un peso superior a sus fuerzas—se sobrecalienta el músculo en un grado equivalente al trabajo no producido lo mismo que se calienta un motor de automóvil ante una fuerte pendiente. El músculo cumple, pues, la primera ley de la termodinámica que se ex-

presa por la fórmula  $\frac{T}{Q}$ , es decir, que «En toda transformación de calor en trabajo o de trabajo en calor, hay una relación invariable entre ambos términos. En cualquier caso, al pasar de una a otra forma, la energía ni se crea ni se pierde, sólo se transforma conservándose íntegra».

Mas, para que el músculo pudiera ser asimilado a un motor térmico, a una máquina de vapor, debería poder aplicársele el principio de Carnot o segunda ley de la termodinámica que dice así (1): «El rendimiento térmico no depende de la naturaleza de la máquina ni de las transformaciones que en ella experimenta el calor, sino solamente de la diferencia entre las temperaturas antes y después de efectuarse el trabajo mecánico.

---

(1) Véase «Memoria acerca del funcionamiento de las máquinas de vapor» por Sadi Carnot, en esta Biblioteca.

## CALORIMETRÍA DE LA CONTRACCIÓN

¿Se encuentra el músculo en estas condiciones? Evidentemente, no. El trabajo mecánico que realiza un músculo es mucho mayor que la diferencia entre sus temperaturas al empezar y al terminar la contracción. Hill y Meyerhof han hecho recientemente y de un modo irrefutable la medición del calor desarrollado por los músculos en reposo y en contracción. Encuentran así que, en términos generales, se produce: 1.º Una gran cantidad de calor en el momento de empezar la contracción. 2.º Este «calor inicial» decrece durante el curso de la contracción hasta un punto del cual ya no desciende. 3.º Un instante después de cesar la actividad del músculo se produce un nuevo «calor de relajación» que alcanza casi la misma altura que el calor inicial. 4.º Todavía unos segundos después de terminar la contrac-

ción se produce una nueva emisión de calor retrasado (*delayed heat*) que también por lo que hemos de ver, se llama «de restitución» y que dura uno o dos minutos.

Como se ve, la calorimetría del motor muscular no tiene nada de común con la de un motor térmico ni la teoría termodinámica del trabajo muscular, tan cara a los fisiólogos del siglo pasado, puede hoy sostenerse en modo alguno. Es indudable que gran parte del calor desarrollado por los músculos se debe a reacciones químicas, pero éstas no son en modo alguno una combustión simple. En todo caso, no todo este calor es de origen químico, pues, como han demostrado Hartree y Hill, parte de él es debido a los rozamientos internos, al cambio de forma del músculo y a la variación en sus propiedades elásticas durante la contracción. Este efecto *termoelástico* contribuye en un 5 por 100 a la emi-

sión de calor inicial o de la primera fase de la contracción.

CURSO QUÍMICO DE LA CONTRACCIÓN.  
LA CONTRACCIÓN ANAEROBIA

Los trabajos modernos han echado también por tierra los fundamentos químicos de la teoría de la combustión. Resulta de aquéllos que gran parte del proceso químico que determina la contracción puede desarrollarse sin necesidad de oxígeno. Esto indica que, al menos durante una cierta fase de la contracción, el músculo no es «un hogar en que se quema el carbono». No cabe duda que el organismo en general consume más oxígeno después de un largo trabajo, pero nada prueba que durante este trabajo haya estado absorbiendo el músculo el oxígeno que ha de reponer después una respiración anhelosa. Al contrario, parece que cuando el músculo

necesita este oxígeno es precisamente *después* de contraerse, o sea en la fase de reposición como si la presencia de este elemento fuera necesaria sólo para reconstituir substancias gastadas en la contracción.

El análisis más detallado de esta función parece demostrar que pasa por las siguientes fases químicas en correspondencia no bien determinada con las fases termicas antes expuestas:

1.<sup>a</sup> El principio de la contracción va unido a la aparición de una cierta cantidad de ácido fosfórico. Parece que este ácido es el *desencadenante* de la contracción, pues no vuelve a aparecer en el transcurso de la misma.

2.<sup>a</sup> El papel de sostenedor de la contracción correspondería al ácido láctico que aparece constantemente mientras aquella dura. Su origen parece ser la descomposición de un complejo glucosforado que contiene la fibra muscular



y que se ha llamado provisionalmente *lactacidógeno*.

3.<sup>a</sup> El fin de la contracción marca el principio de la síntesis de este lactacidógeno que vuelve a rehacerse con las cenizas lácticas y con los nuevos aportes de azúcar que le trae la sangre. En este momento de la reparación se necesita, como hemos dicho, la presencia del oxígeno.

El azúcar y el oxígeno no son, según esto, el alma de la contracción, sino los elementos de reparación con que vuelve a regenerarse el músculo después de la contracción. El proceso mismo de ésta es *anaerobio*, o sea que transcurre sin intervención del oxígeno.

#### ESBOZO DE UNA TEORÍA DE LA CONTRACCIÓN

Ligar todas las adquisiciones recientes, que sólo hemos expuesto ligerísimamente, en una teoría de la contracción

muscular es todavía muy expuesto. Es indudable que esta teoría tiene que tener en cuenta todos estos factores no pretendiendo encontrar la explicación del fenómeno, ni en una pura reacción química, ni en un simple proceso físico, sino en un conjunto de fenómenos simultáneos de todas estas naturalezas. La dificultad está en que la mayoría de los datos con que hoy contamos no tienen suficiente consistencia ni clara ensambladura entre sí.

De todos modos, lo que parece más probable hoy es que el proceso íntimo de la contracción tiene más de físico que de químico y, en último análisis, consiste en la formación brusca de una jalea o coágulo en el interior de la fibra muscular. Esta jalea tendría forma fibrilar o reticular como resultado de una ordenación, en distinto sentido que en el reposo, de las granulaciones submicroscópicas que aparecen en la banda birrefringente.

Desde luego, la sustancia que forma estos granitos o, simplemente, la que experimenta la gelatinización tiene que ser de naturaleza albuminoidea.

En cambio, los procesos químicos que desencadenan la contracción tienen lugar entre compuestos menos complejos: los hidratos de carbono (azúcar, glucógeno). Todo parece indicar que estos procesos no tienen por objeto más que la liberación, en un momento dado, del ácido láctico y que este ácido es el causante de la especie de coagulación que experimentan las albúminas del músculo al contraerse. La acción de *cuajar* las sustancias albuminoideas es muy propia de los ácidos débiles como el láctico y de ello existen abundantes ejemplos en la naturaleza. *Un cambio de estado físico de la fibra muscular producido a su vez por una causa química parece ser, en todo caso, la causa de la contracción.* Adviértase la semejanza de este proceso con el

que hemos visto producía las elementales manifestaciones motoras de los amibos o de los infusorios.

FATIGA MUSCULAR. CONTRACTURAS.  
RIGIDEZ CADAVÉRICA

El cambio en el estado físico del músculo explica el que, de distensible que era en reposo, se haga indistensible, es decir, capaz de aguantar una determinada tensión durante la contracción. Cuando ésta dura mucho, el músculo se hace distensible de nuevo, verosimilmente porque un exceso de ácido láctico vuelve a disgregar la jalea muscular. En tal caso, se dice que el músculo se fatiga y el aporte de oxígeno que viene con el descanso permite la reintegración de este ácido en exceso y al mismo tiempo la síntesis de la sustancia de donde se han de sacar nuevas contracciones. Cuando el oxígeno falta de un modo permanente

y este proceso de reparación no se verifica ya, por tanto, los coloides del músculo toman un estado de coagulación definitiva e irreversible. Si la falta de oxígeno es puramente local, el músculo afectado se *contractura*, es decir, se cuaja en unas dimensiones invariables. Pero cuando la muerte es la causa de esta privación del oxígeno, dicho proceso de coagulación final determina el fenómeno de la rigidez cadavérica.

#### LA CONTRACCIÓN EN LOS MÚSCULOS LISOS

El proceso íntimo de la contracción muscular se desarrolla de una manera distinta según que ésta haya de tener por efecto una acción de resistencia o una acción motora. En el primer caso, los coloides del músculo pasan lentamente de un estado a otro haciéndose la fibra más larga o más corta según que aquéllos se fluidifiquen o se espesen.

Para esto, el músculo necesita una orden central y se realiza en su interior un cierto trabajo químico. Pero fuera de este momento la fibra lisa no realiza, puede decirse, trabajo alguno cualquiera que sea el peso que soporte y lo mismo si está alargada que si está contraída. Analizando los cambios químicos de una capa muscular lisa o midiendo la corriente eléctrica de acción que se desarrolla en su trabajo, se ve que, mientras dicha capa no se encoge o se dilata, ni se verifican en ella cambios químicos apreciables ni se produce corriente alguna. Las fibras lisas realizan su trabajo de sostén o apoyo como la verificaría una cuerda o un tejido inerte.

#### LA FUNCIÓN DE SOSTÉN O APOYO EN LOS MÚSCULOS ESTRIADOS

Las acciones motoras requieren, en cambio contracciones del tipo que hemos expuesto como característico del múscu-

lo estriado, es decir, concentraciones bruscas del agregado coloidal que exigen un intenso proceso químico y, por tanto, una reiterada orden central para ser mantenidas. Cuando esta orden cesa el músculo queda en reposo.

Pero este reposo no es tan absoluto como parece. Es indudable que los músculos que sirven para mover nuestros brazos y piernas sirven también para mantener la forma de estas partes uniendo pasivamente, como cuerdas tirantes, las piezas esqueléticas que las forman. Cuando uno trata de cambiar pasivamente la postura del cuerpo de una persona nota siempre una resistencia que no depende de la voluntad del examinado pues persiste durante el sueño y la narcosis anestésica. Los cambios químicos de los músculos en este estado de *no contracción* son insignificantes y las corrientes de acción, tan vivas en la contracción voluntaria, son nulas mientras el músculo

no hace más que este papel de sostén involuntario.

#### EL TONO MUSCULAR

Los músculos estriados realizan, pues, además de sus contracciones especiales, «una fuerza de situación fija» (Barthez, 1806), es decir, un esfuerzo de tensión que no tiene ninguna de las características de la contracción voluntaria y que, en cambio, se asemeja en un todo a la tirantez constante, plástica y como inerte de los músculos lisos. El músculo estriado al tener que adaptarse a una función tan primordial como es el mantenimiento de la forma del cuerpo, se comporta un poco como un músculo liso. Y a esta modalidad funcional se le llama *tono muscular*.

Un mismo proceso físico debe de producir las contracciones bruscas y el tono en los músculos estriados. El tono sería



mantenido por un estado de semicoagulación del coloide muscular debido verosimilmente a la presencia de una cierta cantidad de ácido láctico en el interior de los elementos motores, aun en el estado de reposo. En los músculos lisos, este estado de semicoagulación sería mucho más estable que en los músculos estriados, por eso saldrían más difícilmente de él. Por esto, también, el estado tónico, es decir, el *cuajarse* pasivamente en todas las longitudes y posiciones es la característica más acusada del músculo liso.

#### PAPEL DEL SOSTÉN TÓNICO DURANTE LA CONTRACCIÓN

En los músculos voluntarios este estado de tono no sólo sostiene la forma de nuestros miembros evitando que pendan inertes como los de un polichinela, sino que sostiene o apoya a los músculos en su contracción. El efecto de este apoyo o

sostén interno sería el de un diente, gatillo o escape que sostiene la tensión alcanzada por un muelle de reloj al darle cuerda. De la misma manera que este dispositivo mecánico evita un gasto de fuerza para sostener la tensión del resorte, el estado tónico ahorra una parte de la energía necesaria para mantener una contracción.

#### TEORÍA DE LA DUALIDAD FUNCIONAL DEL MÚSCULO

Para explicar la coexistencia en un mismo aparato muscular de las dos funciones contractil y de sostén se ha admitido que en el músculo estriado se reúnen dos elementos distintos: el material estriado que produce las contracciones y el sarcoplasma—o porción no diferenciada del protoplasma fibrilar—que está encargado de la función que llamaremos lisa o de sostén. Las investigaciones de Uexküll en los invertebrados han dado

verosimilitud a esta teoría. Las almejas *pectineas*, por ejemplo, tienen un músculo ocluser de la concha formado por dos partes visiblemente distintas; una transparente que sirve para cerrar rápidamente la concha y otra blanca, opaca, que sigue pasivamente en su contracción a la porción translúcida, pero que tiene la misión de cuajarse en esta actitud de contracción manteniendo rígidamente y de un modo indefinido el cierre de la concha.

En los músculos del hombre la parte correspondiente al músculo claro de la almeja sería la porción estriada y la correspondiente al músculo blanco sería el sarcoplasma. Sin embargo, los hechos no parecen confirmar esta teoría de *la dualidad funcional del músculo* a pesar de lo atrayente de su concepción.

Por de pronto, lo que se entiende por sarcoplasma, es decir la masa semilíquida que rodea los elementos contrac-

tiles no es una realidad histológica puesto que no presenta estructura ninguna apreciable al microscopio. En todo caso, es difícil concebir cómo puede tener la propiedad de contraerse un elemento que no está dispuesto en fibras, ya que, según hemos dicho, la estructura fibrilar aparece desde que los tejidos se encogen en un solo sentido.

Cabe pensar, de todos modos, que el sarcoplasma podría sostener la contracción envolviendo los elementos contractiles en una jalea espesa que les sirviera como freno externo o de fricción. En el momento presente no hay prueba alguna en pro ni en contra de esta suposición.

#### DISPOSICIÓN GENERAL DE LOS MOTORES MUSCULARES

Los movimientos de nuestro cuerpo se verifican a expensas del juego de numerosas palancas óseas articuladas de un

modo muy parecido al de las máquinas de la industria. Lo único que diferencia a estas máquinas de las animales es que en éstas el motor es múltiple y está colocado allí donde el juego articular le hace necesario. Estos motores múltiples son los músculos.

Al contraerse los músculos tienden a acercar sus puntos de inserción en las palancas óseas y éstas se desplazan, produciéndose el movimiento. La dirección de éste dependerá de la orientación del músculo que lo origina. Sin embargo, dentro de cada músculo en particular —según se les describe en la anatomía— no todas las fibras siguen la misma dirección ni, por tanto, puede ser igual su efecto mecánico. La parte anterior del deltoides humano lleva el brazo hacia delante, la parte media lo separa directamente hacia fuera y la posterior lo lleva hacia atrás y lo acerca al cuerpo. Como se ve, las fibras de este músculo tienen

acciones diversas y hasta encontradas.

Otras veces, las fibras se concretan en un tendón y éste se refleja sobre un saliente óseo cambiando de dirección. En tal caso, la resultante del esfuerzo muscular coincidirá con el último trayecto de dicho tendón después de la reflexión.

También cambia la dirección de la resultante cuando el músculo no pasa directamente de un hueso al vecino sino a otro más alejado. En tal caso, se interponen entre ambas inserciones musculares, no una, sino dos o más articulaciones y el desplazamiento de las piezas intermedias es mucho más complicado. Ejemplo de músculos *monoarticulares* es el braquial anterior que mueve el antebrazo contra el brazo. Ejemplos de músculos *biarticulares* son el semitendinoso y semimembranoso que saltan desde la pelvis a la pierna por encima de la cadera y rodilla, contribuyendo, por tanto, al movimiento de estas dos

articulaciones. Como músculos *poliar-  
ticulares* citaremos los flexores largos de  
los dedos que pasan por encima de la  
articulación de la muñeca y de las de  
los dedos.

#### TRABAJO DEL MÚSCULO Y FACTORES QUE LO DETERMINAN

El trabajo que realiza cada músculo puede medirse por el peso que es capaz de sostener y el espacio o trécho en que es capaz de acortarse moviendo las palancas óseas. El factor fuerza depende del número de fibras musculares con que cuenta el músculo, de la misma manera que un grueso haz de cordones de goma puede soportar más peso que una sola goma. El factor camino recorrido depende de la longitud de las fibras que forman el músculo, por lo mismo que una goma de veinte centímetros puede alargarse más que una de diez.

Prácticamente, puede calcularse la fuerza de un músculo conociendo el área de su sección máxima, es decir su grosor, y sabiendo el peso que es capaz de aguantar un grosor dado de músculo durante su contracción máxima. Este dato de la *fuerza muscular absoluta* es muy variable como se comprende y ha dado cifras muy distintas en manos de los diferentes autores que le han comprobado. Por término medio, puede decirse que dicha fuerza es de diez kilogramos por centímetro cuadrado. Es decir, que un músculo grueso como el meñique es capaz de sostener, cuando está contraído al máximo, un peso de diez kilos.

#### ACOMODACIÓN DE LOS MÚSCULOS A SUS FUNCIONES

La longitud de las fibras, como el número de las mismas o masa del músculo, se acomodan enteramente al trabajo que este órgano haya de verificar. Los músculos que necesitan acortarse mucho para



que los huesos correspondientes se muevan, tendrán las fibras largas; los que necesiten realizar un gran esfuerzo para que el movimiento se inicie, serán gruesos o abundantes en fibras.

Es evidente que la fuerza que tiene que desarrollar un músculo para mover una palanca ósea será tanto menor cuanto más largo sea su brazo de palanca, es decir, su distancia a la articulación donde se produce el movimiento. Si esta distancia es muy corta, la tensión que tengan que desarrollar las fibras habrá de ser mayor, pero, en cambio, bastará un pequeño acortamiento de éstas para comunicar un amplio movimiento a la palanca ósea. Cuando el brazo de palanca sea largo, el acortamiento necesario para producir un movimiento análogo tendrá que ser mayor. El trabajo mecánico en un caso y en otro es el mismo, solamente que lo que en uno se ahorra de fuerza se gasta en camino recorrido y viceversa.

## MÚSCULOS DE FIBRA LARGA Y MÚSCULOS DE FIBRA CORTA

Según esto, podrán dividirse nuestros músculos en dos clases: 1.<sup>a</sup> Músculos de fibras largas que trabajan con favorable brazo de palanca: destinados a los movimientos poco extensos y preferentemente a las funciones de sostén. El tipo de estos músculos es el biceps braquial y en general los flexores y aproximadores, es decir, los músculos que producen las actitudes de flexión y encogimiento del cuerpo. Es probable que en estos músculos sea más importante el elemento tónico. 2.<sup>a</sup> Músculos de fibras cortas y numerosas que trabajan con corto brazo de palanca. Son los músculos destinados a los movimientos rápidos y, por tanto, los más dependientes y necesitados del mandato nervioso central. Esto se debe a que en ellos el elemento tónico es menor y, además, a que tienen mayor número de fibras que poner en juego—

podríamos decir más individuos que poner de acuerdo—para obtener un efecto dado. Por eso, estos músculos son más rápidamente fatigables y, en último término, más débiles. Tipos de ellos son el deltoides, separador del brazo, el cuadriceps extensor de la pierna y en general todos los músculos que extienden y despliegan las partes de nuestro cuerpo.

Cuanto más se descende en la escala zoológica, tanto más favorable es la disposición de las palancas óseas para el trabajo de los músculos. Consecuencia de ello es un predominio de la musculatura de fibra larga o de flexión tanto más acentuado cuanto más inferior es el animal. Este predominio se mantiene hasta llegar al hombre, pues nuestra especie es la primera en que aparece la actitud erecta con el tronco erguido y las extremidades en extensión.

EL EQUILIBRIO DE LAS TENSIONES MUSCULARES  
Y LA POSTURA

Hemos indicado ya que los músculos siempre quedan un poco tensos entre los huesos en que se insertan cualquiera que sea la posición respectiva de éstos. Cuando se mantiene el antebrazo de una persona doblado pasivamente sobre el brazo todo lo que es posible, no queda por esto flácido o *arrugado* el músculo biceps, pues si en tal momento se corta su tendón todavía se encoge un poco como una goma atirantada que se suelta. Claro es que esta tensión aumenta cuando el brazo es colocado en extensión.

Esta tirantez, cuya causa hemos examinado anteriormente, es el principal sostén de nuestros acoplos articulares. La tensión de los músculos de un lado de la juntura debe quedar equilibrada por la de los músculos del otro lado. Tal equilibrio se alcanza efectivamente en

ciertas posiciones que uno instintivamente encuentra *cómodas* y que, como puede observarse, son siempre actitudes de ligera flexión. En tanto el cuerpo se mantiene en ellas, el gasto de energía muscular es insignificante e innecesaria toda excitación nerviosa central. Esta, no entra en juego más que cuando dicho equilibrio se rompe.

MÚSCULOS ACTIVAMENTE INSUFICIENTES  
Y PASIVAMENTE INSUFICIENTES

En los músculos biarticulares no puede ser el mismo el efecto de esta tensión muscular. Aquí, puede suceder que si se colocan los miembros pasivamente en una actitud extrema llegue el músculo a quedar completamente flojo y, por tanto, incapacitado para hacer sentir su acción sobre los huesos. Cuando uno flexiona fuertemente la rodilla quedan tan flojos los músculos gemelos, que saltan desde ella al pie, que no son capaces de

flexionarlo más que ligeramente. En tal momento se ha hecho el músculo *activamente insuficiente*.

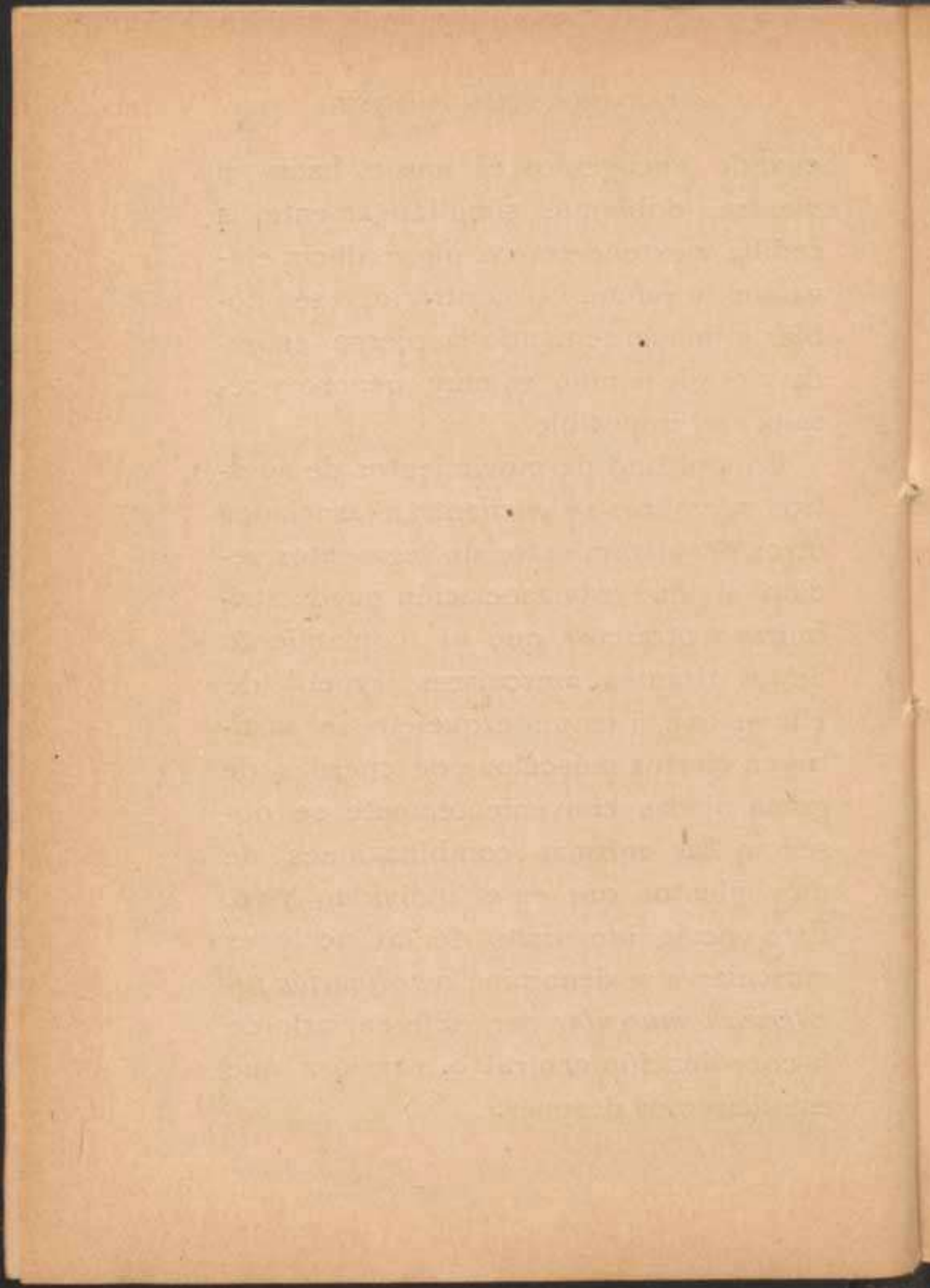
En cambio, cuando se pone la rodilla del todo extendida quedan tan atirantados los gemelos que uno no puede extender el pie sin sentir una penosa sensación hacia la corva que denota la distensión excesiva que está sufriendo el músculo. En tal caso, el movimiento articular ha sido detenido por la tirantez del músculo *pasivamente insuficiente*. Fenómenos análogos pueden observarse en los flexores de la cara posterior del muslo, en los flexores de los dedos, etc.

#### LA COORDINACIÓN MUSCULAR O PERIFÉRICA

Incapacitados unas veces para actuar y obrando otras como un freno del movimiento, los músculos biarticulares hacen que los desplazamientos de nuestros miembros se combinen necesariamente de una manera determinada. Así,

cuando encogemos el muslo hacia el vientre, doblamos simultáneamente la rodilla y extendemos el pie, es decir, elevamos su punta. Lo contrario, o sea doblar el muslo teniendo la pierna estirada y el pie equino es muy penoso y resulta casi imposible.

En multitud de movimientos de nuestros miembros se encuentran asociados otros desplazamientos de segmentos vecinos sin que esta asociación pueda atribuirse a otra cosa que al acoplamiento de los tirantes musculares. Prueba de ello es que si en un esqueleto se sustituyen ciertos músculos por cuerdas de goma fijadas convenientemente, se observan las mismas combinaciones de movimientos que en el individuo vivo. Este encaje inmediato de las acciones musculares se denomina *coordinación periférica o muscular* para diferenciarlo de la coordinación central o nerviosa que estudiaremos después.





## SEGUNDA PARTE

### **Mecanismos centrales del movimiento. La función inervatoria.**

#### EL SISTEMA NERVIOSO, CENTRO DE LA PERSONALIDAD ANIMAL

En tanto los movimientos de un ser vivo responden exactamente a las variaciones del medio que le rodea, puede decirse que el organismo en cuestión carece de personalidad animal. Cabe dudar si la tiene el amibo ya que, según vimos, pueden reproducirse artificialmente sus movimientos, tan complicados y eficientes en apariencia. Pero al dibujarse los primeros órganos especiales de movimiento esta personalidad animal se manifiesta claramente. El fermento químico que desde el centro de una

radiolaria es lanzado a las fibras contractiles para que se coagulen, es la primera manifestación de un *yo* balbuciente de una afirmación de personalidad que reacciona contra el medio de un modo peculiar y autónomo. No existe todavía en estos animales un aparato coordinador de las diversas funciones del animal, pero existe esta función coordinadora que da al ser su *yo* sustantivo. La función ha aparecido antes que el órgano. Y este órgano es el sistema nervioso.

#### PRIMERAS ESTRUCTURAS NERVIOSAS

Las primeras estructuras nerviosas aparecen en una época bastante precoz del desarrollo animal, pero son, de todos modos, posteriores a la aparición de los órganos motores. Los músculos son más antiguos que los nervios y, en tanto que éstos no existen, el mando de los mo-

vimientos se hace, como hemos dicho, por reacciones químicas. Pero este procedimiento resulta demasiado premioso cuando el animal ha adquirido ya cierta complicación. La aparición de órganos especiales de conexión orgánica responde a la necesidad de transmitir más rápidamente las órdenes motoras y obtener una más adecuada cooperación de todas las funciones del animal.

Para adaptarse a esto, el sistema nervioso primitivo se compone de una serie de filamentos de unión entre las células que forman la cubierta exterior del animal y los elementos contractiles situados inmediatamente por debajo. Toda acción exterior—contacto, roce—actuando sobre dichos elementos de recubrimiento exterior se traduce en una orden de contracción a todos los elementos contractiles del animal.

Una anémona de mar, por ejemplo, se mueve en masa, cuando se la toca en

cualquier punto de su superficie. La red nerviosa deja aquí fluir la incitación sensitiva hacia *todo* el sistema motor del animal sin ponerle traba alguna.

Un fenómeno análogo de transmisión indiscriminada de las excitaciones a todo el sistema muscular, ocurre en los animales superiores cuando se les envenena por la estricnina. Toda excitación de la piel o de los sentidos produce en estos casos una serie de contracciones de los músculos de todo el cuerpo. El sistema nervioso del perro estricnizado se comporta como el de una anémona de mar, es decir, deja fluir la excitación a todos los ámbitos de él, como si fuera una extensa canalización sin compuerta alguna.

#### REDES NERVIOSAS PRIMITIVAS

Progresando en complejidad, el sistema nervioso toma la forma de red y, con ello, adquiere la propiedad no sólo de

transmitir las excitaciones sino de discernirlas y encauzarlas. A la excitación que viene de una zona de la periferia corporal, responde siempre una contracción de *ciertos* elementos motores. Esta respuesta deja, pues, de ser difusa para ser *adecuada* a las necesidades defensivas del animal. Cuando se introduce un cuerpo extraño entre dos brazos de una estrella de mar, se verifica siempre un movimiento de acercamiento de estos brazos que aprisiona el cuerpo extraño, sin que los restantes brazos se muevan.

#### LEY DE UEXKÜLL Y SUS APLICACIONES

Esta adecuación de los movimientos tiene un profundo carácter finalista, pero obedece, al parecer, a una ley bien simple que ha sido enunciada por v. Uexküll. Según este autor, la excitación motora que fluye de la red nerviosa va siempre a los músculos distendidos y no va a los relajados. Cuando, en el ejemplo an-

terior, una piedrecita separa una de otra las ramas de una estrella marina, distiende necesariamente las fibras musculares que van por las caras frente a frente de estos brazos. La respuesta a este estado de distensión es una orden de contracción a los músculos que se traduce en un movimiento de acercamiento de las ramas.

Cuando en un animal superior se simplifican al máximo las conexiones nerviosas, puede verse que también aquí se cumple la ley de que la excitación va a los músculos distendidos. En un perro al que se le ha seccionado la medula quedan los cuartos traseros privados de todo influjo nervioso superior. En tales condiciones, si se excita la piel de una de las patas se produce en ella y en la opuesta una contracción que es distinta según la posición en que se mantuviera previamente dicha pata. Si se la mantenía encogida, se contraen los extensores atiran-

tados y la pata se estira; si se la mantiene en extensión se contraen los flexores, ahora más tensos, y la pata se encoge.

Este juego de excitaciones correspondientes al estado de distensión de la musculatura es el que mantiene la locomoción en los animales inferiores. La presión del agua haciendo entreabrirse las ramas del erizo de mar determina una contracción de acercamiento que distiende a su vez los músculos de las caras opuestas antes relajados. Síguese a esto una contracción de tales músculos que separa las ramas en cuestión y, de este modo, se verifican una sucesión de movimientos rítmicos que hacen progresar al animal.

¿Obedecerán también a este mecanismo los movimientos rítmicos de progresión de los animales; los mismos movimientos de la marcha del hombre? En último análisis, sí. Es indudable que, si la ley tiene un carácter general, cuando

una persona, al andar, avanza el muslo pone en disposición de contraerse a los músculos flexores del mismo que quedan atirantados, con esto viene un movimiento de muslo y pierna hacia atrás que atiranta los extensores preparando la contracción de éstos. De este modo se verifica sencillamente la sucesión de los pasos. Sin embargo, en este juego intervienen mecanismos muy complejos que le encubren enteramente según hemos de ver.

#### LA DISPOSICIÓN SEGMENTARIA. LA NEURONA

Un enorme progreso se verifica en el sistema nervioso cuando los animales presentan la disposición longitudinal en vez de la radiada que hemos considerado hasta ahora. En estos animales segmentados cuyo tipo son las lombrices y los gusanos, la canalización piel-músculo es especial para cada anillo o segmento



del animal. Con esto, quedan naturalmente encauzadas y limitadas las respuestas motoras. Sin embargo, lo que caracteriza el progreso en estos seres es la aparición de la *célula nerviosa o neurona*. Hasta aquí, la red nerviosa no tenía más que un carácter servil de transmisión pasiva. Con la aparición de la neurona el sistema nervioso adquiere plena individualidad, pues ya no es solamente en la periferia donde se determina la forma de sus respuestas motoras, sino que un elemento especializado elabora y discierne estas respuestas haciéndose, pudiéramos decir, responsable de ellas.

#### ACTOS REFLEJOS SIMPLES

Como es sabido, toda célula nerviosa consta de un cuerpo central, una prolongación larga o *axon* que se proyecta hacia la periferia y numerosas prolongaciones cortas o *dendritas* que ponen la

célula en conexión con las vecinas. Unas de estas células se conexionan con el tegumento externo por su prolongación larga y tienen por misión recoger incitaciones del exterior; son las *neuronas sensitivas*. Otras llegan con su axon a los músculos llevando a ellos la excitación que les hace contraerse; son *las neuronas motoras*.

Desde que la neurona entra en escena, el acto nervioso más simple consta de una incitación sensitiva que es recogida por una célula de esta clase la cual la transmite por sus dendritas a una célula motora y ésta a su vez envía una orden de contracción a los músculos del segmento o anillo correspondiente. He aquí lo que se llama un *reflejo simple*.

#### CONEXIONES INTERSEGMENTARIAS

Pero esta sencilla disposición no puede bastar ni aun en los animales más in-

feriores, pues es evidente que si las respuestas motoras quedaran limitadas a un solo segmento, no podría moverse el animal de un modo armónico y eficaz. Para establecer esta comunicación intersegmentaria existen otras células: las *neuronas de asociación* que, como indica su nombre, conexionan entre sí las distintas estaciones haciendo que las impresiones sensitivas alcancen a mayores territorios combinando así una más amplia respuesta motora.

La complejidad creciente de estas asociaciones caracteriza al sistema nervioso de los animales superiores. Sin embargo, a pesar de este entramado complicadísimo, todavía se encuentran en el hombre claros vestigios de la disposición segmentaria y actos motores cuyo mecanismo es idéntico al de los reflejos simples de un segmento de anélido. Tipo de estos actos son los *reflejos tendinosos*.

## REFLEJOS TENDINOSOS

Como es sabido, consisten estos reflejos en una sacudida brusca que se presenta en ciertos músculos cuando se percute secamente su tendón o su inserción en el hueso. El efecto de esta percusión es un atirantamiento brusco de las fibras musculares que determina una impresión sensitiva transmitida a la medula. Dentro de ésta, se verifica la transmisión simple de esta excitación desde una neurona sensitiva a una motora y el resultado es la contracción brusca observada.

El carácter limitado de este acto se demuestra en la forma de la respuesta que siempre aparece en el músculo golpeado y sólo en él, como indicando que la excitación no se ha difundido a otros segmentos. Por eso, no varía el carácter de esta respuesta cuando se secciona la medula por encima y por debajo del te-

ritorio en que se verifica la interacción sensitivo-motora. La medula se comporta, pues, en estos reflejos como si estuviera *segmentada*, es decir, subdividida en una serie de centros nerviosos superpuestos y aislados entre sí.

#### RECEPTORES ESPECIALES Y CENTROS CEFÁLICOS

La aparición de *receptores especiales* motiva nuevas complicaciones en la organización nerviosa. Estos receptores especiales son zonas del tegumento externo diferenciadas para recibir impresiones, no meramente de contacto, sino a distancia, es decir, para recoger las vibraciones que producen el sonido, la luz, etc. Estos receptores son, como ya se adivina, los órganos de los sentidos.

La recepción de estas impresiones más complejas exige unas estaciones centrales de mayor masa y estas estaciones, establecidas preferentemente detrás de

la boca del animal forman la primitiva *cabeza*, es decir, el futuro centro superior de la personalidad animal. En estas masas encefálicas primitivas no sólo se reciben las impresiones olfativas, visuales, acústicas que permiten al animal una defensa más activa e inteligente, sino que se coordinan los movimientos de los diferentes segmentos inferiores subordinándolos al interés común. De aquí que, en lo sucesivo, la actividad de estos segmentos inferiores se encuentre siempre supeditada a las órdenes superiores.

#### CENTROS ASOCIATIVOS

La elaboración de estas órdenes presupone la actividad de numerosas células de asociación. Estas ya no se limitan a encauzar o a difundir los impulsos periféricos, sino que tienen la propiedad de oponerse al curso de estos estímulos

almacenando en sí, en el interior de la célula, la energía potencial que llevan. La neurona puede así, unas veces, impedir que una excitación se traduzca en un inmediato efecto externo y, otras veces, producir este efecto sin que para ello medie excitación alguna o sólo una mínima excitación. En otros términos, la neurona funciona como un *relai* eléctrico, es decir, como una válvula contra ciertas modalidades de la corriente y como un refuerzo de otras.

#### FUNCIONES CORDENADORAS DE ESTOS CENTROS

Las nuevas aportaciones sensoriales y el trabajo de estas células de asociación imponen un carácter especial a las respuestas motoras del animal superior. Estas ya no se presentan como un hecho necesario y previsto después de la excitación sensitiva. Las más de las veces, es esta excitación absorbida por los

centros y no hay, por tanto, respuesta motora. Otras veces, en cambio, esta respuesta es sumamente compleja, pues a su elaboración han contribuído una serie de impresiones anteriores que se almacenaron en los centros y han sido asociadas con el hecho presente.

#### REFLEJOS CONDICIONADOS

Estas reacciones de los seres superiores producto de complejos actos de asociación, han sido llamadas por Pavlov, *reflejos condicionados*. El tipo de ellos es la secreción psíquica de los animales y del hombre. Los ejemplos de este mecanismo reflejo son bien conocidos y se encuentran bellamente expuestos en un reciente libro de Marañón (1), por lo que nos consideramos dispensados de recordarlos.

---

(1) *Gordos y flacos*, en esta misma Biblioteca.



Con respecto a la esfera motora es muy interesante el siguiente experimento de Pavlov: un animal es colocado en una jaula de la que parten dos caminos; al final del uno se ha dispuesto una golosina y al final del otro hay un contacto eléctrico doloroso para el animal. Después de unas cuantas equivocaciones en la vía dolorosa el animal acaba por orientarse sin titubear en el buen camino sin que jamás vuelva a aventurarse en el otro. Si en este camino se dispone una luz roja y en el bueno una verde, por ejemplo, el animal asociará pronto este color con la idea placentera del regalo dirigiéndose alegremente en este sentido y se alejará de la otra luz que representa la idea del peligro.

#### LA EXPERIENCIA PRIMITIVA

Vemos aquí cómo se han almacenado consecutivamente varias impresiones

sensitivas, cómo se han asociado entre sí estas sensaciones y cómo se crea así un rudimiento de experiencia que orienta el movimiento del animal en el sentido más conveniente para su bienestar.

#### LA MEMORIA PRIMITIVA

La capacidad de los centros nerviosos superiores para almacenar impresiones es la base de una de las más altas manifestaciones del yo animal: la memoria. El animal empieza a formar el archivo de su memoria desde que sus células comenzaron a almacenar percepciones y sensaciones sin darles respuesta inmediata. Con esto abre la historia de sí mismo, que es la conciencia, y erige su personalidad proyectándola fuera de las leyes del mundo físico.

#### INTEGRACIONES MOTORAS SUPERIORES

Desde que los centros poseen esta preciosa carga de reminiscencias ante-

riores que es la conciencia—o la subconciencia, si se quiere—las manifestaciones motoras del animal no se verifican ya a tontas y a locas, sino que aparecen depuradas por un proceso de experiencia ancestral. Llegada a los centros una excitación, ésta se diluye entre los elementos asociativos donde se matiza diversamente según las impresiones anteriores con que se conexiona. Como resultado de ello, la corriente nerviosa difunde en un sentido y es detenida en otro, aquí es apagada y allí es reforzada. Y si el proceso llega a producir una manifestación exterior, es decir, un movimiento, éste presenta un carácter de finura y adecuación que le diferencian completamente de la grosera patada o la sacudida elemental con que respondía a las excitaciones el animal espinal.

## MECANISMO ÍNTIMO DE LAS INTEGRACIONES NERVIOSAS

Para realizar este papel de abrir o cerrar paso a las excitaciones, las células nerviosas se comportarían según Sherrington, como membranas capaces de hacerse más tupidas o más permeables dejando o no filtrarse su contenido energético. De las numerosas conexiones que una célula establece con las vecinas por medio de sus dendritas, unas podrían cerrarse obstruyendo el paso a la corriente y otras podrían abrirse dejando la vía libre en este sentido. Para realizar estas conexiones a su sabor la célula podría encoger o estirar unas dendritas u otras, estableciendo o no contacto con las células vecinas correspondientes (*amiboidismo nervioso*). También cabe suponer que las ramificaciones finales o de contacto del árbol celular forman una verdadera membrana capaz de sufrir alteraciones en su permeabilidad

por consecuencia de cambios en su tensión superficial.

#### EL PRINCIPIO DE LA EXPERIENCIA REGULADORA

¿Pero qué fuerza es la que abre o cierra estas conexiones encauzando en buen sentido la corriente nerviosa?... Teleológicamente, tales fenómenos son una de tantas manifestaciones del principio biológico de la subsistencia, de la conservación del individuo, de la «defensa de la vida», de la «lucha contra el medio». La necesidad de subsistir viene planteando a los animales una serie de problemas que se han ido resolviendo de la mejor manera en lento y doloroso aprendizaje. Para mantener su equilibrio, para moverse, para tomar su alimento el animal ha necesitado establecer canalizaciones nerviosas que a puro de repetirse y repetirse, han quedado plasmadas en un modo de hábito rudimentario. Cada

animal crea así para su uso particular un archivo de combinaciones motoras apropiadas a sus distintas necesidades, convirtiendo en acto automático o habitual lo que en un principio fué trabajosa concepción, subsistente en medio de innumerables tentativas fracasadas. (Ley del *trial and error* o de la regulación de Jennings.)

#### LOS CENTROS DE CONEXIONES MOTORAS

Este archivo de la experiencia personal se transmite de generación en generación, ampliándose y perfeccionándose constantemente. De este modo el hombre posee al venir al mundo toda una serie de planos o esquemas asociativos correspondientes a las diferentes funciones motoras que vienen realizándose desde tiempo inmemorial por sus predecesores. La repetición constante de estas funciones hace que el organismo

acabe por dejar *puestos los contactos* de un modo permanente, es decir, que en sus centros nerviosos se encuentren preformadas y fijas las canalizaciones necesarias para los movimientos más corrientes de la vida. A cada uno de estos movimientos correspondería, pues, una especie de central eléctrica con su juegos de interruptores, relays, transformadores y condensadores de la energía nerviosa, especialmente dedicados a la colaboración armónica del acto en cuestión. Algunas de estas estaciones centrales pueden ser localizadas exactamente en un punto del sistema nervioso, según hemos de ver.

#### SITUACIÓN BIOLÓGICA DE LA VOLUNTAD

La acumulación de sensaciones y de asociaciones motoras que constituyen la memoria y la experiencia primitivas son el antecedente obligado de la *voluntad*,

facultad cumbre que convierte al mundo interno del hombre en fuerza activa autónoma, en contra de la naturaleza. La base física de la voluntad es la transformación, por las células nerviosas, de la energía que les llega por las impresiones periféricas, en energía potencial capaz de descargarse en un momento dado. La causa inmediata de esta descarga del acumulador celular, es una excitación mínima que no parte del exterior, sino del acervo de impresiones que constituye la memoria. Y la manifestación visible de esta descarga, no se verifica como quiera, sino que siempre es encauzada y conformada en los centros de asociación motora donde se conserva la experiencia ancestral.

#### LOCALIZACIÓN DE LAS FUNCIONES NERVIOSAS MOTORAS

El estudio de los actos nerviosos motores va unido al de su localización en



distintos sectores del sistema nervioso central. Este estudio se encuentra hoy en plena fase constructiva y los datos empíricos en que se funda conducen la mayoría de las veces a deducciones poco concordantes.

DATOS EN QUE SE FUNDA LA DOCTRINA DE LAS  
LOCALIZACIONES

Para obtener dichos datos se han seguido hasta ahora tres caminos: 1.º El *histológico*, es decir, el estudio de la textura de los centros nerviosos, de la forma de sus células (*citoarquitectónica*) y de sus conexiones (*mieloarquitectónica*). 2.º El *fisiológico*, o sea el estudio de los fenómenos que se presentan en los animales después de la extirpación de porciones diversas de los centros nerviosos para descubrir, por un lado, las huellas del déficit de estos órganos y, por otro, la manera de funcionar los centros res-

tantes sin la presencia de los extirpados. 3.º El *anatomo-patológico y clínico*, basado en la observación paciente de los enfermos que presentan trastornos motores atribuibles al sistema nervioso y en el examen consecutivo de las piezas de autopsia, para descubrir las lesiones existentes en dicho sistema y relacionarlas con los síntomas observados en vida. Veamos a continuación lo que dan hoy de sí estos estudios.

#### LOS REFLEJOS SIMPLES DE LA MEDULA

Como ya hemos dicho, la medula es el asiento de los reflejos más simples. En sus células motoras se encuentra la estación de mando más próxima de los músculos y el centro de su nutrición. Cuando estas células mueren, o se cortan las raíces anteriores que llevan los axones de estas células, el músculo, no sólo se paraliza sino que deja de nutrirse y

se atrofia. Si, en cambio, son seccionadas las raíces posteriores por donde entran en la medula las impresiones sensitivas recogidas en los diferentes segmentos del cuerpo, los músculos correspondientes a estas zonas no se atrofian ni se paralizan (pues pueden ser puestos en movimiento por órdenes superiores) pero dejan de presentarse los reflejos. El arco que los originaba se ha roto en su rama eferente.

El animal espinal, es decir, el animal al que se le ha seccionado la medula, es en su zona periférica un ser reflejo puro. Sus movimientos no son más complicados en su mecanismo que los de una lombriz descabezada. A pesar de ello revisten una aparente complicación, pues cuando se irrita la piel de las patas, verifican éstas ciertos movimientos de encogimiento muy extensos en que se coordina la acción de varios músculos (*reflejos de defensa*). Pero si se analiza

esta respuesta motora se ve que está regida por la ley de Uexküll. Asimismo, el encadenamiento de las acciones musculares se debe a lo que hemos llamado antes coordinación periférica.

#### APARATO ANTIGRAVITARIO

El animal espinal se mueve, pero no se sostiene. Tampoco los anélidos privados de centros cefálicos son capaces de sostener su cuerpo contra la gravedad y de mantener una postura o conformación preferente de su organismo. Estas funciones de sostén no aparecen hasta que los animales presentan un ensanchamiento cefálico de su sistema nervioso. Paralelamente, los animales de laboratorio se sostienen en pie aunque se les extirpen anchas porciones del encéfalo, pero dejan de sostenerse cuando se secciona el eje nervioso por debajo del bulbo o medula oblongada. En esta región, pues,

están los centros que mantienen el cuerpo erguido, es decir, lo que llama Sherrington, el *aparato antigravitario*.

#### RIGIDEZ DESCEREBRADA

La función principal de estos centros parece ser la de encauzar las corrientes nerviosas en el sentido de que se contraigan preferentemente los músculos que se oponen al desplome del animal, es decir, los músculos extensores o antigravitarios. Por eso, cuando estos centros funcionan solos, o sea, sin control superior (como sucede al seccionar el istmo del encéfalo), toda la musculatura de extensión se presenta en un estado de contracción exagerada y la actitud del cuerpo es, como dice Sherrington, una caricatura de la actitud normal en cuatro patas del animal (*rigidez descerebrada*).

CENTROS DEL EQUILIBRIO CORPORAL Y DEL TONO  
MUSCULAR

Cuando se secciona el encéfalo un poco más adelante (ya en la propia raíz del cerebro) la actitud del animal es completamente distinta. Su aplomo es ahora normal así como la postura de su cuerpo y miembros. En una ojeada exterior apenas se diferencian estos animales sin cerebro, de los animales intactos. Lo único que los destingue es la falta de espontaneidad en los movimientos. Los operados no se mueven mientras no se les excita y, en tal caso, sus movimientos son como los de un autómeta, pese a su aparente perfección.

Indica esto que por delante de los centros antigravitarios del istmo del encéfalo existen otros donde se gobierna el equilibrio de nuestro cuerpo en todas sus posiciones y el tono normal de nuestros músculos. El principal, si no el úni-

co, de estos centros parece ser el *núcleo rojo*, masa esférica de un gris rojizo situada en lo más hondo de dicha porción encefálica.

#### FUNCIÓN DE LA EQUILIBRACIÓN

Para orientarse en su labor, recibe dicho centro impresiones procedentes de la cabeza, del cuello y del cuerpo que le informan sobre la situación respectiva de estas partes en cada momento. También recibe impresiones del oído interno que le asesoran sobre la situación del cuerpo en el espacio y, por último, impresiones visuales conducentes a este mismo fin.

Las reacciones que se producen en presencia de estos diversos excitantes son automáticas, es decir, todavía puramente reflejas. Es, en efecto, evidente que el equilibrio del cuerpo y sus posturas habituales se mantienen sin que uno

pare mientes en ello. Pero este reflejo es de una naturaleza muy compleja, como corresponde a la variedad de impresiones que lo determinan. Estas impresiones combinadas hacen que en el centro del equilibrio se proyecte una especie de copia o representación de la posición del cuerpo en el espacio y, de acuerdo con ella, se forma en dicho centro automáticamente una imagen o proyecto de acciones musculares que tienden a restituir el equilibrio. Así, la tirantez de los músculos del lado izquierdo del cuello, la sensación de desviación del plano sagital hacia la derecha percibida por los órganos del oído interno (conductos semicirculares) y la visión de un horizonte oblicuo en vez de horizontal proyectan en el centro una clara imagen de la cabeza inclinada hacia la derecha y a esta imagen corresponde reactivamente un juego de contracciones de los músculos del torso y cuello del lado



izquierdo encargados de restaurar el equilibrio de nuestra extremidad cefálica.

El efecto inmediato de estas reacciones del equilibrio es, ante todo, controlar y reducir a límites útiles la actividad de los centros antigravitarios inferiores. Además de esto, el centro superior extendería mandatos directos a todos los músculos del cuerpo por medio de un haz de fibras motoras que le une con los centros de la medula: el haz rubroespinal.

#### GOBIERNO NERVIOSO SUPERIOR DEL TONO MUSCULAR

Es, probablemente, por intermedio de este haz cómo el centro en cuestión controla el estado de resistencia pasiva de los músculos que se llama el *tono*. Este estado es, a su vez, el *substratum* de lo que se llama la *postura*, es decir, la actitud normal, la estática y la forma de las partes de nuestro cuerpo. Puesto que, según

hemos dicho, los músculos se comportan en la función tónica un poco como músculos lisos, es racional admitir que esta función estará gobernada inmediatamente por el sistema nervioso de la vida vegetativa.

#### LA INERVACIÓN SIMPÁTICA DEL TONO

La histología parece confirmar esta suposición demostrando que a todo músculo le llegan fibras distintas de las propiamente motoras e idénticas a las que gobiernan el tono plástico del intestino o de la vejiga. Recientes hallazgos (Kultchinsky, Latham) parecen demostrar que estas dos clases de fibras nunca terminan juntamente en una misma fibra muscular, sino que unos elementos reciben solamente inervación simpática y otros exclusivamente motora. Es decir, que dentro de cada músculo sí que había una *dualidad funcional*, puesto que

estaría formado por una mayoría de elementos contráctiles y una minoría de elementos de apoyo.

Los centros simpáticos que sostienen la tensión variable de estos elementos de apoyo están repartidos a todo lo largo del espinazo en lo que se llama la cadena simpática, pero también se les encuentra en la medula y en el encéfalo. Su funcionamiento es, naturalmente, reflejo. Prueba de ello es, que si se cortan los nerviecillos que traen a estos centros las impresiones sensitivas procedentes de los mismos músculos éstos se mueven de una manera especial saltona y entrecortada. Esto indica que al cortarse el arco reflejo han dejado de funcionar tales centros y ha quedado paralizada la función de apoyo o sostén de los elementos simpáticos del músculo. En cambio, cuando dichos centros funcionan aislados sin el control de otros más elevados, los músculos se *cuajan* tó-

nicamente y el cuerpo adquiere una plasticidad cérea de que es ejemplo la rigidez cataléptica.

#### FUNCIONES DEL NÚCLEO ROJO

El centro de control superior de todas estas actividades es, como hemos dicho, el núcleo rojo. Las acciones de este núcleo se ejercen, pues, en dos sentidos: 1.º Sobre el sistema simpático por intermedio del cual gobierna el tono plástico de los músculos, y 2.º Sobre los centros motores inferiores por medio de los cuales manda contraerse a los músculos encargados de restituir el equilibrio amenazado en cada momento.

La parte de este último elemento contractil en el mantenimiento de la estática corporal parece preponderante en el hombre. Conforme se desciende en la escala animal prepondera en cambio el elemento tónico. Gracias a esto, les es

posible a algunos animales mantenerse horas y horas en una actitud contraria a la gravedad sin que en ellos se aperciba el menor esfuerzo.

#### LA COORDINACIÓN NERVIOSA MOTORA

Como hemos indicado anteriormente, los mandatos de la voluntad, antes de llegar a los músculos tienen que pasar necesariamente por estaciones inferiores que regulan y coordinan en todos sus detalles el movimiento proyectado. Puede decirse que la voluntad no hace más que dar la *iniciativa* de los movimientos, pero que la realización de éstos escapa a su control. Fácil es comprobar, en efecto, que uno no puede mover *un solo* músculo del brazo, por ejemplo, sin que otros músculos de acción análoga (sinérgicos) y de acción contraria (antagonistas) se pongan también en juego, según un mecanismo prefijado que la vo-

luntad no puede variar. Tampoco nos es posible detener bruscamente un movimiento en un instante determinado de su curso. Ni hay nadie capaz de realizar contracciones tan violentas que lleven los segmentos de miembro a entrecocharse dolorosamente.

El movimiento más simple lleva aparejada, efectivamente, la contracción de varios músculos sinérgicos; tal vez con predominio de la acción de uno (protagonista) y la ayuda más o menos directa de otros varios (agonistas). Pero también es necesaria para su realización la ayuda de los músculos antagonistas que en un momento dado ponen un freno elástico al movimiento defendiendo a los tejidos del daño que de otro modo resultaría. Pruébese, en efecto, a doblar un dedo rápidamente y se verá que es inevitable el hacer una pequeña extensión del dedo al final del movimiento de flexión. Cuanto más energético es este

movimiento tanto más potente es el *retroceso o marcha atrás* que le sigue necesariamente.

A primera vista podría atribuirse este fenómeno a la elasticidad de los músculos antagonistas que al ser distendidos harían de freno y de resorte de retroceso. Sin embargo, la simple distensión pasiva de unos tirantes de goma no consigue imitar el modo de obrar de este freno. No cabe duda, sin embargo, que el encaje de las tensiones musculares que hemos designado con el nombre de coordinación periférica tiene gran parte en la producción del fenómeno, al menos en los movimientos bruscos. Y como esta tirantez de los músculos depende de su *tono* puede suponerse la influencia que las variaciones del estado tónico tienen en este mecanismo de amortiguación de los movimientos bruscos.

## MECANISMO DE LA ACCIÓN COORDINADORA

Para los movimientos corrientes de la vida dicho mecanismo radica en el sistema nervioso. El análisis minucioso de estos movimientos demuestra en efecto: 1.º Que la contracción de los músculos fautores del movimiento va disminuyendo a medida que este movimiento se acerca a su final. 2.º Que poco antes de este momento sobreviene una contracción de los antagonistas tan positiva como la que ha determinado el movimiento inicial; a esta contracción se debe el freno y el movimiento de retroceso. 3.º Todo este juego de contracciones se desarrolla en una sucesión invariable.

LA COORDINACIÓN COMO PROPIEDAD GENERAL DE TODAS  
LAS FUNCIONES MOTORAS CENTRALES

Sin embargo, es inútil buscar un centro nervioso especial de la coordinación



o, como también se dice, de la *inervación recíproca*. Puede decirse que este centro se extiende por todo el eje cerebrospinal desde sus zonas más subalternas donde la acción recíproca obedece simplemente a la ley de Uexküll, hasta los propios centros superiores donde radica la voluntad. Por eso, aun los reflejos más simples muestran la tendencia a la sucesión de contracciones alternadas y, de otra parte, la misma función volitiva es eminentemente recíproca. Es evidente, en efecto, que uno no puede realizar un movimiento y *querer* hacer al mismo tiempo el movimiento contrario.

#### LOS CENTROS MESENCÉFALO-SUBENCEFÁLICOS

Existe, no obstante lo que hemos dicho, una zona no pequeña, de la masa cerebral dedicada muy especialmente a la coordinación muscular y a la integración de actos motores complicados a

base del principio de la inervación recíproca. Esta zona es la *mesencéfalo-subencefálica*, es decir, la porción central de la base del cerebro y el comienzo del istmo del encéfalo. Encuéntrense aquí una serie de masas de sustancia gris, unas muy grandes, como el cuerpo estriado, otras más pequeñas, como el núcleo rojo ya mencionado, el *locus niger* y el cuerpo de Luys. Otras masas grises situadas en el cerebelo parecen conexas con este sistema que en conjunto se llama *aparato motor extrapiramidal*. Se indica con ello que en estos ganglios radica la dirección de funciones motoras distintas de las piramidales o volitivas, según la concepción presente. La naturaleza de estas funciones se ha empezado a colegir en época muy moderna a base de datos clínicos en su mayor parte y apenas ha salido este estudio de tan movedizo terreno en el momento presente. Por esto, lo que vamos a decir

sobre las funciones de este aparato sólo puede tener un carácter provisional.

#### FUNCIONES DEL APARATO EXTRAPIRAMIDAL

En el aparato extrapiramidal se coordinaría el juego muscular necesario para realizar los innumerables movimientos que hacemos en la vida sin poner atención en ellos. Estos movimientos pertenecen a tres clases: 1.<sup>a</sup> *Los movimientos rítmicos* de la locomoción especialmente. 2.<sup>o</sup> *Los movimientos reactivos* como volverse al ser llamado, parpadear a la luz, quitarse una mosca de la cara, etc. 3.<sup>o</sup> Los movimientos y gestos correspondientes a emociones y estados afectivos, como la risa y el llanto.

#### EL TÁLAMO ÓPTICO RECEPTOR SENSITIVO Y VEGETATIVO

Las impresiones necesarias para que uncionen estos centros no vienen direc-

tamente del exterior, sino de un centro gris vecino colector de incitaciones complejas que es el *tálamo óptico*. El estudio histológico de las conexiones de este centro demuestra que en él se asocian e integran las informaciones que vienen del exterior (piel, músculo, etc.), y las que vienen de los órganos de la vida vegetativa. Estas llegan, en parte, por los nervios simpáticos, y en parte, son de naturaleza química y llegan al órgano por la sangre. Según la íntima composición de ésta en cada momento, adquiere el tálamo un *humor* o disposición de trabajos distintos. Cuando uno se muestra impaciente e irritable antes de comer y optimista después del almuerzo es porque al tálamo le llegó antes una sangre de propiedades distintas que la de después. En una palabra, el tálamo es el centro-espejo de nuestro ser vegetativo, o sea el laboratorio de los instintos, los afectos y los estados psíquicos elementales.

## GOBIERNO NERVIOSO DE LA EXPRESIÓN DEL ROSTRO

En los núcleos motores extrapiramidales se fraguan las imágenes motoras correspondientes a estos estados psíquicos elementales. Es aquí donde se hace la expresión de nuestra cara, alegre o grave, radiante o contraída, según el estado del humor talámico. En el acmé de estas oscilaciones del ánimo se produce la explosión de la risa o del llanto, actos en los que no sólo se integran delicadas asociaciones motoras sino que se producen secreciones glandulares (lágrimas).

GOBIERNO NERVIOSO DE LOS MOVIMIENTOS RÍTMICOS.  
PAPEL DEL CEREBELO

Con los movimientos reaccionales que realizamos constantemente durante la vida vigil, exterioriza el aparato extrapiramidal la respuesta a las incitaciones sensi-

tivas y sensoriales que recoge el tálamo. La función combinada de estos centros se realiza en la misma forma que la del centro de la equilibración, pues éste, después de todo, no es más que una parte del sistema de integraciones superiores motoras no voluntarias que confluyen en el aparato extrapiramidal. Para el gobierno de los movimientos rítmicos, no sólo se valdría este aparato de las impresiones talámicas sino, al parecer, de impresiones cerebelosas. Pero la naturaleza de este influjo no está bien precisada hoy. Es una noción clásica que el cerebelo tiene un gran papel en la regulación de la marcha; sin embargo, los estudios más recientes divergen absolutamente a este respecto. Lo único positivo es que las conexiones de cerebelo y estriado son muy abundantes. Para algunos, esto indicaría que el cerebelo es el acumulador de la energía que gasta y distribuye el aparato extrapiramidal.

FUNCIÓN RESPECTIVA DEL ESTRIADO Y DE LOS NÚCLEOS  
SUBORDINADOS

Tampoco está bien determinada la misión especial de cada uno de los centros de este aparato. Los núcleos subordinados o menores (*locus niger*, cuerpo de Luys) parecen más directamente encargados de la inervación recíproca. El estriado sería, más bien, «el almacén donde se conservan los patrones de los movimientos y actividades usuales a la manera de los cartones perforados de una tejedora de blonda».

## LAS ACTIVIDADES MOTORAS DE CREACIÓN INDIVIDUAL

Este almacén de patrones motores guarda un considerable *stock* de todos los que han ido plasmándose por repetición incesante en edades pretéritas, pero, además, se enriquece a diario con adquisiciones nuevas. Durante toda la vida está uno aprendiendo combinaciones mo-

toras que han costado en un principio un doloroso esfuerzo de atención y se ejecutan después correctamente *sin querer*. Este stock de nueva creación es un trasunto de las necesidades que se nos han ido presentando durante la vida y, por tanto, refleja el conjunto de impresiones, es decir, el *mundo perceptivo* que nos ha rodeado desde el nacimiento. Así, el que nació en una granja sabe desde muy joven ordeñar a las vacas y puede vérselo, todavía niño, realizando esta labor distraidamente, mientras silba una canción monótona o habla con otra persona. Pero no le pongáis a la mesa con un tenedor y un cuchillo en las manos. En cambio, el hombre educado que ha asociado finamente desde su niñez el manejo de estos utensilios se vería muy apurado para realizar los menesteres del pequeño vaquero.



## EL PALIDUM Y EL NEOESTRIADO

La *parte conservadora* del estriado está representada por una porción de este órgano que se llama *palidum*; la parte *progresiva* ocupa el resto del órgano (estriado propiamente dicho o *neostriado*). La histología de estas porciones es distinta. La del *palidum* se asemeja a la de los núcleos grises inferiores, la del *neostriado* se asemeja más bien a la de la corteza cerebral. Parece, en efecto, que al *neostriado* puede considerársele como una porción de corteza cerebral que arrugándose más aún que en el resto del cerebro, ha quedado hundida en lo profundo de la masa de este órgano. Lo que sí parece positivo es que las conexiones del *neostriado* no acaban de formarse histológicamente hasta unos meses después del nacimiento, mientras que el *palidum* presenta ya su estructura definitiva al venir el niño al mundo.

INTEGRACIONES MOTORAS DEL PALIDUM. LA FISONOMÍA  
MOTORA

Estarían estructuradas en el palidum las asociaciones motoras que caracterizan a la especie (locomoción en dos pies, expresión humana de los afectos, etc.) y también las que proceden de una herencia inmediata. En el plasma que formó nuestro cuerpo no sólo nos legaron nuestros padres las predisposiciones o *genas* que hacen nuestros movimientos iguales a los de todos los hombres, sino también los caracteres de raza—los movimientos de los negros tienen un aire especial distinto de los nuestros—y hasta los de pueblo, pues es fácil observar que un alemán, por ejemplo, acompaña su palabra con gestos de las manos distintos de los que hacemos los españoles. En último término, heredamos también la fisonomía motora de nuestros padres puesto que nos parecemos a ellos

en nuestros gestos. Es corriente que a una persona se la identifique, no por el parecido facial con su familia, sino por *un no sé qué* que es su manera de moverse, de accionar o de reirse. No se olvide la parte determinante que en esta transmisión hereditaria tiene la identidad del mundo perceptivo en que suelen vivir los individuos de una misma raza, familia o medio social.

#### LOS MOVIMIENTOS DEL NIÑO Y EL NEOESTRIADO

Las adquisiciones motoras individuales que va recogiendo el neoestriado no empiezan a hacerse—según parece—hasta algún tiempo después del nacimiento. En un principio, el niño apenas tiene otro mundo perceptivo que el de sus necesidades vegetativas: el hambre sobre todo, y a ellas responde cumplidamente por sus únicos movimientos coordinados: los de succión. Al vago es-

tímulo de una sangre hambrienta sobre el tálamo, una orden imperativa va al estriado. Esta orden se traduce en el llanto. Por esto ha dicho Förster, muy agudamente, que el niño es un ser tálamo-palidal.

Las primeras impresiones de orden más elevado—visuales, acústicas—determinan las primeras asociaciones motoras de la expresión afectiva. Es este el momento tan grato a las madres en que los niños empiezan a sonreirse expresando así sus impresiones placenteras. Estas sensaciones no tardan mucho en integrar también los movimientos de brazos y piernas. Al principio, estos miembros se mueven en masa y en un solo plano: el sagital. Brazos y piernas parecen los de un muñeco de pasta con unas rudimentarias junturas de cuerda de goma en hombros y caderas. Los movimientos de codos y rodillas vienen después; luego suelen aparecer los de abrir y ce-

rrar los brazos («palmas, palmitas») y más adelante los de prono-supinación de la mano («cinco lobitos»).

Preyer, ha hecho un estudio pacientísimo de estas primeras integraciones motoras del niño y su época de aparición, en su libro «El alma del niño» de tan agradable lectura.

AMPLITUD DE LAS ADQUISICIONES MOTORAS COMO CARÁCTER DE LA ESPECIE HUMANA

Las adquisiciones motoras se amontonan con enorme rapidez durante el primer año de la vida, sobre todo. El niño tiene al nacer un escasísimo caudal de conexiones motoras si se le compara con un animal recién nacido. Este se tiene en pie desde las primeras horas y se mueve con un empaque, que, a nuestros ojos humanos, iguala al del animal adulto. En cambio, el niño tiene una enorme capacidad de adquisición durante la primera época de su vida. En el

hombre es indudablemente mucho más importante lo que se crea que lo que existe ya estructurado y estereotipado en nuestros centros. Digamos con orgullo que en el hombre tiene lo progresivo una importancia inusitada con respecto a lo conservador. La actividad cerebral motora obedece más a una *aspiración* que a *plan*.

LA CORTEZA CEREBRAL CENTRO DE LA VOLUNTAD  
MOTORA

Esta misión creadora de nuevos movimientos parece radicarse en la corteza cerebral. Algunas zonas de ésta parecen estar conexas especialmente con la motilidad voluntaria de tan estrecho modo que a cada región del cuerpo corresponde una parte de esta zona motora de la corteza. Los estudios más recientes añaden poco a los que hace tiempo se sabía sobre las localizaciones funcionales en la corteza cerebral. Supone-

mos conocida de todos esta doctrina y por eso no nos detenemos en su examen.

#### EL HAZ PIRAMIDAL

Histológicamente, los centros de la voluntad aparecen conexionados con los centros medulares inferiores mediante una vía directa: el *haz piramidal*. Esto indicaría que la voluntad motora tiene un medio muy simple de manifestarse, que es excitar o inhibir estas centrales inmediatas del movimiento, que están en la medula. Esta concepción simplista ha reinado hasta estos últimos años en que el estudio del aparato extrapiramidal nos ha hecho ver cómo éste aparece siempre engranado en las órdenes motoras a modo de fase o componente del movimiento voluntario.

#### VOLUNTAD Y ATENCIÓN

Un análisis psicológico muy superficial hace ver en efecto que la voluntad

es a los movimientos lo que la atención a las sensaciones, es decir, una concentración, un achicamiento del campo del laborar cerebral.

#### EL ARRANQUE VOLITIVO EN LOS MOVIMIENTOS

Cuando uno *quiere* moverse es que se *pone a ello*, es decir, que orienta los mecanismos motores en un solo sentido exaltando la carga nerviosa total del sistema. Analizando muy escrupulosamente ciertos movimientos voluntarios simples, ha comprobado Lewy, que el mandato volitivo empieza por producir una exaltación del tono de todos los músculos de la región tanto ago como antagonistas. Este especie de *puesta en punto* del sistema muscular es la manifestación motora de la atención orientada hacia el movimiento proyectado. Sólo después de un tiempo, muy corto, desde luego, pero medible, viene la contrac-



ción agonista y la relajación antagonista que determina el acto motor. A esto, sigue necesariamente la contracción de freno a cargo de los antagonistas según el orden estudiado anteriormente. Como se ve, la voluntad no ha hecho aquí más que iniciar y encauzar mecanismos inferiores.

#### COLABORACIÓN ENTRE EL ESTRIADO Y LA CORTEZA

En los movimientos más complejos, *nuevos*, que necesitan la vigilancia de la atención en todo su desarrollo, la parte de la corteza es más considerable y sostenida pero, en todo caso, siempre aparece engranado en el mecanismo motor el relai estriado. La función del estriado y la de la corteza están, con respecto a los movimientos voluntarios, en la misma relación que la tonicidad muscular con respecto a la contracción. Una función sirve de apoyo y reserva a la segunda.

El trabajo creador de la corteza resulta fatigosísimo cuando se hace sin el acorde de ritmos y maneras que aporta la actividad estriada.

#### LA FISONOMÍA MOTORA INDIVIDUAL

Los términos de esta colaboración entre estriado y corteza varían constantemente según la clase de movimiento que se realiza y según el instante de dichos movimientos. No sólo esto, sino que cada persona tiende a organizar sus movimientos según un tipo de *colaboración córtico-estriada*. Resultado de ello, es la manera especial que cada uno tenemos de ritmar nuestros movimientos y nuestros gestos. Esta *fisonomía motora* se conserva tan igual a sí misma durante toda la vida que a un actor de teatro o de cine, obligado a transfundir su personalidad en la de los más variados personajes de ficción, podrá reconocérsele siempre

en su manera de moverse en la escena y de accionar. Todo el talento del mejor cómico no basta a borrar esta coloración individual de sus movimientos que delata su personalidad a través de todos los afeites y de la indumentaria escénica.

#### TIPOLOGÍA MOTORA

Los interesantes trabajos de Kretschmer, sobre las relaciones entre psiquis y constitución corporal proporcionan el mejor módulo para establecer una tipología del gesto (empleando esta palabra en su más amplio sentido) (1). La fisonomía y el ritmo motores están tan arraigados en la constitución del individuo como su fisonomía facial, su figura y su carácter, es decir, el ritmo de su psiquismo. Los ti-

---

(1) Una excelente exposición de la doctrina de Kretschmer se encuentra en el libro del Dr. Sacristán, *Figura y Carácter*, publicado en esta Biblioteca.

pos que Kretschmer establece para clasificar a los individuos según su constitución psico-somática, han sido aplicados por Lewy a la tipología motora después de un minucioso estudio de las diversas fases de los movimientos simples en diferentes individuos normales y patológicos. He aquí los tipos motores que admite Lewy:

#### TIPOS MOTORES SEGÚN LEWY

1.º Tipo *cíclico* (o estriado) de movimientos bien acabados, rítmicos, de gestos fáciles; bien dotados para las habilidades manuales y para el aprendizaje de deportes o actividades que exigen amplias asociaciones motoras, como bailar, nadar. En estos individuos la colaboración córtico-estriada se inclinaría del lado de este último órgano; por eso, su sistema asociador de los elementos que forman un complejo motor estaría par-

ticularmente desarrollado, de tal modo, que estos individuos tendrían *sin querer*, el sentido del ritmo, del equilibrio y del movimiento justo. El predominio estriado—y por tanto, talámico—justificaría la emocionabilidad de estos individuos, la viveza de sus reacciones psíquicas, su humor cambiante. Recordaremos que en el tálamo y núcleos vecinos están los centros del *humor orgánico*.

2.º Tipo *esquizotímico* (o cortical) que, al revés del anterior se caracterizaría por la escasa tendencia innata a las asociaciones motoras y en que, por tanto, los movimientos son torpes, esquinosos, como compuestos de una serie de impulsos volitivos mal complementados. Se trata de individuos que necesitan de toda su voluntad y su atención (es decir, de su corteza) para realizar a derechas un complejo motor y en que, por tanto, sus movimientos tienen siempre el sello de lo que se hace por primera

vez, rígidamente, dificultosamente. El temperamento de estos individuos se caracteriza por su tendencia a la reserva, su calma ante las emociones, su extravagancia.

3.º Tipo *asténico*, de movimientos escasos, mal medidos, breves, mal sostenidos y pronto fatigosos. Obedecería este tipo a una disminución del componente tónico en los movimientos y, por tanto, debe atribuirse a hipofunción de los centros inferiores encargados de mantener este sostén tónico. El aspecto corporal en este tipo se deduce de su misma denominación. En lo psíquico, se comportarían estos individuos como los del tipo anterior. Aquí sería aún más acentuada la tendencia a la apatía, a la timidez, al reconcentrarse en sí.

#### MOVIMIENTO Y PSIQUIS

Estas analogías entre motilidad, constitución corporal y psíquis no son nada

caprichosas. Se ha llegado a ellas, como hemos dicho, por un profundo estudio objetivo de las reacciones psíquicas y motoras en individuos normales y en enfermos. Este último estudio, el de los enfermos, ha sido singularmente fructífero, pues en lo patológico encontramos los procesos normales acusados y estilizados agriamente hasta la deformidad. La verbosidad, la inquietud, la risa y el llanto fáciles que observamos en el *cicloide* de manicomio son no más que exageración de los rasgos del hombre efusivo, campechanote y aspaventero. Fácil es observar, por otra parte, que la *coloratura* momentánea de nuestro humor, basada Dios sabe en qué bajos procesos de nuestro ser vegetativo, nos hace tan pronto reconcentrados como expansivos, afortunados de movimientos o torpes y zurdos.

La chispa creadora de la voluntad no es, como vemos, algo aislado y superior

a todo. Nuestras determinaciones volitivas son, en realidad, descargas de los acumuladores de movimientos afectivos, y de procesos de maduración mental y motivación que, según parece, se encuentran en la parte anterior—lóbulo frontal—del cerebro. La amplia comunicación de esta zona con el tálamo, comprobada histológicamente, demuestra que estos procesos superiores no son más que una delicada armonía contrapuntística apoyada sobre las notas graves, fundamentales, que vienen de nuestro ser inferior, espejado en el tálamo. Un ciclo de influencias recíprocas encadenan, pues, nuestra psíquis con nuestros movimientos que no son más que sus manifestaciones externas. Pero el estudio de estas relaciones queda fuera del marco que nos hemos impuesto.

Madrid, Navidad de 1926.



# INDICE

## Páginas

INTRODUCCIÓN. . . . .	7
-----------------------	---

## PRIMERA PARTE

### MECANISMOS PERIFÉRICOS DEL MOVIMIENTO. LA FUNCIÓN MUSCULAR

Las manifestaciones más simples del movimiento animal . . . . .	15
Movimientos de los amibos. . . . .	16
Mecanismo del movimiento en los amibos. . . . .	17
Amiboidismo en los animales superiores. . . . .	20
Los primeros órganos especiales del movimiento . . . . .	21
Los mioides . . . . .	21
Mecanismo motor en los mioides. . . . .	22
Funciones generales de los músculos. . . . .	24
Fibras musculares lisas y fibras musculares estriadas . . . . .	25
La contracción en los músculos estriados. . . . .	27

	<u>Páginas</u>
La contracción vista al microscopio. . . . .	28
Fenómenos mecánicos de la contracción. . . . .	30
Fenómenos químicos de la contracción. . . . .	31
Ideas clásicas sobre la contracción. . . . .	32
Termodinámica del músculo. . . . .	33
Calorimetría de la contracción. . . . .	35
Curso químico de la contracción. La contrac- ción anaerobia . . . . .	37
Esbozo de una teoría de la contracción. . . . .	39
Fatiga muscular. Contracturas. Rigidez cada- vérica . . . . .	42
La contracción de los músculos lisos. . . . .	43
La función de sostén o apoyo en los múscu- los estriados. . . . .	44
El tono muscular . . . . .	46
Papel del sostén tónico durante la contracción	47
Teoría de la dualidad funcional del músculo.	48
Disposición general de los motores muscu- lares . . . . .	50
Trabajo del músculo y factores que lo deter- minan . . . . .	53
Acomodación de los músculos a sus funciones	54
Músculos de fibra larga y músculos de fibra corta. . . . .	56
El equilibrio de las tensiones musculares y la postura . . . . .	58
Músculos activamente insuficientes y pasiva- mente insuficientes. . . . .	59

La coordinación muscular o periférica. . . . .	60
--	----

## SEGUNDA PARTE

## MECANISMOS CENTRALES DEL MOVIMIENTO.

## LA FUNCIÓN INERVATORIA

El sistema nervioso, centro de la personalidad animal . . . . .	63
Primeras estructuras nerviosas. . . . .	64
Redes nerviosas primitivas. . . . .	66
Ley de Uexküll y sus aplicaciones. . . . .	67
La disposición segmentaria. La neurona. . . . .	70
Actos reflejos simples. . . . .	71
Conexiones intersegmentarias. . . . .	72
Reflejos tendinosos. . . . .	74
Receptores especiales y centros cefálicos. . . . .	75
Centros asociativos. . . . .	76
Funciones ordenadoras de estos centros. . . . .	77
Reflejos condicionados . . . . .	78
La experiencia primitiva. . . . .	79
La memoria primitiva . . . . .	80
Integraciones motoras superiores. . . . .	80
Mecanismo íntimo de las integraciones nerviosas . . . . .	82
El principio de la experiencia reguladora. . . . .	83
Los centros de conexiones motoras. . . . .	84
Situación biológica de la voluntad. . . . .	85

Localización de las funciones nerviosas motoras . . . . .	86
Datos en que se funda la doctrina de las localizaciones . . . . .	87
Los reflejos simples de la medula. . . . .	88
Aparato antigrauitario. . . . .	90
Rigidez descerebrada . . . . .	91
Centros del equilibrio corporal y del tono muscular . . . . .	92
Función de la equilibración. . . . .	93
Gobierno nervioso superior del tono muscular. . . . .	95
La inervación simpática del tono. . . . .	96
Funciones del núcleo rojo. . . . .	98
La coordinación nerviosa motora. . . . .	99
Mecanismo de la acción coordinadora . . . . .	102
La coordinación como propiedad general de todas las funciones motoras centrales. . . . .	102
Los centros mesencéfalo-subencefálicos. . . . .	103
Funciones del aparato extrapiramidal . . . . .	105
El tálamo óptico, receptor sensitivo y vegetativo. . . . .	105
Gobierno nervioso de la expresión del rostro . . . . .	107
Gobierno nervioso de los movimientos rítmicos. Papel del cerebelo. . . . .	107
Función respectiva del estriado y de los núcleos subordinados. . . . .	109
Las actividades motoras de creación individual . . . . .	109

Páginas

El palidum y el neoestriado . . . . .	111
Integraciones motoras del palidum. La fisonomía motora . . . . .	112
Los movimientos del niño y el neoestriado .	113
Amplitud de las adquisiciones motoras como carácter de la especie humana . . . . .	115
La corteza cerebral centro de la voluntad motora . . . . .	116
El haz piramidal. . . . .	117
Voluntad y atención. . . . .	117
El arranque volitivo en los movimientos. .	118
Colaboración entre el estriado y la corteza. .	119
La fisonomía motora individual. . . . .	120
Tipología motora . . . . .	121
Tipos motores según Lewy . . . . .	122
Movimiento y psiquis . . . . .	124

SE ACABÓ DE IMPRIMIR ESTE LIBRO  
EN LA IMPRENTA DE LA CIUDAD LINEAL.  
EL DÍA XX DE MAYO  
DEL AÑO MCMXXVII.

# CUADERNOS LITERARIOS

## PRIMERA SERIE

PIO BAROJA: Crítica arbitraria. . . . .	1,00 ptas.
SANTIAGO RAMÓN Y CAJAL: Pensamientos escogidos . . . . .	1,50 »
D. DE RECOLLOS: España Negra . . . . .	1,75 »
RAMÓN MENÉNDEZ PIDAL: Un aspecto en la elaboración del «Quijote» . . . . .	1,50 »
ALFONSO REYES: Calendario. . . . .	2,25 »
J. MORENO VILLA: Comedia de un tímido	1,25 »

## SEGUNDA SERIE

ENRIQUE DÍAZ-CANEDO: Algunos versos. . . . .	1,75 ptas.
ANDRENIO: Cartas a Amarantha. . . . .	2,25 »
RAMÓN GÓMEZ DE LA SERNA: Caprichos . . . . .	1,75 »
J. GUTIÉRREZ SOLANA: Dos pueblos de Castilla . . . . .	1,25 »
GERARDO DIEGO: Manual de espumas. . . . .	1,25 »
AZORÍN: Racine y Molière . . . . .	1,50 »

## TERCERA SERIE

EUGENIO D' ORS: «Religio est libertas» . . . . .	1,00 ptas.
FÉLIX URABAYEN: Vida ejemplar de un claro varón de Escalona . . . . .	1,50 »

## CUADERNOS EN PREPARACIÓN

Benjamín Jarnés, A Machado, M. de Falla, J. Ortega Gasset, F. García Lorca, Corpus Barga, Gabriel Miró, R. Pérez de Ayala, P. Henríquez Ureña, Jorge Guillén, Enrique de Mesa, Pedro Salinas, etc.

VENTA EXCLUSIVA EN «LA LECTURA»

PASEO DE RECOLETOS, 25. MADRID

# Cuadernos de Ciencia y de Cultura

## PUBLICADOS

Pesetas.

- I.—P. DORADO MONTERO: La Naturaleza y la Historia. Metafísica y Psicología..... 3,00
- II.—G. MARAÑÓN: Gordos y flacos. Estado actual del problema de la patología del peso humano..... 2,00
- III.—EUGENIO D'ORS: Una primera lección de Filosofía..... 1,50
- IV.—JOSÉ M. SACRISTÁN: Figura y carácter..... 2,00
- V.—MANUEL BASTOS ANSART: Los mecanismos del movimiento en el hombre y en los animales..... 2,00
- 

## EN PREPARACIÓN

LUIS FORTUN: Tuberculosis. Evolución y estado actual de su concepto patológico como base del problema práctico.

S. CARNOT: Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas aptas para desarrollar esta potencia.

S. RAMÓN Y CAJAL: Teoría del sueño.