

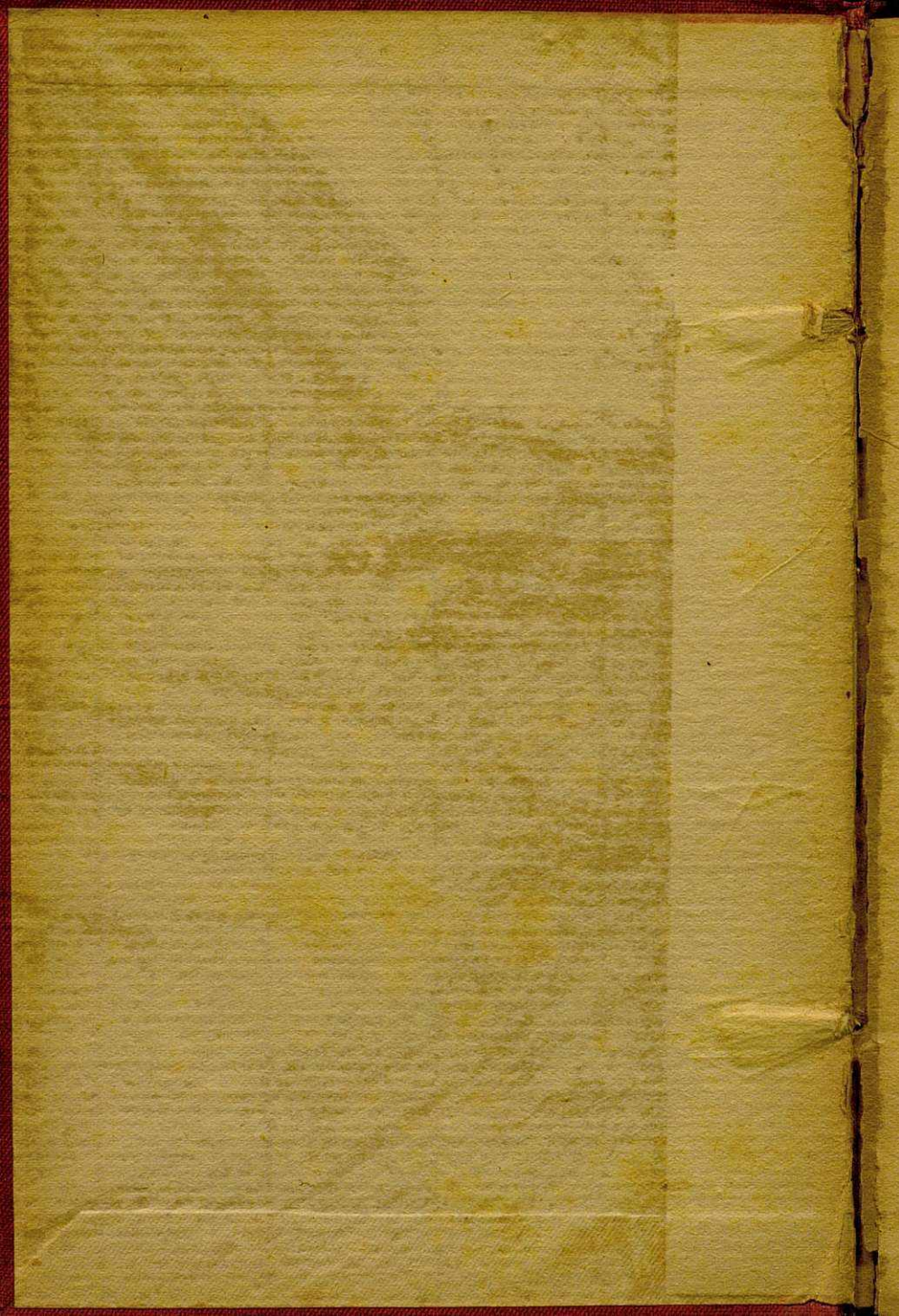
Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior

ELÍAS RUBÉN Y B. LA VERNE

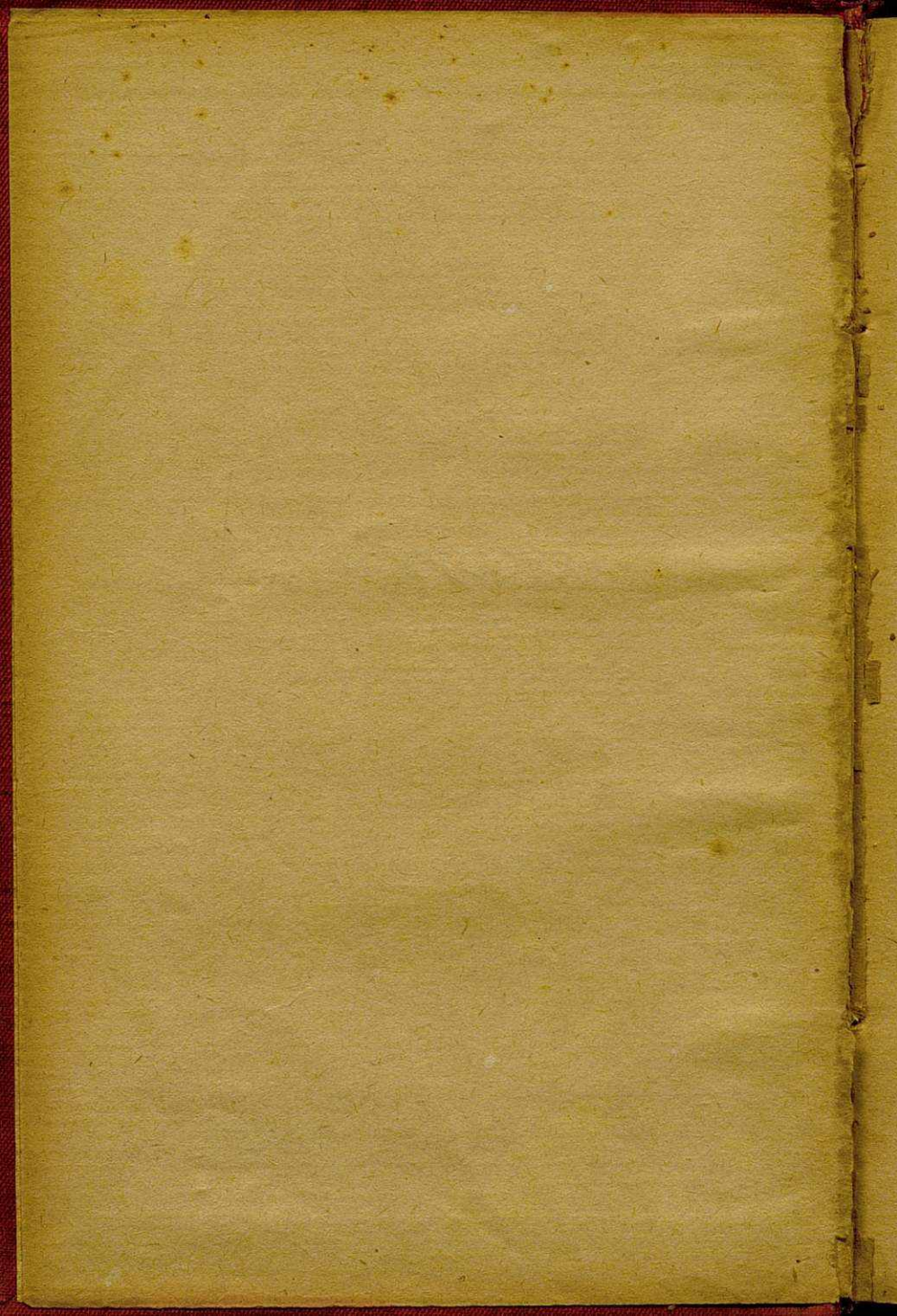
Evolución de los  
Seres vivientes



Publicaciones de la Escuela Moderna  
Calle Cortes, núm. 478 - BARCELONA



COMRA  
A 00017  
N-7/46  
MEN 480



Enciclopedia de Enseñanza Popular Superior

---

# EVOLUCIÓN DE LOS SERES VIVIENTES

por

ELÍAS RUBEN Y B. LA VERNE

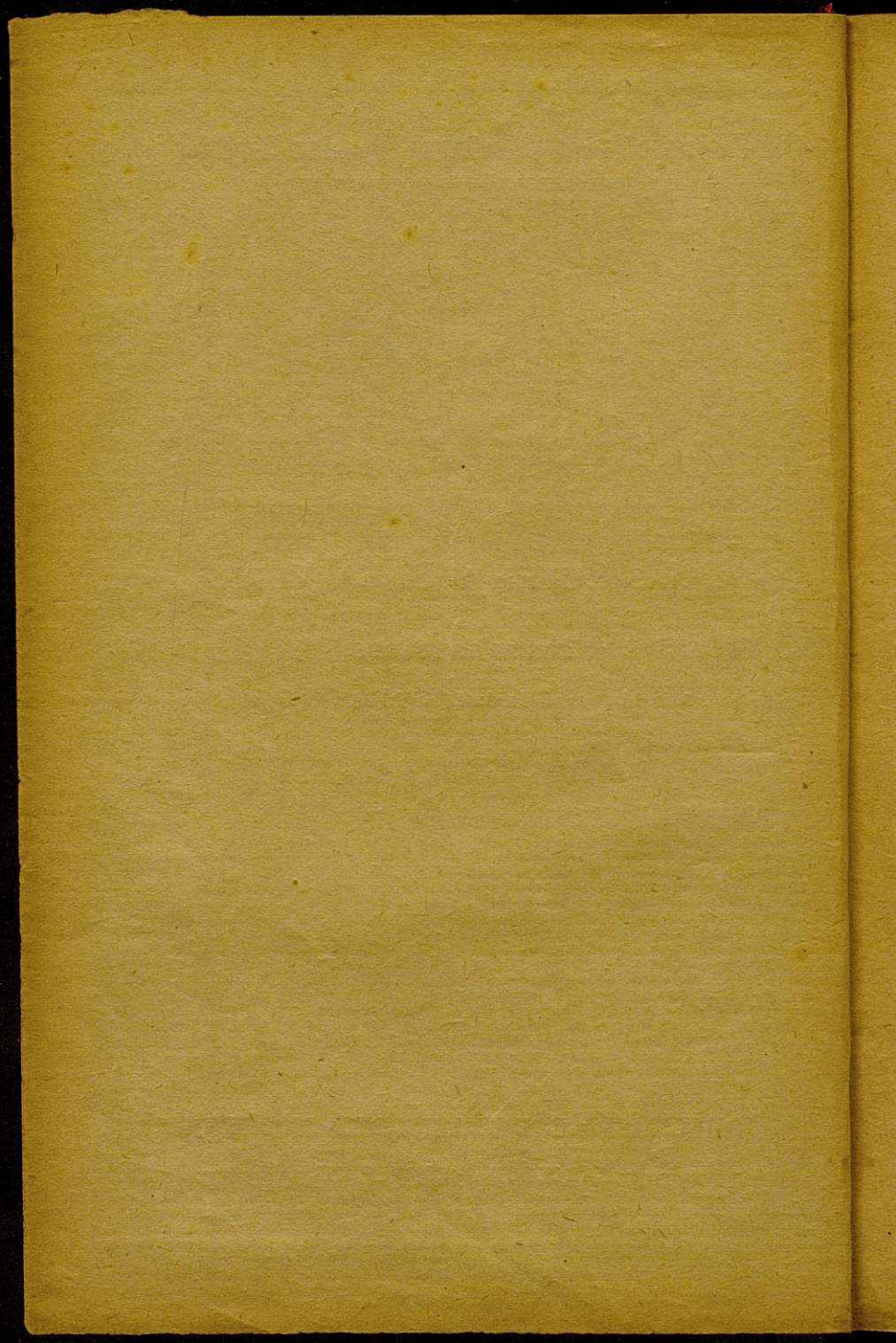
CON 76 GRABADOS

Versión española de CRISTÓBAL LITRÁN



PUBLICACIONES DE LA ESCUELA MODERNA

— BARCELONA - CORTES, 478 —



## INTRODUCCIÓN

En *El Origen de la Vida* hemos examinado las relaciones de filiación entre la materia bruta y la materia viviente; hemos puesto de manifiesto que la materia viviente se componía, según el análisis, de los mismos cuerpos que entran en la composición de la materia bruta, y de nada más que de esos cuerpos, pero que revelaba una disposición nueva de las partes.

Ahora bien: ¿esa organización especial de la materia viviente puede ser reproducida en los laboratorios? A los sabios toca resolver ese problema, realizando, mediante una síntesis, un protoplasma viviente, demostrando así que entre la materia viviente y la materia bruta hay continuidad, cuya solución, por lo demás, nos parece que está en buen camino.

Al pasar de esta cuestión a la de la evolución de la vida, abandonamos el terreno de los problemas por solucionar para entrar en el de los hechos establecidos.

No se trata ya, en efecto, más que de observar los hechos y sacar de ellos deducciones concretas.

En este estudio sobre *La Evolución de los seres*, todo el trabajo consiste en seguir la vida en las diferentes formas bajo las que se ha manifestado, y demostrar, con ayuda de las diferencias y de las relaciones comprobadas entre los animales, que ha habido evolución de los seres vivientes.

IDEAS GENERALES SOBRE LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES. — LAS CLASIFICACIONES. — Cuando examinamos los seres y las cosas que nos rodean, nos sentimos naturalmente inclinados a considerarlos como fijos de una manera inmutable en sus formas y poseyendo funciones siempre idénticas. Este error se explica por la corta duración de nuestras observaciones, que se limitan a algunos años, durante los cuales los cambios sobrevenidos en los seres casi no son perceptibles. Ni aun varios siglos bastan para permitir comprobar modificaciones en su estructura o en sus funciones.

Pero lo que no le es permitido hacer al hombre con el auxilio de una larga duración, puede conseguirlo gracias a preciosos descubrimientos y a los métodos científicos. Le es permitido seguir, *en el transcurso del tiempo*, el desarrollo de las especies animales y apreciar sus modificaciones, lo que constituye el objeto de la *paleontología*; establecer relaciones entre las especies vivientes, y entre éstas y las especies desaparecidas mediante la *anatomía comparada*; asístir, finalmente, con ayuda de la *ontogénesis* a la evolución de los antepasados resumida en la vida de un solo ser.

Esta obra está destinada a señalar *la convergencia de estas tres pruebas* y las conclusiones que de ella se pueden deducir.

La multitud de los hechos, y las numerosas teorías que los interpretan, no pueden entrar en los límites de este volumen. Pondremos empeño, no en exponerlos todos, sino en escoger los hechos típicos que con mayor evidencia prueban la concepción científica de la serie animal y de la evolución de los seres, y que plantean los problemas que quedan por resolver.

La teoría de la evolución de los seres descansa sobre el principio formulado por primera vez por Lamarck hacia 1809: «Todas las especies son contemporáneas; han descendido unas de otras y no poseen más que una fijeza relativa y temporal.»

Esto equivalía a romper atrevidamente con las ideas hasta entonces admitidas, y a rechazar las clasificaciones fundadas sobre una división marcada entre las diferentes familias de animales. En aquella época no se veía en ellas más que categorías irreductibles de la naturaleza, que no unía lazo alguno de secreto parentesco.

Lamarck (1), como hemos dicho, emitió primero que nadie la idea de que existía una evolución que relacionaba el protozoo al hombre, y se alzó contra los naturalistas que, separando las especies, se negaban a ver entre

(1) Juan Lamarck. *Philosophie zoologique ou exposition des considérations relatives à l'histoire naturelle.*

ellas formas de paso. «Seducidos por la consideración de las relaciones naturales que reconocen entre los objetos que han cotejado, casi todos creen todavía — dice — que *los géneros, las familias, los órdenes y las clases* que establecen, existen realmente en la naturaleza. No se fijan en que las buenas series que consiguen formar con ayuda del estudio de las relaciones, están en verdad en la naturaleza, pues son porciones grandes o pequeñas de su orden, pero que las líneas de separación que les importa establecer de distancia en distancia para dividir el orden natural, no se encuentran en la naturaleza de modo alguno (1).»

Este esfuerzo para romper los moldes del pensamiento filosófico tradicional, y que Cuvier no pudo hacer, Lamarck lo intentó, haciendo realizar a la zoología un notable progreso. Darwin, tras él, se lanzó en la vía de los descubrimientos que han afirmado la teoría.

Después de ellos, los sabios no procuraron, como quería Cuvier en su *Introducción del reino animal*, «hacer una clasificación precisa y clara que marcase los caracteres comunes a los grupos zoológicos aislándolos», sino establecer los lazos de parentesco entre las especies.

Se apoyan en este principio establecido por Lamarck, que «la naturaleza no conoce ni

(1) Lamarck. Obra citada.

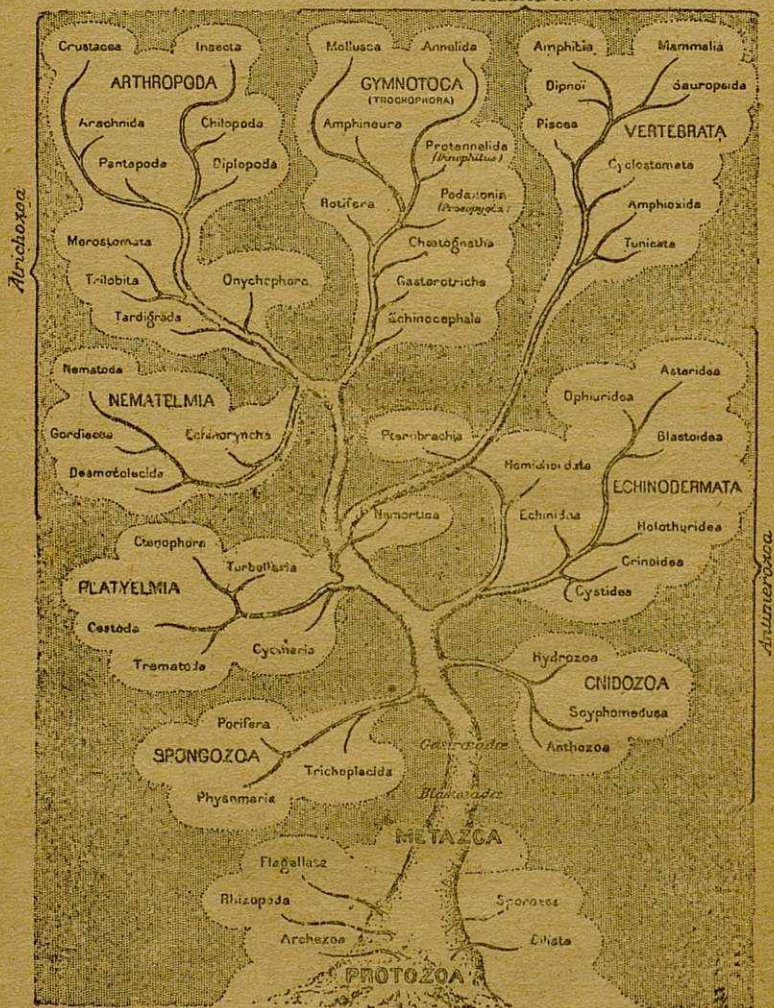
*clases ni órdenes, ni géneros ni especies, no obstante el fundamento que parecen darles las porciones de la serie natural que nos ofrecen nuestras colecciones; y que, entre los cuerpos organizados o vivientes, no hay realmente más que individuos y razas diversas que se matizan en todos los grados de la organización».*

Cualquiera clasificación no aparece desde entonces como una expresión de la realidad, sino como un método que facilita el estudio de la serie animal. Para establecer una clasificación, se ha tomado en la serie animal lo que Lamarck llamaba *masas*, es decir, grupos en los que la filiación aparece claramente, y que, por compuestos que estén de individuos capaces de diferenciarse, constituyen, no obstante, conjuntos apropiados para facilitar el estudio. En lugar de utilizar como en otro tiempo los caracteres anatómicos y hasta fisiológicos de los individuos que entran en cada grupo, nos servimos, sobre todo, como método esencial, del estudio *embriogénico de los caracteres*.

M. Giard ha formado un árbol genealógico de los seres basándose en esos datos; lo reproducimos aquí con las indicaciones generales sobre las cuales ha fundado su método.

«El principio que me ha guiado — dice — para este ensayo de clasificación, es el que se podrá llamar método de superposición embriogénica. Tomando dos embriones en el mismo estadio, los colocamos sobre otro, de

## Metazoa



manera que las partes homólogas coincidan con las partes homólogas. Si en un punto aparece en un momento dado un órgano que

no es morfológicamente equivalente al órgano superpuesto, aguardo el estadio siguiente para pronunciarme; si la superposición vuelve a ser posible, deduzco de ello que ha habido abreviación de la embriogenia y procuro darme cuenta de las condiciones que han determinado aquella abreviación.

»Si la divergencia morfológica se acentúa, deduzco que a partir de aquel momento siguen los dos tipos dos ramas diferentes del tronco común, y sigo a cada uno en sus ramas especiales hasta que se producen bifurcaciones nuevas (I).»

#### LA PRUEBA DE LA FILIACION DE LOS SERES.

— Vamos a examinar ahora, con la ayuda de algunas pruebas experimentales, si ha podido formularse semejante clasificación, y demostrarse además el encadenamiento de los organismos.

LA ANATOMÍA COMPARADA nos proporciona los primeros hechos demostrativos. Procura alcanzar, por una disección llevada al extremo, el conocimiento último de los organismos y establecer comparaciones entre cada órgano y cada grupo de órganos.

La Anatomía comparada los estudia partiendo desde el más simple al más complejo, anotando las variaciones y los lugares de paso de un órgano a otro mejor constituido. De esta suerte se establece cierto número de grupos de organismos, cuya mutua concordancia

(I) Alfredo Giard. *Les faux principes biologiques et leurs conséquences en taxonomie.*

se sigue en los sistemas de órganos esenciales hasta un punto dado.

Estos órganos son comparados entre sí, no por el método de las analogías exteriores, sino por el de las *homologías*.

Llamamos órganos homólogos a los que tienen un mismo origen y han salido de partes semejantes.

Los órganos de la respiración, por ejemplo, son llamados órganos homólogos, porque en el curso de la evolución se observa que han salido del canal intestinal, que da origen a los bronquios, a los pulmones, a la vejiga nata-toria, cuyas funciones son, no obstante, muy diferentes.

Si se examina comparativamente el entron-camiento de los invertebrados, se ve que la función análoga se realiza de una manera muy diferente; los artrópodos, los gusanos, los moluscos, etc., no tienen órgano respira-torio; absorben oxígeno y rechazan el gas carbónico, sea por el tegumento general del cuerpo, sea por parte de la piel, que hacen por sí solos el cambio de los gases; las patas, porciones del intestino, de los órganos internos o externos...

Estos dos ejemplos ponen de relieve toda la diferencia que existe entre funciones aná-logas y órganos homólogos, y el orden de hechos sobre los que opera la anatomía com-parada.

Para el estudio de estas comparaciones, en extremo delicadas de apreciar, la anatomía

comparada se sirve de ciencias auxiliares, tales como la *embriología comparada*, que le suministra los estadios del desarrollo de los embriones; la *histología comparada*, que le permite el minucioso examen de los diferentes tejidos; la *fisiología*, que le da las relaciones existentes entre los órganos y las funciones; en fin, la *paleontología*, que resuelve ciertos problemas que ha planteado al establecer la anatomía de los animales desaparecidos. Ahora bien: esos animales fósiles son la fuente de que salieron, en el transcurso del tiempo, los órganos estudiados por la anatomía comparada. Cuvier fué el primero que señaló en sus *Recherches sur les ossements fossiles*, todos los resultados que cabía esperar de aquel método comparativo. Pero lo que él no previó, como consecuencia final, es que la anatomía comparada establecería, con ayuda de la teoría de la descendencia, la *filogenia*, deduciendo de ella el problema de la *herencia*.

Así, con ayuda de todos los datos que recoge con el concurso de las ciencias auxiliares, la anatomía comparada determina grupos zoológicos, no fundados ya sobre analogías, sino sobre homologías, es decir, sobre lo que es idéntico aunque variable.

La anatomía comparada ha se convertido, gracias a su método de investigación, «en el procedimiento por el cual nos esforzamos en encontrar los tipos primitivos de que derivan todas las variedades de formas que ac-

tualmente tenemos ante nuestros ojos (1).

LA PALEONTOLOGÍA. — Pero entre esos tipos no se encuentran siempre en la serie de los seres vivientes todas las formas intermedias; de tal especie a tal otra el lazo de continuidad se ha roto: es que nos encontramos entonces en presencia de los fenómenos de la selección natural.

Los individuos demasiado mal dotados para perseverar en la lucha por la vida han sido eliminados, mientras que los otros, adaptándose rápidamente, no nos han quedado más que en su estado transformado. ¿Pero no sería posible encontrar y reconstituir los que han desaparecido? Esa es la obra de la *paleontología* (2). Esta ciencia ha venido a suministrar la prueba de que hubo, en el pasado, otras formas de seres, y ha completado la serie animal con ayuda de los animales fósiles exhumados de todas las capas de la corteza terrestre.

Para facilitar el estudio recordaremos brevemente cómo se divide la corteza terrestre y cuáles son las principales especies animales que se encuentran en cada una de sus capas.

(1) Carlos Vogt y Yung. *Traité d'anatomie comparée pratique*.

(2) Esta prueba se llama también *filogénica* (de *phielá*, tribu y *gennán*, engendrar). Es la investigación del árbol genealógico de los animales, por oposición a la *ontogenia*, que es la evolución continua de un mismo individuo.

<i>Eras</i>	<i>Periodos</i>	<i>Vertebrados</i>	<i>Invertebrados</i>	<i>Plantas</i>
<i>Cuaternaria</i>	Hológeno Pleistoceno	Predominio del hombre	Actuales	Actuales
<i>Terciaria</i>	Plioceno Mioceno Oligoceno Eoceno	Predominio de los mamíferos	Predominio de los acéfalos, de los gaste- rópodos Numulites	Predominio de las angiosper- mas
<i>Secundaria</i>	Cretáceo Jurásico Triásico	Aparición de las aves Predominio de los reptiles	Predominio de los ammonites y belemnites	Predominio de las gimnosper- mas
<i>Primaria</i>	Permiano Carbonífero Devoniano Siluriano	Aparición de los reptiles Peces ganoideos	Predominio de los braquiópodos y de los trilóbitos	Criptógama vasculares
<i>Archeana</i>	No hay fósiles			

Con arreglo a este cuadro se ve que el orden de complejidad de las formas y de las funciones ha sido creciente desde las épocas geológicas más antiguas a las más recientes. Así es como en cuanto a los vertebrados, encontramos los peces y los batracios en los yacimientos de la era primaria, después los reptiles y luego las aves en los de la era secundaria, mientras que los mamíferos son contemporáneos de la era terciaria y el hombre de la cuaternaria.

Así la serie de las formas animales que nos proporciona la paleontología, completa la que nos da la anatomía comparada. Ciertos escalones que faltan en las especies vivientes se han encontrado conservados en los terrenos de los que eran contemporáneos.

El *Archeoptéryx*, por ejemplo, que marca anatómicamente el paso de los reptiles a las aves, y que no figura entre las especies vivientes, ha sido encontrado en los terrenos de fines de la era secundaria.

Pero todo esto no es tan sencillo como se cree generalmente. La paleontología ofrece grandes dificultades para la reconstitución de las especies desaparecidas. El mismo Darwin lo reconoció así. La fosilización no puede efectuarse sino de las partes duras del cuerpo; todos los animales sin esqueleto o sin caparazón han desaparecido, por consiguiente, sin dejar huellas. Por otra parte, el suelo de nuestro planeta dista mucho de haber sido escudriñado en toda su extensión y profundidad; se requerirá todavía mucho tiempo antes de que sean exhumados los restos fósiles que contiene. Finalmente, las modificaciones sobrevenidas en los tiempos geológicos sobre nuestro globo hacen imposibles las investigaciones en ciertas partes; el mar cubre antiguos continentes, y su incesante trabajo contra el litoral hace desaparecer cada día depósitos interesantes para nosotros.

Las lagunas que de este estado de cosas resultan son a veces considerables. Melchor Neumayr, en su obra *Die Stamme des Thierreichs*, estima en 750.000 las especies de la época jurásica, de las que sólo conocemos aproximadamente 10.000 en la actualidad.

En determinados casos, no obstante, la riqueza de nuestros informes es tal, que se

han podido reconstituir series graduales y continuas, como acontece con ciertos grupos de braquiópodos, de políperos, de crinóideos, de amonites, etc.

Aparte del reproche de insuficiencia dirigido a la paleontología, se ha argüido con ciertas soluciones demasiado precipitadas para poner en duda los resultados de esta ciencia. Pero, en realidad, se trata menos del valor de la ciencia que de los métodos seguidos por ciertos sabios, y, sobre todo, de las soluciones precipitadas inconsideradamente enunciadas.

La cuestión de la filiación del caballo nos da un ejemplo de ello. Kowalevski y Huxley han hecho descender el caballo de los tipos paleontológicos del antiguo continente: *Paleotherium*, *Anchiterium* e *Hipparion*, mientras que el sabio americano Marsh les ha encontrado un antepasado diferente en los terrenos del Oeste de los Estados Unidos. ¿Estamos ante dos evoluciones convergentes o de migraciones intermitentes de los equídeos de América en el antiguo continente? Esto es lo que resta por explicar. Pero de todas maneras, el resultado no hará vacilar nuestra teoría, puesto que una u otra solución dejará intacto el hecho de la evolución del caballo.

La crítica más viva que se haya formulado contra la teoría del transformismo, probada con ayuda de la paleontología, es la de Karl von Zittel, en su *Traité de la paléontologie* (1876 a 1893) y resumida en su *Communication au Congrès de Zurich de 1893: Phylogénie*,

*ontogénie et systématique*. Todo lo que queda es la crítica muy justa de las exageraciones a que llegaron ciertos sabios; fija el estado de nuestros conocimientos y no puede ser más que un medio de hacer progresar una ciencia que acaso se contentaba con nuestras generalizaciones precipitadas. De todos modos, en nada ha perjudicado a la teoría de la evolución; sin embargo, hemos tenido interés en exponer extensamente las críticas que de la teoría se han hecho, dándoles un espacio mayor del que convendría en este reducido volumen, a fin de probar que sólo nos anima el espíritu de investigación desapasionada.

LA ONTOGENIA. — Por probatorios que sean los descubrimientos de la anatomía comparada y de la paleontología, no todos los problemas son resueltos por ellos y queda más de una laguna que otras ciencias deben llenar.

Si la anatomía comparada no nos hace asistir al paso de una especie a otra, si la paleontología no nos da todas las formas intermedias, y no nos hace contemplar más que la evolución en el tiempo, otras observaciones científicas la hacen distinguir, si así podemos decirlo, en el espacio.

En los laboratorios se ha probado experimentalmente la mutabilidad de las especies. Los sabios han podido modificar, gracias a ensayos de cruzamiento, los caracteres propios de tal o cual individuo. Pero hasta la misma naturaleza nos proporciona sus pruebas. La

*ontogénesis* (1) permite comprobar que todo individuo antes de alcanzar su forma perfecta, pasa por las formas por las que ha pasado la especie.

El hombre, por ejemplo, desde su concepción a su completo desarrollo, reproduce sucesivamente el estado de infusorio, de gusano, de mamífero. Su evolución completa es la repetición rápida y compendiada de la evolución de la especie en el tiempo.

Pero un hecho muy general y bien digno de sorprendernos, es que, casi nunca la ontogénesis sigue una marcha sencilla y directa, casi nunca las células toman en seguida las disposiciones que aproximarían más el embrión a su forma definitiva. La ontogénesis se aproxima poco a poco al objeto, pero como bordeando contra un viento contrario, y sus largos rodeos le alejan a veces de él de una manera sorprendente. Dibuja masas de rudimentos inútiles, hace brotar miembros que para nada servirán, abre fosas branquiales en un animal provisto de pulmones, para cerrarlas seguidamente, etc. Los ejemplos de estos hechos abundan muchísimo en el reino animal. Los vertebrados superiores tienen sucesivamente tres aparatos de la orina y los moluscos tienen dos, de los cuales sólo persiste el último; el caballo, la ballena, tienen dedos distintos y separados, y esta última tiene,

(1) *Ontogénesis* (de *ón*, *ontos*, ser, y de *genesis* generación) es la serie de transformaciones sufridas por el individuo desde la fecundación del huevo hasta el ser perfecto.

además, dientes; la serpiente tiene dos pares de miembros, el insecto tiene un cuarto par. Son estos ejemplos de formaciones inútiles. Las que sirven a una vida larvaria diferente de la del adulto, son innumerables. Citemos al azar los órganos secretores y locomotores en tantos parásitos que están desprovistos de ellos en la edad adulta, los órganos especiales de los nauplios, plúteos, larvas de insectos, etc. Aquí se concibe por sí misma la utilidad de estas formaciones, pero la causa de su formación sigue siendo tan difícil de explicar como la de los órganos inútiles.

Durante mucho tiempo no se ha comprendido la causa de esos rodeos de la evolución. Además se ha observado una singular semejanza entre esas formas embrionarias provisionales y las de los seres que la anatomía comparada y la paleontología nos muestran como colocados en grados más bajos de la escala. Serres (1) formuló el pensamiento diciendo que la *ontogénesis es la repetición de la anatomía comparada*. Después, cuando surgió la doctrina evolucionista, esto se ha transformado en *paralelismo de la ontogenia y de la filogenia*, y, formulado por Fritz Müller, se ha convertido en la *gran ley biogenética* (2).

Necesita esta ley una corrección, pues las condiciones del desarrollo de un ser y las del

(1) E. R. A. Serres. *Précis d'anatomie transcendente appliquée à la physiologie. Principes d'organogénie.*

(2) Ives Delage. *L'hérédité et les grands problèmes de la biologie générale.*

desarrollo de la especie son muy diferentes. No conviene olvidar que los millares de años durante los cuales se ha verificado la evolución filogenética, se encuentran reducidos a algunas horas en la evolución ontogénica. Además, el medio de desarrollo es claramente muy distinto; el embrión vive de las sustancias maternas, mientras que el adulto antecesor, que el embrión reproduce, vive de su propia industria.

Esta ley ha sido formulada por Haeckel (1) de una manera muy exacta: «El desarrollo del germen es un compendio del desarrollo del linaje, tanto más perfecto en cuanto la herencia mantiene en él menos reducciones; tanto menos perfecto cuanto la adaptación introduce en él mayor número de alteraciones.»

M. Deperet (2) prosiguió, tras Von Zittel, la crítica de esta ley de Haeckel, confundiendo en un mismo ataque los puntos de vista imaginativos del polemista y las cualidades reales del sabio. Pero si ha podido criticar la teoría embriogénica caricaturalizándola, en nada ha mermado el valor de la teoría.

CONVERGENCIA DE LAS PRUEBAS. — Hemos reconocido que cada una de las pruebas que sirven para demostrar la evolución de los seres, no deja de ofrecer lagunas. No reside todo el valor de la teoría de la evolución en tal grupo de pruebas, sino en la convergencia de todas las que nos proporcionan la anato-

(1) Haeckel. *Ziele und Wege der heutigen Entwicklungsgeschichte.*

(2) Deperet. *Les transformations du monde animal.*

mía comparada, la paleontología y la ontogénesis.

CÓMO SE HA PODIDO VERIFICAR LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES. — Por fácil que sea distinguir la evolución de los seres, no convendría considerarla como un hecho muy sencillo, que nos presenta transformaciones graduales que van sin interrupción del ser más simple al más compuesto. No hay lógica alguna preestablecida en las cosas, y el perfeccionamiento de las especies, como todo lo de la naturaleza, se ha hecho por tanteos. He aquí por qué encontramos sin cesar en el dibujo de la evolución líneas rotas, casos de progresión acelerada o de regresión, y no una línea continua que conduzca sin rodeos del protozoario al hombre.

Dos fenómenos obran para mantener o transformar los seres: la *herencia* que tiende a conservar los caracteres adquiridos, *el fenómeno de adaptación*, en virtud del cual esos caracteres se modifican.

El número de especies vivientes nos prueba que no pocos seres se han adaptado al medio; pero el número de los que han sucumbido ha debido ser considerable, si hemos de prestar crédito a los restos fósiles que nos presentan múltiples casos de inadaptación.

La evolución presenta dos caracteres esenciales: 1.º Las transformaciones no se hacen en el ser entero, sino en los órganos o en las series de órganos; 2.º, no existe una evolución, sino evoluciones, que, superponiéndose, forman un conjunto. Las líneas de filiación no

son continuas más que en un mismo grupo de seres.

El método de estudio consiste, pues, en examinar los diversos órganos en todos los seres, anotar las modificaciones de uno a otro, para llegar, después de numerosos rodeos, a establecer una línea general de la evolución, que no es, por lo demás, sino una línea ideal.

La serie así obtenida no es ni simple ni rectilínea. Está constituida por grupos en que se observa con continuidad la filiación entre los seres; esto es lo que Cope llamaba «series continuas progresivas», y cuyo origen puede encontrarse en esos grupos homogéneos que Lamarck llamó masas. «Se trata de probar, dijo, que la serie que constituye la escala animal estriba esencialmente en la distribución de las masas principales que la componen y no en la de las especies, ni siquiera en la de los géneros.

»La serie de que acabo de hablar, no puede, pues, determinarse más que en la colocación de las masas, porque dichas masas que constituyen las clases y las grandes familias, comprenden cada una seres cuya organización es dependiente de determinado sistema particular de órganos esenciales (1).»

Y Lamarck habla de la *serie ramosa*, la única que nos presenta la observación atenta de la naturaleza: «... (estas influencias) dan lugar a una diversidad tan considerable y

(1) Lamarck. *Philosophie zoologique*.

tan sigularmente ordenada de las especies, que en vez de poderlas alinear como las masas en una serie única, simple y lineal, bajo forma de una escala regularmente graduada, esas mismas especies forman parte de ramificaciones laterales cuyas extremidades ofrecen puntos verdaderamente aislados.

»Se requiere, para modificar cada sistema interior de organización, un concurso de circunstancias más influyentes y de mucha mayor duración que para alterar los órganos exteriores.

»Observo, no obstante, que, cuando las circunstancias lo exigen, la naturaleza pasa de un sistema a otro sin dar saltos, siempre que los sistemas sean vecinos; y es, en efecto, por esta facultad mediante la cual ha llegado a formarlos todos sucesivamente procediendo del más simple al más compuesto.

»Verdad es que tiene la facultad de pasar de un sistema a otro, no tan sólo en las familias diferentes cuando son vecinas por sus relaciones, sí que también hace lo propio en un mismo individuo.

»Los sistemas de organización que admiten como órgano de la respiración *pulmones* verdaderos, están más próximos de los sistemas que admiten *branquias* que los que exigen *tráqueas*; así, no solamente la naturaleza pasa de las branquias a los pulmones en las clases y en las familias vecinas, sino que pasa igualmente por ellas hasta durante la existencia de un mismo individuo que goza sucesivamente

de uno y otro sistema. Sabido es que la rana en el estado imperfecto de renacuajo, respira por branquias, mientras que en su estado más perfecto de rana, respira por pulmones. En parte alguna se ve que la naturaleza pase del sistema de las tráqueas al sistema pulmonar (1).»

En cuanto a las relaciones que existen entre cada una de esas masas, nos las podemos imaginar de la siguiente manera. Supongamos representada por una línea vertical AB la evolución de los seres en el tiempo. En un punto  $n$  de esta línea, un grupo de seres adquiere un carácter nuevo que, favorecido por las circunstancias exteriores, va a desarrollarse en la descendencia de aquel animal y a constituir una masa nueva de seres que se irán diferenciando más y más de la masa primordial, representada por la línea An. Cuando estos animales desviados se hayan reproducido con ese carácter nuevo muy desarrollado, la paleontología nos mostrará individuos que podremos agrupar en una masa algo más homogénea, pero nos faltarán indudablemente los animales que han marcado los comienzos de esta masa nueva: sólo con gran dificultad podrá ser fijado el punto  $\bar{n}$ . Con ayuda de la anatomía comparada de las especies vivas o de la embriología, será posible fijar sus caracteres principales y determinar aproximadamente el punto  $n$  buscado. Los

(1) Lamarck. Obra citada.

hechos nos lo presentan con tanto mayor relieve, cuanto más marcado ha sido en la evolución filogénica. Así es como aparecen las branquias en uno de los estadios del desarrollo del embrión humano, pues tuvieron en un momento de la evolución filogénica una importancia extrema.

Vemos, pues, perfeccionarse en el curso del tiempo los órganos especiales y los grupos de órganos; formarse luego grupos de seres más y más jerarquizados y organizados; y poco a poco, gracias a esta perfecta organización, el animal y el hombre sobre todo, libertarse del medio exterior.

LA IDEA DE PROGRESO EN LA EVOLUCIÓN. — A medida que se transforman los seres porque se adaptan a medios más amplios, ofrecen una mayor complejidad y coordinación. Tenemos, pues, derecho a decir que la palabra progreso es aplicable en biología.

Si examinamos cada uno de los órganos cuya totalidad forma el ser vivo, se les puede ver nacer, desarrollarse y perfeccionarse gradualmente. El órgano del oído, por ejemplo, en su origen no está representado en las medusas, más que por un pequeño saco, el *otocisto*, que encierra los otolitos, cuyos desplazamientos advierten al animal las modificaciones mecánicas y las vibraciones sonoras del medio exterior. El término de la evolución de este órgano es el oído del hombre, que, llegado a una complejidad y a una delicadeza extrema, da cuenta de las vibraciones extraordinaria-

mente pequeñas, y permite a ciertos individuos evaluar la diferencia de los sonidos con mucha aproximación.

El sistema nervioso se reduce igualmente en su origen a órganos en extremo simples: algunas redes de células de las que parten prolongaciones nerviosas; en los animales superiores este sistema se ha complicado en grado extremo; se ha convertido en un órgano de coordinación y de centralización, y en el hombre en el órgano de la conciencia.

Encontramos la misma progresión si, en lugar de examinar los órganos examinamos los seres. A los invertebrados suceden los vertebrados, que se presentan en el orden de aparición siguiente, que es un orden de perfeccionamiento: los peces, los batracios, los reptiles, las aves, los mamíferos.

En cada uno de estos grupos de por sí, se puede observar el paso de las formas inferiores a formas mejor adaptadas. Los peces aparecen primeramente con los escualos, vienen luego los peces cartilagosos y los peces huesosos.

Uno de los factores de este perfeccionamiento es la tendencia que tienen todos los seres a adaptarse a medios cada vez más amplios. Los protozoarios, que son los más inferiores, están localizados en un medio muy reducido; a las veces hasta se encuentran fijos en un pie o tallo, a manera de las plantas; son verdaderos cautivos; si gozan de una vida libre, son juguete de la corriente que les conduce

o de la excitación química que dirige sus movimientos.

Con la aparición del sistema nervioso, el animal da pruebas de una mayor facultad de dirección; adquiere mayor libertad.

La necesidad de sostener la lucha por la existencia, ha determinado, en la mayor parte de los seres, variaciones en sus formas, variaciones que acusan un progreso.

Los primeros peces que poseían placas como órganos de protección, han desaparecido para dejar lugar a los peces con escamas más flexibles, que poseen mayor agilidad. Los grandes reptiles de las épocas geológicas, que sólo se movían con dificultad, han sido eliminados; sólo han persistido los tipos más pequeños, o bien se han transformado en seres muchísimo mejor dotados: las aves. Si se examinan las formas del *Archeopteryx*, se verá que las primeras aves estaban menos bien adaptadas para la vida aérea que las aves actuales. Entre los mamíferos, los que tenían caracteres susceptibles de hacer de ellos corredores, los han desarrollado, hasta el punto en que los vemos hoy en el caballo, por ejemplo. Otros han desarrollado más armónicamente muchos caracteres que podían permitirles adaptarse al medio, después de utilizarlos. Esta adaptación *compleja* ha hecho desarrollarse en ellos el órgano de coordinación: el sistema nervioso, que se ha convertido en el hombre en órgano de la conciencia.

J. M. LAHY

# LA EVOLUCIÓN DE LOS SERES

---

---

## LIBRO PRIMERO

### Paleontología

---

#### CAPÍTULO PRIMERO

##### Los restos fósiles de los animales y de los vegetales (1)

En diversas capas de terrenos — y en los puntos más apartados del globo — se encuentran numerosos restos orgánicos contemporáneos de las hondas modificaciones sobrevenidas en la estructura de nuestro planeta. En aquellos diferentes períodos geológicos, han aparecido sucesivamente las especies animales y vegetales; unas han subsistido transformándose, otras han desaparecido o emigrado hacia otras regiones climatológicas.

El estudio metódico de estos restos *fósiles* ha permitido establecer la filiación entre los animales desaparecidos y los animales vivientes. Las analogías entre ellos comprobadas desde hace casi un siglo,

(1) El lector podrá leer sacando gran fruto de la lectura, el notable manual «Edades de la Tierra», por el Dr. Odón de Buen, que figura en el Catálogo de esta Casa Editorial. — *N. del T.*

no han adquirido toda su importancia sino después de los trabajos de Lamarck, de Geoffroy Saint-Hilaire, Darwin... Estos sabios han ayudado, así como los geólogos que les siguieron, a la creación de una nueva ciencia: la *paleontología*. Gracias a sus métodos y a numerosos descubrimientos esta ciencia ha adquirido ya un valor documental de primer orden; si aun le quedan algunas lagunas por llenar, lo que será obra de posteriores investigaciones, se puede decir que ha aportado ya una abundante contribución a la teoría de la evolución de los seres.

LOS PRINCIPALES PERÍODOS DE LA HISTORIA DE LA TIERRA. — Los períodos geológicos abarcan porciones considerables de tiempo que sólo ha sido posible evaluar de una manera aproximada. Aun antes de que los hombres hayan sido susceptibles de comprender y de observar los fenómenos naturales, se han sucedido generaciones de seres, desarrollándose acontecimientos durante millares de siglos.

La manera de estudiar y de concebir el universo, que consiste en referir al hombre lo que es independiente de él, le ha conducido al error de organizar el mundo a su medida y conformar el tiempo a la duración de su vida. Los geólogos, gracias a sus cualidades de observación, han roto con esta concepción de las cosas; pues sus investigaciones les colocaban ante hechos que requerían para su realización períodos de tiempo tan largos que cuesta trabajo a la inteligencia humana admitirlos. Tuvieron, por lo tanto, necesidad de dividir la historia de la Tierra en eras.

Para apreciar bien en su conjunto los estadios de la evolución de los seres en el tiempo, hay que

colocarles respectivamente en el medio geológico que los explica, y por esta razón vamos a enumerar rápidamente los diversos períodos de la historia terrestre, dejando de lado las divisiones de los períodos en capas y en épocas.

En la base de todos los terrenos, el más antiguo, es uno en el que aparece claramente una estratificación indicadora de un origen oceánico, y cuyos elementos, sacados de las rocas ígneas, son cristalo-filianos, es decir, cortados en hojas y formados de cristales como aquellas mismas rocas. Esos terrenos, llamados *arcaicos* no presentan huellas de fósiles, o dichas huellas son tan problemáticas que vale más no tenerlas en cuenta. No obstante, conviene observar que la presencia del *grafito* o carbón, procedente de los restos de animales o vegetales en esos terrenos, es indicio de una vida orgánica cuyos restos ciertos no pueden aparecernos o no nos han aparecido en el actual estado de los estudios paleontológicos. Se cree que la duración de la formación de esos terrenos ha sido aproximadamente igual a la duración de los tiempos geológicos posteriormente transcurridos.

Sobre esos terrenos, y, por consiguiente, más recientes que ellos, están los de la *era primaria: siluriano, devoniano y carbonífero*, en los que abundan las huellas fósiles. En los terrenos del sistema *siluriano* se encuentran restos de anélidos, de trilobites, de escorpiones, de cefalópodos y de braquiópodos, de las colonias animales análogas a los corales actuales, llamados *gratólitos*, de plantas marinas y de plantas terrestres de la familia de los *licópodos*.

En el *devoniano*, se desarrollan los peces, cuya

existencia se había señalado precedentemente por algunos ejemplares. Ya casi no se encuentran en ellos trilobites, sino, al contrario, insectos aéreos en cantidad. Aparecen los helechos y, en las capas constituídas por los antiguos limos, se señalan restos de antepasados de los batracios.

En los terrenos *carboníferos* han dejado su huella muchos batracios y peces, así como algunos reptiles. El mundo vegetal está representado por criptógamas vasculares, cuyos restos se encuentran a cada instante en las capas de hulla

La *era secundaria* comprende tres períodos: *triásico*, *jurásico* y *cretáceo*, caracterizados por los restos fósiles.

En el *triásico* vemos reptiles bípedos, saurios nadadores, cocodrilianos, las primeras tortugas y plantas gimnospermas, que representan un grado de diferenciación superior al grado de restos encontrados en los terrenos precedentes.

El período *jurásico* ve desarrollarse y diferenciarse los reptiles: unos se vuelven francamente marinos; los otros adquieren la facultad de volar. En aquel momento aparecen los marsupiales, algunos de los cuales conservan los caracteres de los equíneos. En las capas superiores se encuentran mezclados a los restos de marsupiales los de animales más perfeccionados, de placentarios insectívoros y roedores. Los reptiles prosiguen su especialización, determinados de ellos se convierten en animales voladores; así encontramos en aquel momento los restos de las primeras aves. Las plantas son cicádeas de las que el *triásico* presenta algunos raros ejemplares.

El período *cretáceo* marca en su comienzo el apogeo

del desarrollo de los reptiles y el dé su decadencia en el fin. En los mares, un número formidable de animales microscópicos fija el gas carbónico, utilizándolo con la cal para la constitución de conchas protectoras o de refugio. Su acumulación forma en el fondo de los abismos marinos depósitos fangosos primeramente y en la actualidad rocosos, adecuados para envolver los restos animales y fosilizarlos.

En la superficie de la tierra viven innumerables reptiles nuevos sin miembro: serpientes. La vegetación es variada y está constituida por numerosos angiospermas y por algunas dicotiledóneas. La era *terciaria*, que se divide en período *eoceno*, *oligoceno*, *mioceno* y *plioceno* va a ser la del desarrollo de los animales terrestres. Los vestigios que en ella se encuentran son más numerosos, y, su diversidad, en lo que respecta a los representantes de los mamíferos, es muy significativa.

El período *eoceno* es también el de los primeros mamíferos placentarios. Sus formas son muy diferentes y entre sus restos encontramos los de los pequeños cuadrumanos. La población de los mares es también muy variada: los braquiópodos son menos numerosos, los foraminíferos pululan en ellos.

El terreno *oligoceno* encierra los restos de los grandes mamíferos proboscídeos.\*

El *mioceno* se forma mientras se desarrollan todos los mamíferos herbívoros, y en tanto, en los mares, viven una infinidad de peces con numerosos gasterópodos.

Los terrenos *pliocenos* cierran finalmente la serie de las formaciones terciarias: durante dicho período se han desarrollado los grandes proboscídeos, como

el elefante meridional, el rinoceronte y el hipopótamo. Al lado de estos grandes animales, se ven herbívoros, más pequeños, más ágiles, los cervinos y los bovinos.

Finalmente, la *era cuaternaria* se señala por la aparición del hombre. A sus restos aparecen mezclados los de animales contemporáneos, desaparecidos o en vías de desaparición, tales como el mamut, el rinoceronte lanoso, el oso de las cavernas, el reno.

Sería tarea enorme, que no cabría en las proporciones obligadas de esta publicación, seguir de una a otra especie, la evolución de los seres desde las formas casi indiferenciadas de la materia bruta en los océanos primitivos, hasta el actual habitante de las ciudades.

Dando de lado a todas las discusiones sobre las causas y el proceso de la evolución, ésta queda en pie; pero es, no obstante, de interés seguir sus grandes líneas en el tiempo, con ayuda de los jalones colocados por los restos fósiles, y que acabamos de emplazar rápidamente en este breve estudio relativo a la historia de la Tierra.

## CAPÍTULO II

### Las primeras formas de la vida Tiempos archeanos

¿Cuáles eran en los océanos primitivos que cubrían la delgada corteza sólida de la tierra en formación las condiciones de la vida? ¿Cuáles eran los seres que vivían en aquel medio?

Una de las suposiciones más aceptables, es la de que, en las aguas de primera condensación, debían vivir y reproducirse, según el modo habitual de las células protoplásmicas aisladas o de las colonias celulares sin atributos funcionales, seres monocelulares de constitución elemental.

Los datos de la geología y la observación nos permiten atribuir a aquellos tiempos archeanos una duración aproximadamente igual a la de los tiempos transcurridos desde el comienzo de la era primaria.

Así, pues, es poco probable que haya habido ninguna manifestación de la vida durante aquella larga sucesión de siglos, en la que los movimientos de la corteza terrestre y los desplazamientos de los océanos fueron permanentes a causa de la poca consistencia de la corteza y de su falta de estabilidad.

Han vivido seres, se han reproducido, han evolucionado, pero no han quedado huellas de su existen-

cia, acaso en virtud de la constitución de esos seres y también a causa de las acciones de los agentes físicos que han obrado sobre las capas terrestres, en las que la materia orgánica ha sido reabsorbida, se ha incorporado íntimamente a la de los elementos minerales constitutivos de esas capas, de las que no se distingue ya hoy.

En el estudio retrospectivo de esos, seres esencialmente marítimos, hay que tener en cuenta una multitud de elementos diferentes hoy de lo que entonces eran, elementos que son: la constitución del agua y las materias contenidas en disolución, sales y gases.

La atmósfera tenía composición diferente de la que tiene en la actualidad. El gas carbónico debía encontrarse en ella en proporción mucho más considerable, y el grado de humedad debía ser más elevado. Ahora bien: como es la composición atmosférica la que rige las disoluciones gaseosas del agua, aquéllas debían ser diferentes de lo que ahora son, lo que determinaba un régimen distinto para los animales acuáticos.

No se estaría, pues, impuesto, hasta después de una información más amplia sobre la evolución de los seres durante aquel largo período, más que de las hipótesis, por faltar casi por completo los hechos de información.

## CAPÍTULO III

### Las formas vivientes de la era primaria

LOS ANIMALES INFERIORES. — Uno de los fósiles característicos de la era primaria es el *trilobites* (fig. 1). A su lado, otros restos animales nos muestran que una vida intensa animaba los mares en aquella época y se manifestaba en diversos seres.

En la capa más baja del silúrico o siluriano encontramos huellas de *anélidos*. Son animales análogos al gusano o lombriz de tierra, pero cada uno de sus anillos está provisto de apéndices propios para la locomoción, la natación, la respiración y la reproducción.

En suma: los anélidos son seres constituídos por una serie lineal de formas vivientes asociadas, apto cada uno para vivir por sí, en los cuales la asociación ha producido un bosquejo de especialización de funciones. Antes de que ésta esté terminada, como en la lombriz de tierra, el animal puede ser seccionado, y cada parte forma un individuo distinto.

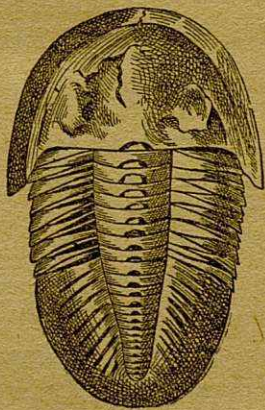


Fig. 1. — Trilobite.

El trilobites no tarda en desaparecer; se encuentra cada vez con menos frecuencia en las capas superiores del silúrico, y es reemplazado en él por dos tipos de animales: el *pterygotus* y el *stylomurus*, crustáceos gigantescos en los que la diferenciación de los segmentos del cuerpo es más característica y adaptada a funciones especiales, como se ve en la latija actual. La larva de este animal tiene de notable que realiza las formas antiguas, de las que era prototipo el trilobites.

Estos estaban representados por numerosas especies que, sufriendo metamorfosis o cambios sucesivos, van a constituir el punto de partida de series animales, cuyos restos fosilizados caracterizarán las diversas capas terrestres posteriores al siluriano, en cuanto a la formación.

Al mismo tiempo que los trilobites, vivían en los continentes grupos de animales, descendientes de modo claro de los anélidos primitivos. *Miriápodos*, *escorpiones* y *arácnidos* han dejado huellas de su existencia en las capas superiores del silúrico y en las capas inferiores del devónico. Es en el carbonífero, entre la pujante flora de las cálidas selvas de aquella época, cuando los insectos adquieren todo su desarrollo. Hay entre los diversos grupos, cuyas huellas han sido reveladas en las capas del suelo, evidentes lazos de parentesco.

Los segmentos del cuerpo, que, por otra parte, se pueden comprobar en los insectos actuales, ¿qué son sino los segmentos de los *anélidos* y de los insectos desembarazados de los apéndices que han llegado a ser inútiles? Hasta se han encontrado en las minas de hulla de Commentry especies de esca-

rabajos y de efímeras cuyos anillos abdominales presentan branquias traqueales que son indicio de una vida acuática anterior; dichas branquias son debidas a transformaciones sucesivas de los apéndices abdominales conservados en las langostas (*carabus*), los cangrejos, etc., consagrados a la respiración, a la protección y al soporte de los huevos en las hembras.

Aquellos insectos, nacidos en un medio marino, y que pasan en él la primera parte de su existencia, viviendo seguidamente en una atmósfera saturada de humedad, podían así utilizar, gracias a sus branquias, los gases disueltos en el agua. Esta disposición se encuentra nuevamente en las larvas de los insectos actuales, y el lugar de esas branquias está ocupado en los insectos adultos, por los estigmas de las tráqueas, que son sus aparatos respiratorios.

Los seres monocelulares se manifiestan durante esta era por formaciones particulares que tienen cierta analogía con la de los foraminíferos actuales. Por lo demás, esas formaciones no cesan; el limo de los océanos guarda los restos de esos infinitamente pequeños, cuya acumulación constituye las rocas calcáreas sedimentarias.

Los *zoófitos* y los *celenterados* estaban representados por animales de formas regulares, indicio de medios tranquilos, apropiados para las cristalizaciones y las arborescencias regularmente radiadas. Semejantes formaciones no se efectúan hoy más que en los mares poco agitados, en los que la resaca no puede turbar las disposiciones geométricas sometidas a leyes matemáticas de equilibrio.

Entre los otros fósiles diseminados, en los terrenos

de la era primaria, notamos las *ortoceras* y las *circoceras*, las *firgmoceras*, cuyas conchas lisas o enroscadas sobre sí mismas, divididas en compartimentos por paredes sucesivas, parecen cuernos más o menos encorvados. Los moluscos que viven en el Golfo Pérsico, y que son conocidos con el nombre de *Nautilus* (fig. 2), recuerdan estos animales, cuyos tipos cada vez más variados vamos a encontrar en las capas de los terrenos formados después del



Fig. 2. — Nautilo.

siluriano. Si reuniésemos los individuos de este grupo, desparrramados en los terrenos superpuestos sobre éste o formados después de él, tendríamos una serie que representaría sobre poco más o menos las diversas formas de un embrión de nautilo. Las mismas suturas de los tabiques, en línea simple en la *ortocera*, más complicadas en la *ammonite*, son reproducidas por el embrión en un orden creciente de complicación.

Sin detenernos más en la revista de todos los fósiles de la era primaria, revista interesante que se puede encontrar en los tratados especiales, podemos concluir que las formas animales elementales están representadas en gran número en los terrenos primarios. Protozoarios, zoófitos, equinodermos, braquiópodos, moluscos y crustáceos, nos aparecen en tipos simples, como bocetos. ¿Qué será de esos tipos en los períodos geológicos que van a seguir? Según los medios más o menos favorables a la vida animal, esos seres van a especializar más y más

sus órganos, con arreglo a las funciones biológicas más convenientes.

LOS VERTEBRADOS DE LA ERA PRIMARIA. — Durante la era primaria los únicos vertebrados que vivían, fueron: *peces, anfibios y reptiles*. Estos últimos figuran en muy pequeña cantidad. Los peces, al contrario, fueron muy numerosos y bastante diferentes en forma.

Los fósiles de estos animales no aparecen sino al fin del período siluriano, que marca aproximadamente la mitad de la era primaria, y nos revelan que su esqueleto era cartilaginoso y su cuerpo estaba recubierto de escamas duras y resistentes. ¿Cuáles fueron los predecesores inmediatos de aquellos primeros vertebrados? En razón de la naturaleza cartilaginosa de esas formas de transición, la paleontología no nos da ningún documento utilizable para esta investigación. Pero la embriología nos enseña que los cuerpos de los vertebrados son metamericaciones, es decir, alineamientos de unidades biológicas asociadas, como lo hemos visto en los anélidos.

La serie de formas por las cuales han pasado los peces antes de adquirir las que podemos estudiar en sus antepasados analizando sus restos fósiles de placas dérmicas, es fácil de restablecer con arreglo a los datos a que aludimos antes. Lo que hay de cierto es que los diversos *peces acorazados* de la era primaria, se transformaron antes del fin de dicha era y fueron reemplazados por *peces ganoídeos*, de los que algunos ejemplares son contemporáneos de los primeros. El cuerpo de los nuevos vertebrados, en cuanto a la forma, difiere poco del de los antiguos, pero su columna vertebral es más sólida y sus escamas

son menos resistentes. Estos son semejantes a los peces actuales; sólo su cola afecta la forma de la de los peces cartilagosos, es de conformación heterócera, es decir, con una de las alas más larga que la otra (fig. 3).

Como las formaciones óseas de los vertebrados van precedidas de un estadio cartilaginoso, de igual modo el esqueleto de los peces actuales que es óseo,

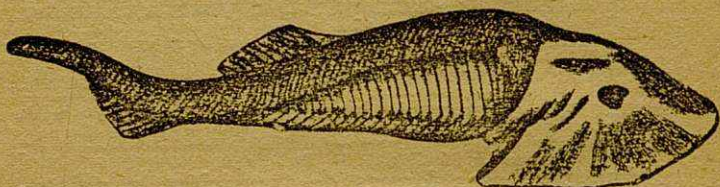


Fig. 3. — *Cefalaspis*.

y el de los peces de las eras geológicas precedentes, ha franqueado el estadio cartilaginoso para llegar al estadio óseo.

Distribuidos en los diversos mares del globo, esos peces se han desarrollado en ellos durante largas series de siglos y han adquirido los caracteres más apropiados, tanto a la resistencia a las dificultades del medio como a las adaptaciones que implica. Una de las adaptaciones más frecuentes, fué para el pez que vivía en masas de agua susceptibles de desecarse, la que le permitía pasar del elemento líquido al elemento seco sin riesgo de asfixia.

Actualmente ciertas regiones tropicales, cuyos ríos, en la época de las lluvias, arrastran aguas abundantes y están en seco en el momento de los calores,

poseen dos clases de peces: los *ceratites* y los *lepidosirenos*, que forman el grupo de los *dipneustos*. Estos dos peces respiran con igual facilidad por branquias que por pulmones, que están constituidos en ellos por una hinchazón del esófago. En el momento en que la corriente del agua que habitan esos animales no ofrece más que bancos de limo, los peces de respiración branquial mueren si no han emigrado

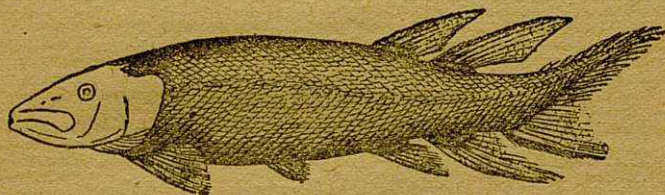


Fig. 4. — Dipterus.

al mar o a una región más irrigada. Los dipneustos se forman en el limo un retiro en el que se adormecen en espera de una estación menos seca, o bien ganan la corriente del río, respirando entonces merced a sus pulmones. Un pez del devónico o devoniano, el *dipterus* (fig. 4), realizaba esta organización.

En el carbonífero y el primario hemos encontrado esqueletos de animales cuyos dos pares de aletas tienen absolutamente el aspecto de patas destinadas a la marcha sobre un suelo duro. El *dipterus*, como indica su nombre, presenta un ensayo de realización de este género, que es claro en los *protitones*, cuyos esqueletos se encuentran fosilizados en los esquistos petrolíferos de Autun. Aquellos protitones tenían una respiración branquial, y representan la

primera etapa de un organismo transformándose para la vida terrestre. Eran, aparentemente, renacuajos de batracios, de los que el *actinodon*, uno de los fósiles del mismo terreno, es un representante.

Este animal, de cuerpo recubierto de placas dérmicas resistentes, se parece más a un reptil que a un anfibio. Ha conservado de los peces como el *cefalaspis* (fig. 3), el sistema protector de la cabeza y del tórax. Su columna vertebral, aun en el estado adulto, está, por decirlo así, abocetada, y ha conservado el tipo de la columna vertebral de los *cordiformes*. En éstos, en efecto, la vértebra no existe; pero una cuerda dorsal reemplaza la columna vertebral, cuerda que se envuelve en una vaina fibrosa, cartilaginosa y ósea, segmentada, en este último caso, en artículos llamados vértebras. En el batracio y el reptil primarios, la vértebra carece de cuerpo osificado. Está segmentada y presenta la cavidad destinada a alojar la *notocorda*.

Disposición semejante se observa en el embrión de los batracios, y la veremos también en el embrión de todos los vertebrados. Persiste en algunos vertebrados inferiores adultos, como la *hatteria*, especie de lagarto que vive en nueva Zelanda. Son estos organismos intermedios que establecen el parentesco directo de los invertebrados y de los vertebrados.

## CAPÍTULO IV

### Los vegetales de la era primaria

La variedad de las plantas conservadas por la fosilización sigue la misma progresión creciente que la de los animales.

En el terreno siluriano no observamos más que algunos vestigios de algas marinas. La vida era completamente oceánica, y los seres no evolucionaban más que en el medio acuático. Así, las plantas halladas, son colonias celulares agrupadas en series que constituyen filamentos. La célula vegetal, semejante en su origen a la célula animal, opera sus divisiones sucesivas en el medio rico en substancias nutritivas, hasta el momento en que aquel medio se empobrece o no presenta ya las condiciones físicas necesarias para el crecimiento del ser que en él vive.

En aquel momento una de las células se encoge, se rodea de membrana más resistente y adquiere propiedades propias que le permiten una nueva vida en un nuevo medio favorable. Tal es el vegetal llamado flor de la corteza del roble (*myxomyceta*) y tales son las bacterias conocidas bajo el nombre de *microbios*.

Las algas (fig. 5) (*confervas, laminarias*), son organismos un poco más perfeccionados, pero bastante



Fig. 5.  
Olthamia.

vecinos de esos vegetales elementales, cuya constitución y fisiología son absolutamente semejantes a las de los protozoarios, punto de partida de las colonias animales.

A medida que vamos remontando en la serie de los terrenos de la era primaria, encontraremos huellas de vegetales cada vez más y más complejos.

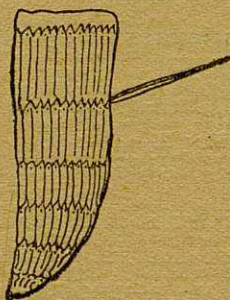


Fig. 6. — Calamites.

Las capas superiores del devoniano encierran huellas de plantas terrestres. Son *criptógamas*. Se encuentran allí todas las variedades y hasta se dan los tipos de familias hoy desaparecidas o transformadas. Las capas medias del devónico contienen restos de

*licopodiáceas*. El terreno carbonífero abunda en restos vegetales de criptógamas vasculares. Las *colas de caballo* gigantes, *calamites* (fig. 6) *anularias*, *lepidodendron*, *sigillarias*, constituían las selvas de la era primaria. Mediante estas plantas fué como se hizo la fijación de la mayor parte del carbono de la atmósfera primitiva. Sin duda es debido a la humedad particular de que aquella atmósfera estaba cargada, el considerable desarrollo de aquellos vegetales, cuyo amontonamiento y la fermentación en las capas del suelo trastornado, han constituido las reservas de hulla a las que recurre nuestra industria. Durante aquel largo período de tiempo, las



Fig. 7.  
Neuropterias.

plantas, como los animales, sufrieron transformaciones. Las criptógamas vasculares se desarrollan y persisten, mientras que a su lado vemos aparecer nuevos tipos con diferentes procedimientos de reproducción, y más guías favorables a la conservación de la especie, las *fanerógamas*.

La existencia de estas nuevas plantas no está sometida al capricho de la generación por esporos: se reproducen por medio de semillas, son las *neuropterias* (fig. 7), que se parecen extraordinariamente al helecho, y las *aneimias* que, en lugar de esporangios, llevan semillas. El perfeccionamiento se manifiesta más completamente en las *gimnospermas* arborescentes como los *cordaites* de hojas estrechas y prolongadas, que marcan la transición entre esas *gimnospermas* cuyo parentesco con las criptógamas vasculares es visible, y las verdaderas *gimnospermas*, como la *walchia* (fig. 8), que se parecen a las *araucarias* actuales.



Fig. 8.  
Cono de walchia.

## CAPÍTULO V

### Las formas vivientes de la era secundaria

Obligados para la claridad de nuestro trabajo a presentar la evolución en los cuadros que los geólogos han asignado a los diversos períodos de la historia de la tierra, prevenimos, no obstante, al lector, que no se fije demasiado en esas divisiones artificiales, atribuyéndoles valor excesivo. La vida, desde su aparición, no conoció etapas fijas. En sus diversas manifestaciones prosigue a través de todos los obstáculos. Las capas del suelo, poco estables, se hundían; los océanos cambiaban de lugar, los climas variaban; no obstante aquellos trastornos, bastaba un punto, un medio que reuniese en grado óptimo las condiciones favorables, para que la vida, que en él pululaba, se extendiese más y ganase de uno a otro continentes y mares.

Formación de elevadas montañas, apertura de valles, repliegues del suelo, erosiones, cosas son que no han podido hacerse sin trastornos y sin destrucciones. Muchos seres han desaparecido, hánse extinguido numerosas familias, pero no ha habido cataclismo universal. Hubo frecuentes trastornos en el comienzo y gradualmente más raros, cuyas fechas ha podido la ciencia geológica determinar aproxi-

madamente. Mientras la evolución del globo se realizaba, algunas formas vivientes fueron destruidas por trastornos parciales, pero no hubo, en ningún momento, una transformación universal y completa de las condiciones de existencia.

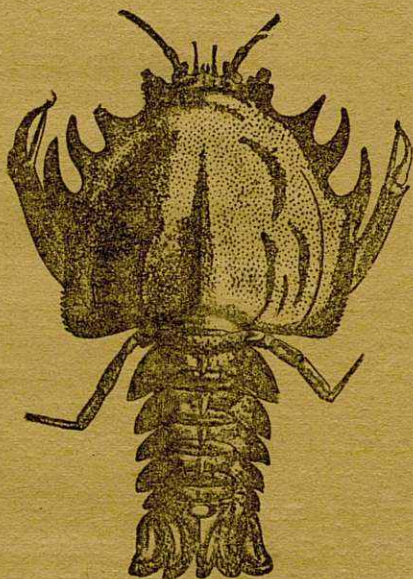


Fig. 9. — *Erión artífórmico* (jurásico), especie de langosta, encontrado en las capas de Solenhofen.

La era secundaria ofrece una mayor variedad de seres que la precedente. Ciertas familias se han extinguido, especialmente las de los peces recubiertos de recias escamas. Las condiciones climatéricas continuaron siendo las mismas con poca diferencia, pero la temperatura era más elevada, la atmósfera

más cargada de humedad y de gas carbónico. No obstante, alcanzamos los tiempos en que va a producirse una diferenciación en los climas. Los animales y las plantas tendrán que soportar temperaturas que irán disminuyendo desde el ecuador hacia los polos, lo que determinará regiones biogénicas diversas.



Fig. 10. — Amonite.

Durante la era primaria, los infinitamente pequeños de los océanos, se han desarrollado sin perfeccionarse, bajo las diferentes latitudes, como lo evidencian los depósitos cons-

tituídos por ellos en las varias y diferentes capas de terrenos. A medida que la tierra se enfría, ya no vamos a ver formaciones coralinas, *políperos*, sino hacia regiones muy distantes del polo, es decir, hacia los lugares en que se encuentran aún las condiciones primitivas de la vida.

CRUSTÁCEOS y MOLUSCOS. — Los crustáceos derivados, en la era primaria, de la forma trilobites, se especializan un poco más y alcanzan formas marinas poco menos que definitivas. Encontramos fósiles de langostas de mar, de langostinos, semejantes a los animales contemporáneos, tal es el *erión* de las capas jurásicas (fig. 9).

Los moluscos se multiplican de una manera considerable; no encontramos menos de 4.000 especies. Muchos no son más que formas modifi-



Fig. 11.  
Belemnite.

cadadas de la *amonites* (fig. 10), algunos, como el *ancilócero* son amonites desenroscadas.

Durante la era secundaria se manifiestan dos grupos importantes de moluscos: el grupo de las *belemnites* y el de los *rudistas*. Las *belemnites* (fig. 11) son moluscos emparentados con las amonites, pero de forma absolutamente diferente. Son *dibranquios*, análogos a las jibias o sepias de la actualidad; su cuerpo no está encerrado en una concha; toda su embriología indica un arrollamiento previo. La concha está reducida a una punta calcárea, único resto que se haya encontrado, en general, fosilizado, y a una lámina córnea alojada en el cuerpo del animal.



Fig. 12. — Hipurites.  
(Rudista)

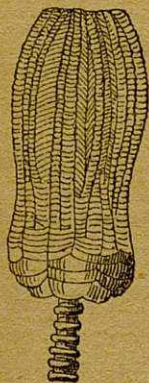


Fig. 13.  
Encrinus, estrella  
de mar fósil  
en forma de lis.

Los rudistas, cuyo tipo más común es la *hipurite* (fig. 12), constituyen un grupo de seres bien determinados. Su concha es un cuerno o trompeta pequeña recta, estirada, adherida a dos cuernos o trompetas de individuos semejantes. Acaso se trate de amonites especializadas por la inmovilidad. Su acumulación en los mares septentrionales ha formado arrecifes análogos a los arrecifes de corales formados por los políperos en los mares más cálidos.

EQUINODERMOS. — Los *equinodermos* se encuentran extendidos en gran número en los mares templados. Erizos



en un medio tranquilo, se modifica en el caso de cambio de estado o de medio. El erizo regular, como el que vive en los huecos de las rocas del litoral mediterráneo, tiene sus órganos dispuestos en simetría radiada. Pero si el animal progresa, esta simetría tiene tendencia a desaparecer; uno de los radios, el que está colocado en el sentido del movimiento, se reduce, los otros llegan a replegarse o a confundirse con él o con los dirigidos en sentido contrario al de la marcha. El animal se caracteriza entonces por una disposición asimétrica: la boca toma la posición *precedente*, el ano la posición *siguiente*. Dichos erizos son el punto de partida de tipos nuevos en los cuales la simetría radiada desaparece (figs. 14 y 15). En efecto; los erizos regulares son numerosos en el principio de la era secundaria y los erizos irregulares aparecen en el fin de aquel período.

PECES BATRACIOS. — Los peces de la era secundaria marcan un considerable progreso sobre los tipos de la era precedente. Vamos a asistir a la desaparición progresiva de los peces cartilagosos y a su substitución por peces óseos. Precedentemente hemos visto cómo se extinguían los peces acorazados y aparecían los ganoídeos. Estos últimos abundan mucho en el comienzo de la era secundaria. Uno de los principales es el *lepidotus*, provisto de recias escamas.

Es evidente que no deberían subsistir de esos peces de osificación imperfecta, sino aquellos cuya

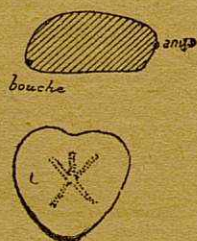


Fig. 15. — Oursin.

talla era suficiente para permitirles oponer una fuerte resistencia a sus enemigos más favorecidos. Los escualos carnívoros, de potente sistema dentario, son los únicos que viven y se desarrollan.

Hemos visto en el período carbonífero aparecer una variedad de peces aptos para respirar a la vez

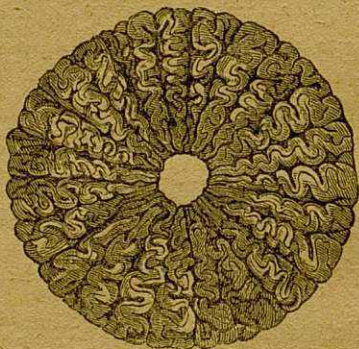


Fig. 16. — Forma interna de un diente de *mastodonsaurus* gran salamandra del grupo de los *labryntodontes*.

por branquias y por pulmones: los dipneustos. En el triás, los peces anfibios se cuentan en gran número y acompañan a los reptiles y a los batracios. La talla de estos últimos ha aumentado, sus vértebras se han osificado. Su representante más típico, el *labryntodon*, así llamado a causa de la complicación de sus dientes replegados (fig. 16), se encuentra ya en el permiano. Es un sapo enorme de tres metros. Tiene los miembros cortos, recogidos, el cuerpo grueso y corto, una dentición y los dedos armados de garras.

A partir de este momento se desarrollan ranas y salamandras que alcanzan paulatinamente una forma aproximada a la actual. En el jurásico especialmente es donde se encuentran sus restos.

REPTILES. — Los terrenos de la era secundaria encierran tal número de fósiles de reptiles que su descripción exigiría largos capítulos. Diariamente se exhuman nuevos fósiles.

El período geológico que nos ocupa fué de los más favorables a su desarrollo y difusión. Derivados de los batracios, habitantes de las vastas extensiones fangosas, que los mares al retirarse habían dejado en seco, esos seres nuevos habían adquirido poco a poco una vida absolutamente terrestre. Únicamente sus embriones conservaban branquias, pero el ser recién nacido respiraba mediante pulmones.

En el principio todos son herbívoros, por ser en extremo fácil encontrar la alimentación; las generaciones sucesivas aumentan en talla y en número. Pero a consecuencia de las necesidades de su alimentación, se convierten seguidamente en carnívoros. Tal conjunto de circunstancias era apropiado para favorecer el desarrollo de las grandes especies que luego han vivido, desde el *archegosaurus* (fig. 17), que no medía más que un metro cincuenta centí-



Fig. 17. — Cráneo de *archegosaurus* (tamaño un m. 50). El mayor de los stogocéfalos, clase de los batracios de la época carbonífera actualmente desaparecido.

Los stogocéfalos son animales de transición de los batracios a los peces con pulmones de una parte, y de otra los batracios a los reptiles.

metros, hasta el *atlantosauro*, al que los restos incompletos encontrados en las montañas rocosas permiten atribuir una longitud de treinta y seis metros.

Los cuerpos de aquellos reptiles son masas enormes, pesadas y sin gracia, que se arrastran sobre miembros recios, como el *stegosauro* o el *brontosauro*, o progresando por saltos sobre los miembros inferiores y sobre una cola enorme como el *iguanodon* (fig. 18).



Fig. 18. — *Iguanodon* reconstituido.

La lucha por la vida que se entabla entre esos terribles animales determina en ellos aptitudes diversas.

Los débiles se defienden de los fuertes mediante la huida a otros medios a su alcance. Los herbívoros, de gran talla, cuentan con su masa para oponerla a los ataques. Si son de estatura pequeña o mediana, su cuerpo se recubre de corazas protectoras y defensivas o sus miembros más ágiles se habitúan a la carrera rápida que les pone al abrigo de sus perseguidores.

En este período se esboza el carácter de una adaptación más complicada, de la que saldrán las primeras formas de la inteligencia.

Si examinamos la capacidad cerebral de un *ceratosau*ro o de un *stegosau*ro, y la comparamos con el volumen del canal medular del mismo animal al nivel del sacro, vemos que el canal es considerablemente mayor que el cerebro, lo que es indicio de que las funciones motrices reflejas estaban desarrolladas a expensas de las funciones cerebrales. Aquellos poderosos brutos, de sentidos restringidos, debían ser fatalmente presa de enemigos más débiles, menos bien armados, pero más ágiles y provistos de sentidos más delicados.

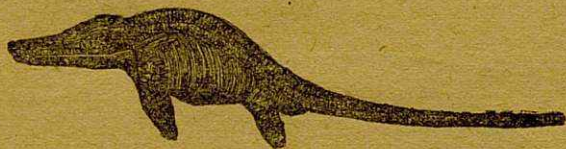


Fig. 19. — *Ictiosau*ro (jurásico), lagarto-pezu, especie de cocodrilo de 12 m. cuyos miembros son aletas natatorias.

El terreno jurásico ha conservado también los vestigios de reptiles nadadores, con formas de peces, de los que el más característico es el *ictiosau*ro (fig. 19), que vivía en los mares en el mismo tiempo que el *plesiosau*ro (fig. 20). Sus miembros son prolongados y han adquirido la forma de aletas natatorias; su extremidad caudal no difiere gran cosa de la de los peces. Representan la adaptación del animal terrestre a la vida acuática. Para escapar de sus enemigos o para buscar la presa, esos reptiles se han acostumbrado paulatinamente al elemento líquido y su cuerpo se ha modificado en concordancia con una vida al principio anormal, que seguidamente

se ha hecho normal, como lo vemos en los mamíferos carnívoros y herbívoros: focas, morsas, dugongs, leomantinos. El ictiosauro, como el mosasauro y el plesiosauro eran los mejor adaptados a la vida marina. Su dentición los señala como poderosos carnívoros. Restos de ellos, que afortunadamente



Fig. 20. — Plesiosauro.

han llegado conservados hasta nosotros, nos revelan que el ictiosauro era vivíparo y en ello había una indicación preciosa para la investigación, en este sentido, de la ascendencia de los grandes mamíferos actuales, como la ballena o el cachalote, últimos representantes de un mundo que se extingue.

Por la misma razón de defensa para la huída, algunos de estos reptiles adquieren cualidades de corredores, de saltadores. Sus miembros, gracias a la adición progresiva de una membrana cutánea, se convirtieron en aparatos de vuelo análogos a los

de los murciélagos y de los vampiros, y los terrenos jurásicos conservan los fósiles de reptiles voladores, los *pterodáctilos* (fig. 21). Al principio pequeños,

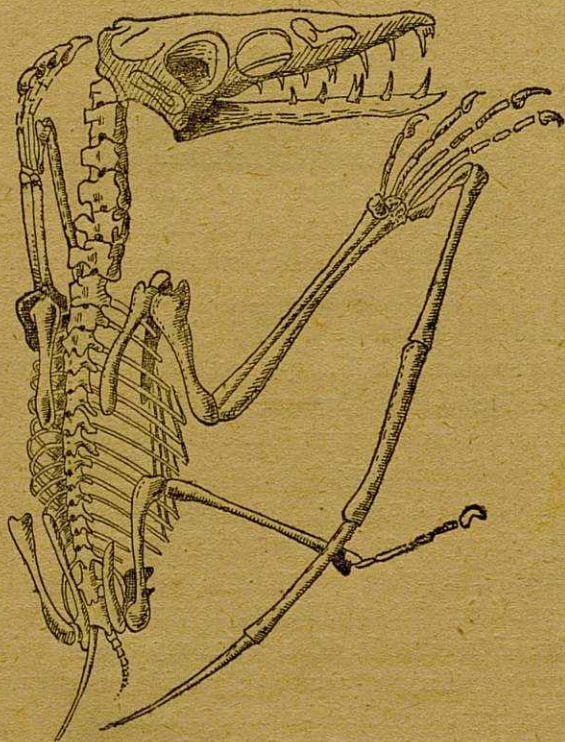


Fig. 21. — *Pterodáctilo*, lagarto volador que primeramente se tomó por ave. En realidad este animal marca la transición entre los saurios y las aves, como el ictiosauro y el plesiosauro señalan la transición entre los peces y los saurios.

lo que parece encajar bien en la hipótesis de una clase de reptiles constituida por los representantes más débiles obligados a huir delante de los más

fuertes, los pterodáctilos adquieren cada vez mayor tamaño, y se han encontrado los restos de algunos de ellos cuya longitud llega a ocho metros.

¿Hay que ver en esos reptiles adaptados al vuelo el principio de ese grupo de animales cuya forma curiosamente compuesta vamos a estudiar?

En los terrenos que señalan el fin del jurásico y el principio del cretáceo, se han encontrado raros restos de un animal reptiliano (dos exactamente, uno perteneciente al Museo de Londres y el otro al de Berlín). La particularidad curiosa de este animal es la presencia de plumas dispuestas sobre sus miembros y su cuerpo a la manera de las de las aves. La parte terminal del cuerpo es una cola formada por numerosas vértebras en las que se insertaban plumas. Las rémiges de las alas, en vez de adherirse sobre los huesos o brazos y muñones de los dedos, únicamente se adherían sobre el esqueleto del miembro, dejando los dedos, provistos de garras, en libertad de coger la presa o de trepar. Este animal, al que se ha dado el nombre de *archeopteris* (fig. 22), es el tipo primitivo del ave. Marca de manera muy clara la transición entre la clase de los reptiles y la de las aves, y constituye el punto de partida de este nuevo grupo a cuya evolución vamos a asistir.

Como los reptiles, el *archeopteris* tiene las mandíbulas provistas de dientes, carácter que se conserva largo tiempo en numerosas aves. Su región coxígea se prolonga en una cola que es perfectamente visible en el embrión del avestruz. Por otra parte, en el terreno cretáceo se han conservado restos de aves claramente caracterizados.

El más notable es el *ictiornis*, cuyos miembros

anteriores son apropiados para el vuelo. El único carácter reptiliano de esta ave es una mandíbula provista de dientes.



Fig. 22. — *Archaeopteryx macrurus* o *lithographicus*; *cl*, clavícula; *co*, coracoide; *h*, húmero; *r*, radio; *u*, cúbito; *c*, carpo; *sc*, escápulo; *I-IV*, dedos, (según Zittel.)

Otro tipo notable, vecino del *ictiornis*, es el del *hesperornis*, especie de avestruz de alas ya atrofiadas.

Tampoco esta ave, que vivía en un país en el que estaba al abrigo de enemigos temibles, ha conservado la facultad de volar. Se había especializado para la carrera, que le bastaba para perseguir su presa y garantizar su seguridad.

LOS PRIMEROS MAMÍFEROS. — En los terrenos medios del jurásico se descubren restos de mezuquinos animales cuyo cuerpo estaba cubierto de pelos, que producían vivos sus pequeñuelos y los amamantaban. Son pequeños seres que parecen no muy adecuados para la lucha, pero cuyo desarrollo cerebral es mayor que el de los reptiles mejor provistos hasta entonces. Debieron vivir fuera del alcance de los animales monstruosos, sus contemporáneos. Fueron los primeros mamíferos, *marsupiales* o *didelfos*.

LOS VEGETALES DE LA ERA SECUNDARIA. — La era secundaria fué para el mundo vegetal una era transitoria. Los vegetales primarios, bastante diversos, no habían pasado más allá del estado gimnospermo. En los terrenos del trias y del jurásico la flora es la de la era primaria superior. Los *licopodos* y los *helechos* dominan, los *gimnospermos* son todavía los mismos que aquellos cuyos caracteres hemos estudiado. En las capas inferiores del cretáceo parece que hubo una germinación de angiospermas; los tipos están poco caracterizados. Las familias mezcladas parecen tantear climas que les sean favorables. Aquí la evolución no aparece con gran claridad, y nos es difícil, por falta de documentos, estudiar las distintas formas de aquella especie.

CARACTERES GENERALES DE LOS SERES DE LA ERA SECUNDARIA. — El punto capital que recordar de

nuestro estudio de los seres de la era secundaria, es la aparición de animales que tienen sobre los reptiles la ventaja de una organización más adecuada para la vida terrestre. Estos animales tienen una capacidad cerebral mayor que sus predecesores. Su dentadura, en vez de estar compuesta de una serie de dientes puntiagudos, propios para desgarrar la presa, está constituida por categorías de dientes diversos, propios para una buena masticación, y en la cual se distinguen incisivos, caninos y molares. La mandíbula inferior se articula directamente con el cráneo por cóndilos, en lugar de relacionarse con él por un hueso intermedio: el hueso cuadrado.

De intento hemos omitido citar, para mencionarlos aquí, entre los animales del principio de la era secundaria, dos reptiles cuya disposición anatómica marca ese progreso de organización. El *pareiasaurus* es un reptil, como lo indican la forma de sus vértebras y la disposición de los huesos de su cráneo, pero sus miembros y su mandíbula superior tienen una organización anatómica que recuerda la de los mamíferos. El *gyncysnathus*, cuyos restos están fosilizados en los terrenos triásicos, es todavía más característico. Sus mandíbulas están armadas de dientes absolutamente diferenciados en incisivos, caninos y molares; la inferior se articula casi directamente con el cráneo, y éste es movable sobre la columna vertebral, circunstancia que no se encuentra en los otros reptiles.

Estos dos grupos de animales ofrecen, pues, dos formas transitorias que van a explicarnos la filiación de los mamíferos.

## CAPÍTULO VI

### Las formas vivientes de la era terciaria

Si la flora de la era terciaria es bastante semejante a la de la era secundaria, la fauna, por el contrario, es totalmente diferente. Ciertos fósiles característicos de las eras precedentes han desaparecido en absoluto: no encontramos ni amonites, ni belemnites, ni rudistas. Los grandes reptiles no existen ya, y los mamíferos adquieren una gran importancia; las aves se desarrollan, pero en menor número.

LOS INVERTEBRADOS. — Los invertebrados conservan las formas adquiridas durante la era precedente.



Fig. 23.

*Nummulite* (aumentada de cinco a seis centímetros.)

En los mares vive un nuevo ser: es un invertebrado llamado *nummulite* (fig. 23). Este ser está constituido por una masa protoplásmica extendida en pequeños compartimentos que comunican entre sí, dispuestos sobre un solo plano y envueltos en un caparazón de carbonato de cal. Las nummulites eran de diferentes tamaños, y

se han encontrado algunas que alcanzan un diámetro de cinco a seis centímetros. Sus envolturas

han formado montones calcáreos bastante considerables para constituir capas de terreno.

Otro fósil característico del terreno terciario es la *cerita* (fig. 24), representada aun hoy por algunas especies. Es un gasterópodo de dimensiones con frecuencia considerables. La especie se ha reducido y no tiene ya más que algunos representantes. Hay en la atenuación de estas dos formas vivas, de cierta importancia en el principio del período, la indicación de un cambio de condiciones de vida desde el principio de la era terciaria.

Los artrópodos del comienzo son casi los mismos que componen las especies actuales. Los insectos tienen formas concretas, su desarrollo es considerable, y los tipos que se han conservado intactos en el ámbar de Prusia, formado por depósitos de resina de los pinos de los bosques terciarios, representan más de dos mil especies que en su mayor número pueden ser clasificadas entre las especies en la actualidad vivientes. Hay, sin embargo, muchas que parecen constituir géneros intermedios entre los géneros vivientes en nuestros días.

En lo que concierne a la evolución en los insectos o en los arácnidos, la prueba se ha hecho experimentalmente en el laboratorio subterráneo del Museo. La vida de los insectos es bastante corta para permitir a los experimentadores observar una larga serie de generaciones en un corto espacio de tiempo.

En cuanto a las plantas, los notables estudios de M. Constantin y los experimentos decisivos



Fig. 24. - Cerita.

emprendidos por el mismo, o por sus indicaciones, han resuelto también triunfalmente la cuestión.

PECES y BATRACIOS. — Los peces de la era terciaria han adquirido formas que difieren poco de las actuales. Viven lo mismo en el mar que en el agua dulce, y sus esqueletos nos ponen de manifiesto que han pasado del estado cartilaginoso al estado óseo. No obstante, las grandes especies cartilaginosas han sobrevivido. Cetáceos gigantescos, los *carcharodons*, de agudos y formidables dientes, colocados en forma de sierra, viven en los mares de la época miocena.

Los batracios son los mismos que en nuestros días; su evolución es completa y se manifiesta solamente en su anfibismo, acerca del cual tendremos ocasión de hablar de nuevo.

REPTILES. — Los reptiles realizan durante este período una evolución que conduce a algunos de ellos al tipo serpiente y otros al tipo tortuga. Esta evolución se explica por las necesidades de una vida acuática defensiva o requerida por la busca de presas que en aquel medio vivían. De otra parte, respondiendo a esta evolución, se opera la distribución geográfica de los tipos; pero las familias y las especies se extinguen o se desenvuelven según las condiciones del medio y de vida. Los cocodrilos y las grandes tortugas, que vivían durante la época oligocena en nuestras latitudes, las abandonan poco a poco, extinguiéndose en ellas, mientras que se multiplican en los países cálidos.

AVES. — Las aves sufren durante la era terciaria una importante evolución aun más variada que la de los reptiles. Su aspecto, su coloración, su talla,

sus hábitos, son muy desemejantes de una especie a otra. La proximidad relativa de su fosilización ha hecho que hayamos podido encontrar en las capas recientes las huellas bastante claras de tipos parecidos a los tipos existentes todavía y a los de especies cuya desaparición está bastante próxima a nuestra época para que se haya conservado su recuerdo en la memoria de los hombres. De una manera general las aves del eoceno tienen las formas de las aves actuales.

Los tipos desaparecidos son los corredores de gran talla, como el *dinornis* y el *apiornis*.

El primero nos facilita uno de esos ejemplos típicos de evolución observable. No teniendo este animal necesidad de utilizar sus alas para volar en busca de su alimentación o para protegerse mediante la huída, los órganos del vuelo se han atrofiado, y los encontramos en estado rudimentario, sea en los animales fósiles que poseemos, ya en los aves-truces y los pingüinos que viven en la actualidad.

MAMÍFEROS. — El estudio de los mamíferos de los terrenos terciarios es fecundo en enseñanzas y en resultados. Los diversos estadios de la evolución son caracterizados por formas cuya serie paleontológica vamos a encontrar.

Los tipos representados son en tal número, y dispuestos en tal orden, que son suficientes para la afirmación de esta doctrina, cuyo valor aparecè completo en este punto y pasa del dominio de la hipótesis al de lo real.

Al finalizar la era secundaria, la hemos visto señalada por la aparición de pequeños *marsupiales* o *didelfos*. Estos animales son cada vez más numerosos

en el océano; tienen absolutamente los caracteres anatómicos de los marsupiales de Australia, cuyo representante principal es el *kanguro*. La característica biológica de estos animales va a darnos la explicación de su nombre de marsupiales.

En ellos apreciamos todavía uno de esos hechos de paso entre dos estados característicos, o sea el paso de la generación *ovípara* a la generación *vivípara*.

Es sabido que los pequeños vertebrados de que hablamos salen del cuerpo de la madre en forma de huevo, empollado por ella hasta el momento en que, llegado a su completo desarrollo el pequeñuelo, rompe su cascarón y vive de su vida propia. Están completamente formados y vivos desde el primer instante de su nacimiento.

llamamos ovíparos a los primeros y vivíparos a los segundos.

Los marsupiales ofrecen un estado intermedio. Nacen antes de su completo desarrollo, y como no se encuentran en las condiciones de los ovíparos, por no estar protegidos por una cubierta envolvente, la madre los coloca en una bolsa que lleva situada en el abdomen: el *marsupium*, donde, gracias a un gran número de glándulas cuyas secreciones sirven para alimentarle, terminan su evolución.

Se ha conservado cierto número de animales marsupiales, por ejemplo, la *sariga*. En el yeso de Montmartre (París) se han descubierto huellas fósiles de marsupiales. Podemos citar también el *kanguro*, el *tilacino* o *tilagino*, y muchos roedores y carnívoros que viven en Australia.

En los terrenos del período eoceno encontramos

los restos de animales cuya organización es superior a la de los marsupiales. Los principales son el *phenacodus* y el *dinoceras*. El primero es un animal de pequeña talla, que alcanza a lo sumo un metro treinta centímetros de longitud, cuya mandíbula normal presentaba molares con coronas formadas por tubérculos redondeados. Su cráneo era bastante semejante al de un paquidermo, pero el desarrollo de su cerebro era muy débil. Sus miembros no tenían carácter marcado, y M. Boule ha podido decir que representaban indistintamente los de un carnívoro, de un rinoceronte o de un caballo. En este tipo vamos a encontrar el punto de partida de esas tres categorías de animales y a seguir, por decirlo así, la pista en los diferentes terrenos superpuestos al eoceno, de los tipos paleontológicos que se han derivado de él para llegar al tipo animal actual.

El *dinoceras* es un mamífero de gran talla. Su cabeza recuerda la del rinoceronte, pero en vez de uno o dos cuernos, lleva, dispuestos por pares, seis núcleos o tubérculos capaces de producir protuberancias óseas. Sus mandíbulas están armadas de poderosos caninos, como los del *phenacodus*; sus miembros se terminan por cinco dedos envueltos en cascos. Otros tipos a más del *dinoceras* han sido encontrados en diferentes puntos del globo y en las capas de terrenos contemporáneos.

Así, pues, he ahí dos tipos determinados que ilustran una época, y cuya descendencia parece haber desaparecido. Entre los animales que viven actualmente ninguno recuerda esos dos tipos, y se podría suponer, a primera vista, que se trata aquí de una especie animal destruída y reemplazada por otras

especies. Tal era la opinión de Cuvier, que admitía en la paleontología creaciones sucesivas, sucediendo a catástrofes y a trastornos completos, cuyo resultado era la destrucción de las especies animales y vegetales existentes.

Cuvier clasificaba, bajo el nombre de *paquidermos*, todos los mamíferos de piel recia, de miembros pesados y cascos, tales como los rinocerontes, los tapires, los hipopótamos, los cerdos. Actualmente hay que dividirlos en dos grupos.

1.º Los paquidermos de dedos impares o *impari-digitados*, o *perisodáctilos*;

2.º Los paquidermos de dedos pares o *pari-digitados*, o *artiodáctilos*.

Estos grupos son el punto de partida de dos grupos de animales actuales perfectamente diferentes, aunque de origen común, como nos lo revela la paleontología:

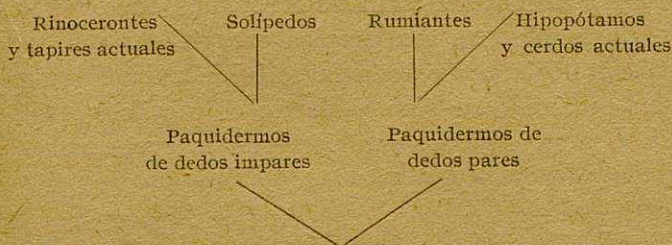
1.º Los solípedos;

2.º Los rumiantes.

Ahora bien: los solípedos o caballos han derivado con los rinocerontes y los tapires, animales actuales, de paquidermos de dedos impares; y los rumiantes han derivado con los hipopótamos y los cerdos, animales actuales, de los paquidermos de dedos pares.

Estas dos variedades de paquidermos, perisodáctilos y artiodáctilos, son las dos ramas de un tronco común: los mamíferos ungulados de cinco dedos.

El encadenamiento, que es fácil de seguir, destruye el error de la hipótesis catastrófica de Cuvier, de que anteriormente hablábamos.



*Mamíferos de dedos ungulados con cinco dedos.*

Relaciones entre los diversos grupos de paquidermos.

Los fósiles de los paquidermos, de dedos impares, han sido encontrados en el *eoceno*. Los principales son los *lophiodons*, cuya dentadura es absolutamente semejante a la dentición de los tapires actuales, el *paleotherium* (fig. 25), cuya anatomía pudo Cuvier reconstituir por medio de fragmentos de osamenta aislados, y del que se encontró un ejemplar entero en el yeso de Vitry. En el oligoceno se encuentra el *acerotherium*; en el mioceno, *rhinoceros*, de cuerno y narices con separaciones indicadas; y, en fin, en el plioceno, que es un terreno muy vecino de la era cuaternaria, un rinoceronte de narices completamente partidas, semejante al rinoceronte actual. Pero éste vive en los países cálidos, mientras que el rinoceronte, de narices divididas, estaba cubierto de espeso vellón y vivía en los países helados simultáneamente con el mamut.

La evolución de los solípedos puede seguirse en una serie animal en la que los sabios americanos distinguen doce estadios y para la comprensión de la cual bastará el estudio de algunas formas.

Los solípedos son animales herbívoros, cuyo cuerpo y las membranas son propios para la carrera. La paleontología posee toda la serie de animales que han precedido al tipo perfecto: el caballo actual. En esta serie nos es posible seguir la evolución de

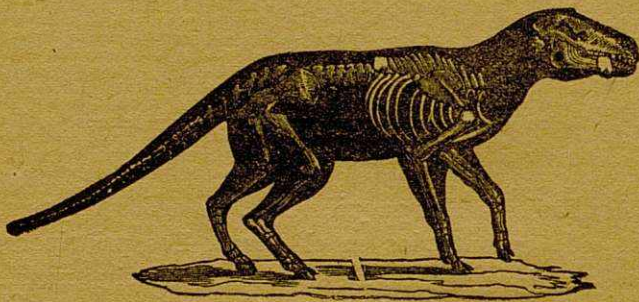


Fig. 25. — *Paleotherium* de los terrenos terciarios de la cuenca de París, semejante al tapir actual

los dos órganos: los de la carrera y los de la masticación. Vemos en ellos cómo gradualmente los puntos de apoyo de sus miembros, en la carrera, se reducen de cinco apéndices a uno solo, según las necesidades de adaptación a sus condiciones de vida. En cuanto a su dentición, adquiere poco a poco los caracteres de la dentición herbívora, en la que, los molares simplemente aplanados, están desprovistos de tubérculos, y no son ya más que una especie de muelas destinadas a triturar la yerba.

El *phenacodus* del eoceno inferior tiene molares provistos de tubérculos y miembros terminados por cinco dedos, de los que el de en medio es más saliente y está mejor dispuesto para soportar el esfuerzo de una marcha rápida.

El *pachynolophus* del eoceno superior y medio tiene los molares provistos de tubérculos, pero bovedillas de marfil los unen a través del cemento. El dedo primero no es más que un estilete de poca importancia, el dedo quinto se reduce.

El *anchitherium* del mioceno no tiene ya tubérculos en los molares. Ha perdido el dedo primero; el dedo tercero aventaja en mucho en grueso a los otros, y el dedo quinto no es sino un estilete muy reducido.

El *protophippus* del plioceno y del mioceno superior no tiene más que tres dedos; pero el dedo medio es el único utilizado, los otros son dos divertículos sin importancia y no representan más que órganos atrofiados.

Finalmente, el caballo actual, que no es sino el caballo cuaternario, no ha conservado del *protophippus* más que dos estiletos sin fuerza, adheridos a la canilla, y que son la supervivencia de los dedos segundo y cuarto. Sus molares sin el menor tubérculo, recuerdan, no obstante, en los repliegues del esmalte, los tubérculos primitivos.

Esta evolución, que sería interesante seguir en todos sus detalles si no dispusiéramos de espacio limitado, se explica por las condiciones de los medios geológicos en que se opera. Los primeros animales herbívoros vivían en medios que los carnívoros no frecuentaban y donde brotaban plantas duras, coriáceas. Los tubérculos de los molares tenían su utilidad para la trituración de aquellos alimentos; luego, siendo reemplazadas aquellas plantas por herbáceas menos duras, los animales se habituaron a aquel nuevo alimento, y sus miembros se adaptaron

a las carreras rápidas, favorables a su busca tanto como a su huída ante los carnívoros.

El rico yacimiento de Pikermi, en Grecia, nos ha proporcionado los restos de un cuadrúpedo antepasado de los solípedos actuales y comparable al protohippus: el *hipparion*. Este, que vivía en la época del mioceno superior, es un derivado del *anchitherium* y parece un tipo especial desaparecido sin prole.

Los paquidermos, de dedos pares, que comprenden en nuestros días los cerdos y los hipopótamos, están caracterizados por patas de cuatro dedos y por una dentadura que presenta molares de corona mamilar y caninos transformados en colmillos. Vamos a encontrar de nuevo, en las diferentes capas de terrenos terciarios, los tipos principales que desde el *phenacodus* marcan las transiciones sucesivas de esta categoría.

En el oligoceno encontramos restos de *cebochærus* y del *antothracotherium*. El primero tiene una dentadura que recuerda a la vez la del mono y la del cerdo; el segundo es un verdadero jabalí, de proporciones más considerables, pero con caninos menos poderosos. En el terreno mioceno aparecen los verdaderos jabalíes, absolutamente semejantes a los actuales.

En las capas inferiores del plioceno, que es un terreno de la época cuaternaria, es donde se encuentran los restos de los primeros hipopótamos.

LOS RUMIANTES. — Los ruminantes son, desde el punto de vista de su utilidad, los más importantes de los animales mamíferos. Son herbívoros y corredores en estado salvaje. Sus miembros, terminados

por una pezuña única, resultante de la soldadura de dos huesos, presentan dos dedos admirablemente dispuestos para la carrera rápida. Unicamente su mandíbula inferior está provista de incisivos propios

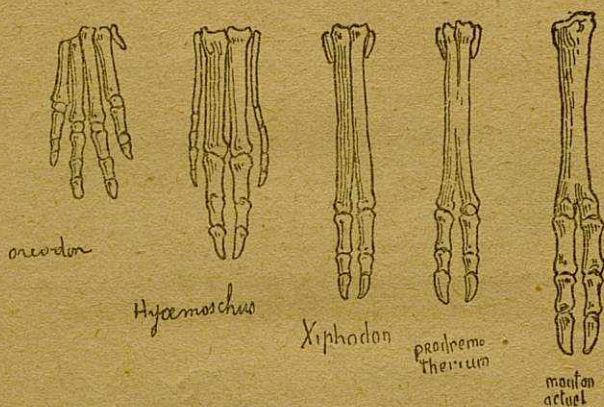


Fig. 26. — Patas delanteras de los rumiantes antepasados de los nuestros actuales.

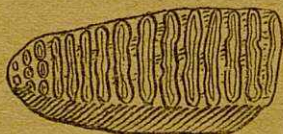
para cortar la hierba; la ausencia de dientes correspondientes a la mandíbula superior les priva de un medio de defensa, privación compensada por la aparición de cuernos duros sobre el hueso frontal. Unicamente el camello tiene dos incisivos sobre la mandíbula superior.

Estos animales provienen del tronco de los mamíferos ungulados con cinco dedos, pasando por el estadio paquidermo de dedos pares.

En el eoceno, el *oreodon* tiene el dedo primero muy reducido y manifiesta una tendencia a marchar sobre los dedos tercero y cuarto que son apreciablemente iguales; su mandíbula está ya provista de los molares de los rumiantes (fig. 26).

PAQUIDERMOS DE DEDOS PARES. RUMIANTES. — En el eoceno superior el *hipopótamo* ha perdido el dedo primero; el dedo quinto está inutilizado y los dedos tercero y cuarto han adquirido una gran

Fig. 27. — Molares de la mandíbula superior de los *proboscídeos* fósiles.



Molar de mamut de la época cuaternaria.



Molar del elefante meridional en el plioceno superior.



Molar del mastodonte en el plioceno inferior.



Molar de mastodonte en el mioceno superior.



Molar de mastodonte en el mioceno medio.

importancia. En el eoceno, el *anaplotherium* tiene sus dedos tercero y cuarto grandemente desarrollados, sus dedos segundo y quinto se han convertido en estiletos de poca importancia, implantados en las dos canillas medias. Los diferentes *prodremo-*

*therium* presentan una soldadura en una parte de las dos canillas y esta soldadura se acentúa a medida que nos remontamos en las capas de terrenos. En el mioceno, en fin, encontramos *ciervos* en los que la soldadura es completa, y los dos estiletes que restan de los dedos segundo y quinto están absolutamente confundidos con la canilla única.

Fig. 28. — Evolución de los proboscídeos.



La evolución es la misma para los molares, que primeramente son bajos, con una corona erizada de tubérculos, que posteriormente llegan a ser más altos y más aplanados (fig. 27).

Estos mismos animales de cornamenta substituyen la mandíbula superior por sus incisivos. A medida que éstos desaparecen, los cuernos se desarrollan hasta alcanzar la gran espesura que corona la cabeza del *megáceros*, el ciervo de la era cuaternaria, contemporáneo del hombre y cuya talla no era menor de dos metros setenta centímetros.

LOS PROBOSCÍDEOS. — El terreno mioceno encierra en cantidad restos de un gran mamífero, de mandíbulas poderosamente armadas, y en el cual se reco-

noce un elefante gigantesco, no obstante los detalles que no existen ya en el elefante actual. El *mastodonte* tiene molares separados en vez de un molar en cada mandíbula, y en él esos dientes presentan hileras de tubérculos; sus incisivos se prolongan como colmillos, y terminan, prolongándolas, las mandíbulas superior e inferior (fig. 28).

La evolución de estos animales puede ser seguida de la misma manera que la de los solípedos, con



Fig. 29. - Cráneo de *dinotherium*, animal del orden de los paquidermos, que lleva en la mandíbula inferior dientes caninos encorvados hacia atrás.

auxilio de tipos capaces de explicarla e ilustrarla. En el eoceno hemos vuelto a hallar el fósil de un proboscídeo, pariente del *phenacodus* y procedente de él, pero en el cual los incisivos han adquirido un mayor desarrollo. En el eoceno superior, el *paleomastodonte* nos presenta ese tipo con incisivos más prominentes y molares con tubérculos menos marcados. El mioceno encierra los restos del mas-

todonte, que acentúa el carácter de los paleomastodontes de los terrenos inferiores, al propio tiempo que los del *dinotherium* (fig. 29), un animal colosal provisto solamente de colmillos inferiores. El plioceno contiene los restos fosilizados de un elefante, de forma parecida a la de los elefantes actuales, en el cual, el tubérculo que hacia adelante termina la mandíbula inferior, es el único indicio de los colmillos primitivos desaparecidos.

LOS CARNÍVOROS. — Los carnívoros de la era terciaria afectan formas que reúnen los elementos que volvemos a hallar separados en los diversos grupos actualmente existentes.

El tipo que hoy vive y recuerda más los tipos desaparecidos, es el *tilacino*, que es un carnívoro marsupial. Los diversos géneros se caracterizan poco a poco, y encontramos sus transiciones en los terrenos macizos del terciario. Es de observar que el tamaño de los animales va decreciendo. Las especies de carnívoros hoy existentes están constituidas por individuos de talla pequeña, en comparación con la de sus predecesores de la era terciaria.

Entre los tipos desaparecidos citaremos el *machairodus*, de caninos extraordinariamente poderosos, aplastados, y que recuerdan por sus dentelladuras o muescas los dientes del tiburón *carcharodon*.

Estos animales gigantescos, que parece debían triunfar de los más pequeños, desaparecieron, al contrario, ante especies en apariencia más débiles, pero mejor dotadas cerebralmente, de actividad mayor, de funciones más complejas: los cuadrumanos.

LOS CUADRUMANOS. — En los terrenos *eocenos* se han encontrado, en reducido número, restos de pequeños mamíferos cuadrumanos. En el oligoceno el número de restos aumenta así como el de las especies. Se encuentran muchos *lemniridos*, semejantes a los que en nuestros días viven en Madagascar. En la época de la formación de los terrenos miocenos se encuentran monos tales como el *canopithum* y el *mesopithum*, que tienen un largo apéndice caudal. Luego aparecen monos *antropoides*, cuyas

mandíbulas se encaminan hacia la mandíbula de los omnívoros; sus dientes son del mismo tamaño, pero tienen formas y funciones diferentes; el resultado actual de esta evolución se encuentra en el hombre.

CARACTERES GENERALES DE LOS SERES DE LA ERA TERCIARIA. — La era terciaria es la en que los mamíferos adquieren todo su desarrollo y preparan, en un mundo que conviene a sus organismos, el advenimiento de variedades nuevas. Estas formas se diversificarán todavía por los cambios de climas y de medios.

Un grupo de seres, del que ha salido el hombre, debe solicitar nuestra atención, y el estudio de este grupo es el que va a ocuparnos en los siguientes capítulos.

Antes de emprender la tarea podemos deducir de lo que hemos señalado hasta aquí, que la vida de los seres está en evolución perpetua.

Si han aparecido especies vivientes, las diversas circunstancias que presidían a su desarrollo han necesitado las evoluciones que han sufrido; si otras especies han desaparecido, hanse visto obligadas a ello por falta de condiciones favorables a su desarrollo y a su supervivencia.

En esta obra debemos limitarnos a la exposición de los hechos.

Así pues, fué durante el período cuaternario cuando apareció el hombre.

Esta aparición se coloca en la evolución de los seres de una manera completamente natural, y no tiene más de misterioso que la aparición en la época secundaria de los grandes saurios, por ejemplo. Los

animales gigantescos y raros, que llenan la larga historia paleontológica, revelan funciones determinadas por las condiciones de su existencia. Igualmente, a consecuencia de circunstancias diferentes, los animales que precedieron al hombre, y de los cuales deriva, desarrollaron una función particular: la función cerebral. Podemos observar hoy que las funciones generales de la vida tienden incesantemente a aumentar esa función en el hombre.

## CAPÍTULO VII

### La vida en la época cuaternaria

La era cuaternaria es de todas las eras geológicas la que presenta menor duración. Por otra parte, no podría constituir una época geológica propiamente dicha; pero, siendo los elementos de su estudio más numerosos y más asequibles que los de los períodos precedentes, han permitido hacer de ella una era nueva.

¿Desde cuántos años se prosigue, cuántos siglos han transcurrido desde la aparición del ser antropoide que ha marcado su comienzo? Comparada con la duración de los tiempos terciarios, la de los tiempos cuaternarios es muy corta; comparada con la duración de una vida humana es considerable, y nuestra imaginación la aprecia difícilmente.

La era cuaternaria es, desde el punto de vista de la formación de los terrenos, de mediana importancia.

Desde los tiempos terciarios no han tenido lugar grandes modificaciones; salvo variaciones climatológicas, movimientos volcánicos y depósitos glaciares, fluviales o marítimos, que han introducido algunas modificaciones en la constitución y disposición del suelo, no ha habido otro agente que viniera

a transformar las condiciones de la vida sobre la tierra.

La fauna continúa siendo la misma que la de la era terciaria, pero se observan emigraciones de animales o cambios de residencia, resultantes de las modificaciones climatológicas. El hecho principal que señalan a este respecto, es que una gran parte del antiguo continente ha sido cubierto de glaciares cuya extensión variaba. Durante un período bastante largo se han desarrollado hasta el máximo y han disminuído seguidamente hasta un mínimo que en nuestros días parece alcanzado. La sucesión de estos períodos de temperaturas excesivas han provocado emigraciones de animales así como perturbaciones en la flora.

LA APARICIÓN DEL HOMBRE. — El hecho capital que distingue esta era de las otras es la aparición del hombre.

La casualidad y la buena suerte de las investigaciones paleontológicas han permitido seguir la historia de los seres desde un punto determinado a otro en los tiempos antiguos. La evolución de los unguídeos, la de los proboscídeos, lo mismo que la de los anélidos, por ejemplo, es un hecho demostrado, sean las que fueren las considerables distancias que separan a los individuos y las lagunas no colmadas que presentan las series estudiadas. En cuanto a los tipos de la serie antropoide las lagunas son menores, puesto que los hallazgos son más considerables y las observaciones más fáciles; bastan por sí, para suscitar contra la evolución del animal convirtiéndose en hombre, protestas de indignación. Si son sinceras débense a la imposibilidad en que se

encuentran las inteligencias de romper el cuadro del pensamiento tradicional.

El descubrimiento del *pithecanthropo*, en 1892 en las capas pliocenas de Java ha proporcionado un elemento nuevo a la serie animal, estableciendo el eslabón que nos faltaba en el paso del animal al hombre.

Este estudio no entra, de momento, en los límites de esta obra.

## LIBRO II

# Anatomía comparada

### CAPÍTULO PRIMERO

#### Evolución del Esqueleto

Los animales menos elevados en organización, los *protozoarios*, carecen de armazón óseo. Son, como por ejemplo, las *amibas*, pequeños organismos com-

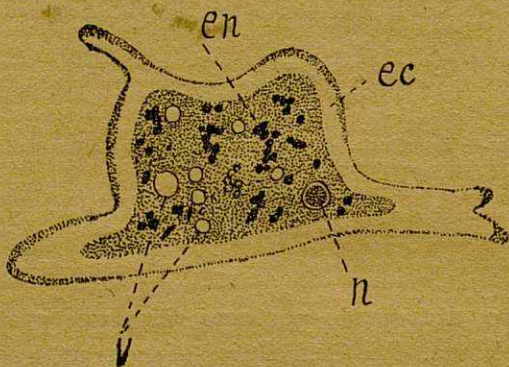


Fig. 30. — Amiba, *en*, endosarco; *ec*, ectosarco; *n*, núcleo; *v*, vesículas digestivas.

puestos de una masa de protoplasma, de una parte más densa que se llama el núcleo, y de una delgada envoltura periférica (fig. 30).

A las veces la membrana se recubre parcial o totalmente de pestañas vibrátiles, como en los *infusorios*.

En los organismos un poco más elevados, los *foraminíferos*, se forma una especie de caparazón

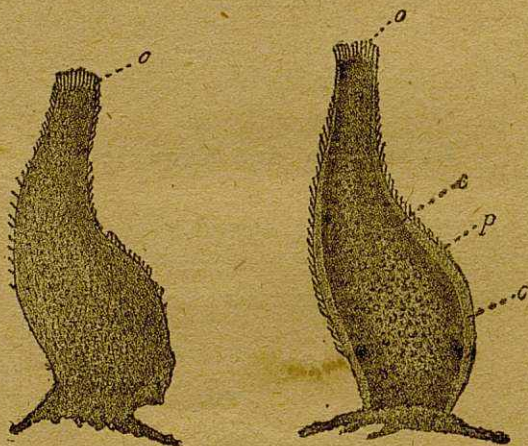


Fig. 31. — Esponjario. — A izquierda un ejemplar entero de *leucandra aspera*; *o*, osculum rodeado de finas agujas calcáreas. A la derecha, la misma, cortada longitudinalmente, *o*, osculum; *p*, paredes del cuerpo; *c*, cavidad central; *c'*, poros. Dibujo sacado de un animal fijado por el alcohol.

calcáreo, atravesado por agujerillos que protege el protoplasma. Los radiolarios tienen un esqueleto interno silíceo.

A medida que nos elevamos en la escala animal, encontramos seres cuyas producciones de sustento y protección se hacen cada vez más importantes o más perfeccionadas.

Los *coralarios* y los *esponjarios* (fig. 31) poseen

espículas más o menos numerosas que forman, al agregarse unos a otros, los políperos.

Los *equinodermos* tienen una envoltura, verdadero caparazón calcáreo, como se puede ver en los erizos (fig. 32), formado por placas poligonales, armado de púas y a veces de brazos movibles, que

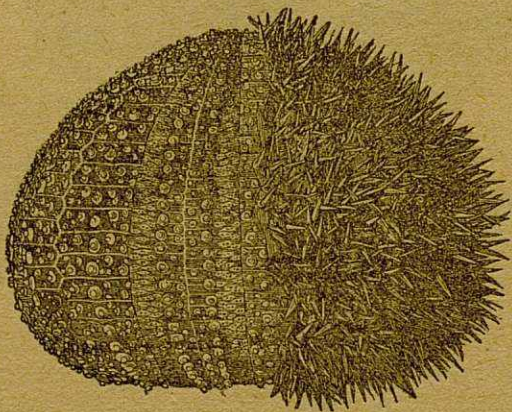


Fig. 32. — *Equinodermo* (erizo, de tamaño natural).

protegen al animal y sirven para el ataque (fig. 33). Los *moluscos* tienen un caparazón que está formado por dos valvas, como en la ostra, o por una sola, generalmente arrollada en forma de cono, como en el caracol.

En los *artrópodos* encontramos un esqueleto externo mucho más complejo, que varía según las especies; se compone de anillos sobre los cuales se insertan los músculos que permiten a esos animales movimientos variados y adaptados. El cuerpo de los *insectos* está constituido, por lo que afecta al esque-

leto, en tres regiones: la cabeza, el tórax, el abdomen (fig. 34). Los miembros de los *artrópodos* están

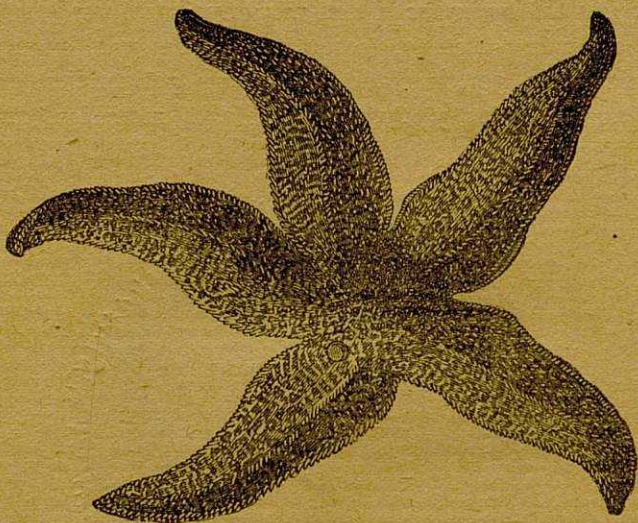


Fig. 33. — Estrella de mar. (Tamaño natural).

muy curiosamente adaptados a funciones especiales.



Fig. 34. — Escarabajo.

En los *crustáceos* (fig. 35) sirven de mandíbula, mientras que en otros han adquirido órganos particulares: las antenas (fig. 36), y ojos. Finalmente la clase más vecina de los vertebrados es la de los *tunicados*, que poseen una envoltura externa. Deben, en efecto, el nombre a que su

cuerpo está cubierto de una especie de túnica hecha de una substancia análoga a la celulosa vegetal.

Todos los órganos de protección y de sustento que acabamos de enumerar son exteriores al individuo. Tal disposición era susceptible de dar numerosas formas: unas rudimentarias, muy sencillas, como las



Fig. 35. — Cabra de mar o centoya. (Tamaño natural).

de los moluscos, y otras muy desarrolladas, muy complejas, como las de los artrópodos. Pero parece que los artrópodos marcan el término del perfeccionamiento que podían dar. Para encontrar en la serie animal seres más perfeccionados, es preciso



Fig. 36. — Antenas del saltón:  
a, hembra; b, macho.

llegar al momento en que aparece una disposición completamente diferente, en la que el esqueleto se convierte en interno.

La organización que las formas esqueléticas externas tomó en los insectos, pone de manifiesto los recursos que esas formas presentaban. Pero cuando se ve la potencia y la adaptación al vuelo de las

aves, a la locomoción de los cuadrúpedos, la actividad del cerebro humano, nos damos cuenta de la superioridad de los recursos que ofrecía el esqueleto interno.

En los vertebrados toda la superficie de los huesos es utilizada para la inserción de los músculos; el esqueleto sostiene, a manera de andamiaje, a la vez ligero y fuerte, un organismo que se adapta a condiciones de existencia excesivamente numerosas.

Hay que abandonar la serie de los seres que termina por sucesivos perfeccionamientos en los artrópodos, para continuar, por mediación de los animales que les son bien inferiores, los *cordiformes*, una nueva serie de seres, que, perfeccionándose, nos conducirán a los vertebrados superiores y al hombre.

Los insectos llegaron a un desarrollo superior mucho antes que los vertebrados, pero según parece se quedaron estacionarios, mientras que los vertebrados continuaron y continúan progresando todavía en la hora presente.

¿Cómo se ha efectuado la evolución de los vertebrados?

No hay que creer que los *cordiformes*, que fueron las formas originarias de los vertebrados, y cuyas especies hoy son raras, hayan aparecido súbitamente sin proceder de progenitores antepasados y más sencillos. No se sabe en qué punto del árbol genealógico de los seres se han separado, pero se sabe que tienen estrechas relaciones con los invertebrados, tales como los *tunicados*, puesto que en un momento dado de su existencia, en el estado larvado, los tunicados tienen cola y un cordón dorsal, análogos a los que vamos a encontrar en el primer vertebrado: el *anfioxo*.

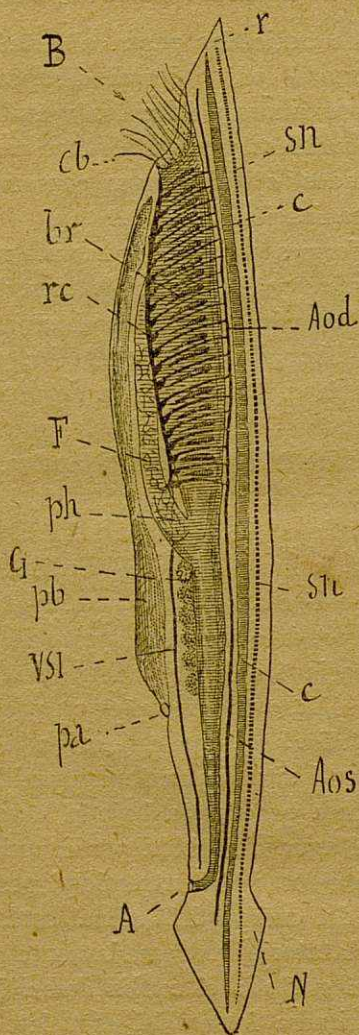


Fig. 37. Organización general del *amphioxo*. — *r*, rostro; *cb*, filamentos bucales; *pb*, cámara peribranquial o atrio; *pa*, poro abdominal; *N*, aleta natatoria posterior; — *sn*, sistema nervioso; — *B*, boca; *A*, ano; *br*, aberturas branquiales; *F*, divertículo hepático; *c*, cordón dorsal; *G*, glándulas genitales; *Aod*, aorta doble; *Aos*, aorta simple; *VSI*, vaso subintestinal o antineural; *ph*, plexo hepático; *rc*, región cardíaca del vaso antineural.

Cuando los tunicados pasan al estado adulto, la cola, así como el cordón dorsal, desaparecen. Indica esto cuán próximos están a los vertebrados, sobre todo si se considera que, en algunos casos, los *tunicados*, llamados *apendiculares*, conservan toda su vida la organización larvada.

Los cordiformes nos dan formas intermedias entre los vertebrados y los invertebrados. Uno de sus representantes más curiosos es el *anfioxo* (fig. 37), vulgarmente llamado lanceta. Habita en las costas del mar del Norte, de América del Sur, del Mediterráneo, donde se le encuentra en gran abundancia en los golfos de Mesina y de Nápoles. Vive enterrado en la arena, dejando sólo al descubierto la cabeza. Cuando se le inquieta salta a gran altura, luego nada a la manera de las anguilas. Tiene aproximadamente de cuatro a cinco centímetros de longitud; su cuerpo, de color blanco amarillento, es liso, aplastado hacia los lados, adelgazado en las dos extremidades. La cara ventral es un poco más ancha que la dorsal. La boca, que está rodeada de la corona tentacular, está situada en la extremidad anterior, y una abertura practicada bajo el cuerpo permite la salida del agua absorbida por el animal. El ano se encuentra cerca de la extremidad posterior. Cada extremidad del cuerpo del animal está provista de una aleta natatoria extremadamente delgada. Se aprecia en el grabado el *cordón dorsal* (37 c, 38 d), que es la primera forma del esqueleto en la serie animal. No es todavía una parte resistente, es un sencillo cordón formado de una substancia blanda y transparente como el vidrio, dispuesto, en el sen-

tido de la longitud del animal, entre el tubo digestivo y el sistema nervioso central.

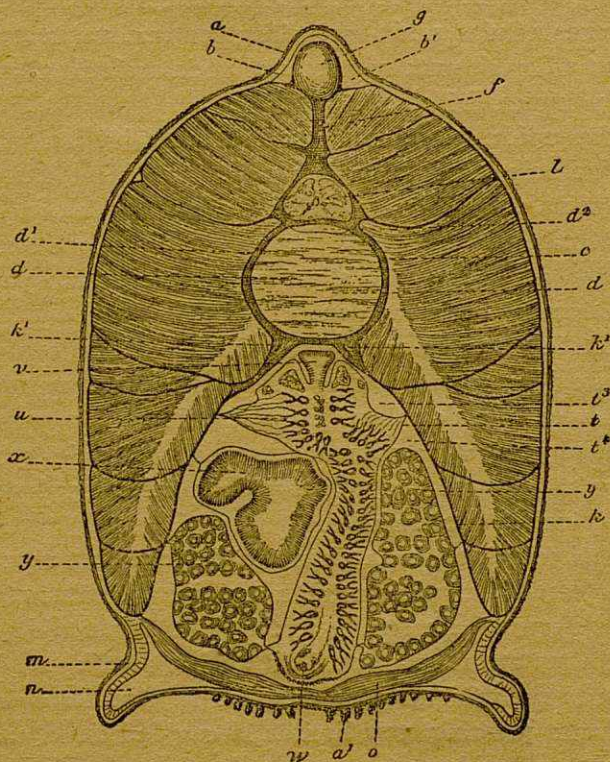


Fig. 38. — *Anfióxo*, muy agrandado (Gundl). Oc. 2, Obj. O. — Corte por la mitad del cordón. — *a*, epidermis; *a'*, epidermis franjeada de la faz ventral; *b*, dermis; *b'*, tejido sudérmico; *c*, miómeras; *d*, cordón dorsal, núcleo; *d'*, su vaina; *d²*, espacio y tejido de Müller; *e*, vaina de la médula; *f*, sostén vertical dorsal; *f'*, su botón; *g*, radio de la aleta natatoria; *k*, miócomas; *k'*, juntas de las láminas costales a la vaina de la cuerda; *l*, médula espinal; *m*, repliegue lateral; *n*, canal lateral; *n'*, su istmo transversal; *n²*, orificio de comunicación entre el canal y el istmo; *p*, coginete muscular de la corona tentacular; *q*, piezas de esta corona cortada; *r*, cavidad bucal; *r'*, su epitelio; *s*, yemas internas del espacio lateral; *s'*, franjas cortadas del epitelio bucal; *t*, espacio correspondiente a *s'*; *v*, reguera epibranchial; *w*, reguera hipobranchial; *x*, *cæcum* hepático; *y*, ovarios.

En el anfioxo el cordón dorsal tiene una consistencia gelatinosa. Es cilíndrico, formado por células de gran tamaño, claras, exactamente yuxtapuestas. Dichas células están envueltas por una vaina conjuntiva, resistente y bastante recia, relativamente al volumen del cordón.

La médula espinal, envuelta también en una vaina semejante, formada por tiras desprendidas de la vaina del cordón, se extiende a lo largo de aquélla y termina en una cresta vertical continua, que constituye un aparato de alimentación o sustento para los órganos de la faz dorsal (fig. 38).

En la superficie ventral la vaina fibrosa del cordón emite dos tiras semejantes y simétricas a las emitidas sobre la cara dorsal, y que, juntándose en la región caudal (fig. 38), forman una arcada o un tubo análogo al tubo en que está alojada la médula y donde se coloca la aorta caudal.

Así como la arcada determinada sobre la superficie dorsal, la arcada ventral se termina por una cresta que sirve de aparato de sostén a los órganos de la aleta natatoria ventral. Más adelante esta arcada aparta sus tabiques para envolver los órganos abdominales y faríngeos y limitar la cavidad en la cual están contenidos.

El cuerpo del anfioxo presenta masas musculares sin gran importancia. Si examinamos su disposición, vemos que están colocados metaméricamente, es decir, en serie, a lo largo del cordón. Las fibras se adhieren de un lado a las paredes de la vaina fibrosa que envuelve el cordón y la médula, y de otra a las partes profundas de los tegumentos.

El cordón dorsal constituye, pues, en el anfioxo,

un sostén del aparato locomotor, así como una envoltura protectora de la médula espinal.

El anfioxo es, pues, el más simple de los vertebrados. Encontramos en él caracteres de transición entre los gusanos y los peces. Pero se le puede clasificar claramente entre los vertebrados. No ocurre lo mismo con otro cordiforme, el *balanoglosa* (fig. 39). Tiene el aspecto de un gusano y está provisto de una trompa en el lado de la cabeza. Como en los gusanos, su sistema nervioso está extendido sobre la faz ventral; tiene en el fondo de la boca un canal esofágico. Como los vertebrados, posee una cadena nerviosa que se extiende a lo largo del lomo y se repliega en el collar esofágico. Que el sistema nervioso ventral desaparezca y tendremos un animal del tipo de los vertebrados. Es lo que hemos visto en el anfioxo.

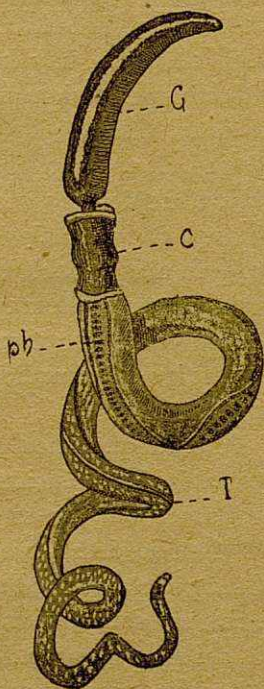


Fig. 39. Balanoglossa. — G, glande; C, collar; T, tronco; pb, poros branquiales.

En los animales un poco más elevados en organización, los *ciclóstomos*, tales como la lamprea, el esqueleto está más desarrollado, bien que siempre se reduzca a un cordón y a sus apéndices; pero se ve ya el primer bosquejo de un cráneo cartilaginoso.

Finalmente, entre los *peces*, encontramos especies que deben ser confundidas con los cordiformes y otras con los vertebrados; las primeras comprenden los *selacios* y algunos *ganoides*, como la raya y el tiburón; los otros, como la perca, llevan el significativo nombre de *teleostos*, es decir, «hueso perfecto».

No obstante, hay entre los ciclóstomos y los peces seláceos perfeccionamientos que anotar en favor de estos últimos; lo más típico de esos caracteres es que el aparato esquelético se ha hecho cartilagenoso, de donde deriva el nombre de peces cartilagenosos dado a tales animales.

Nada más notable que este ejemplo proporcionado por la anatomía comparada, gracias al cual, en una misma clase de animales, se puede asistir al paso de un tipo intermedio al tipo definitivo de los vertebrados.

Pero lo que hace aún más convincentes para la teoría de la evolución de los seres los ejemplos que acabamos de dar, es que, en todos los vertebrados en el curso de su evolución individual, cada órgano realiza sucesivamente cierto número de formas que están en estado permanente en los animales inferiores del mismo grupo. En su corta evolución individual, el hombre mismo, como lo demostrará la embriología, repite en lo que concierne al esqueleto, la evolución de sus antepasados desde el estadio de los cordiformes.

Cuando se estudian animales más próximos de los estadios inferiores que el hombre, como tienen menos etapas que recorrer, atraviesan con mayor lentitud cada una de las formas antepasadas. En los peces teleostos adultos, se pueden seguir series

de desarrollo del cuerpo de los vertebrados. Se observan, desde luego, alrededor de un cordón dorsal rudimentos de vértebras, luego vértebras bicóncavas,

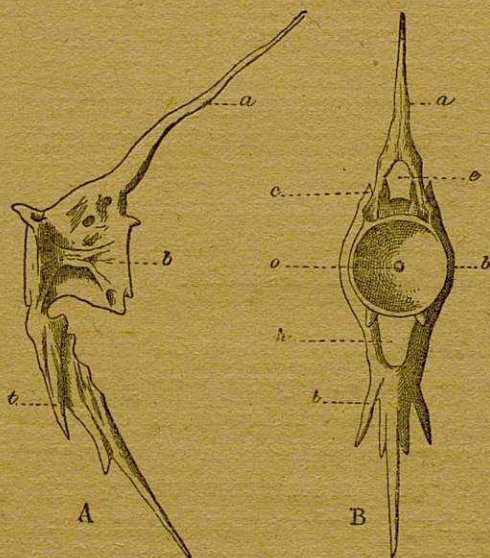


Fig. 40. — Perca. — 21.ª vértebra aumentada dos veces. A, de perfil; B, de frente; a, neuropósis; b, cuerpo de la vértebra; c, apófisis oblicua; e, canal raquídeo (neural); h, canal hemal; t, apófisis hemal; o, orificio de comunicación con el fondo de la cavidad del cuerpo vertebral.

y, finalmente, vértebras articuladas entre sí por cabezas y cavidades. Puedense ver al mismo tiempo las etapas de la constitución de las apófisis vertebrales; primeramente aislados sóldanse en seguida con el cuerpo de las vértebras (fig. 40).

Una vértebra se compone en su máximo de desarrollo de varias partes:

1.º Un cuerpo que forma anillo alrededor del cordón dorsal y constituido por una osificación de la vaina de dicho cordón.

2.º Dos arcos, que, convergiendo uno hacia otro, desde el lado dorsal, forman un arco. Su intersección se prolonga formando una cresta: la apófisis espinosa.

3.º Dos arcos que divergen primeramente para juntarse en ciertos casos en el lado ventral y constituir un arco.

Estas piezas se osifican separadamente y permanecen a veces separadas en el estado adulto. De una manera más general se soldan y constituyen un conjunto único.

El cordón dorsal persiste en los vertebrados inferiores, tales como los peces y algunos batracios, y constituye entre los vertebrados un cimiento de sostén que da cierta rigidez a la columna vertebral.

Poco a poco, remontando en la serie animal, se reabsorbe y las piezas vertebrales gozan de relativa independencia. Las mismas vértebras se diferencian más y más y llegan en los mamíferos y en el hombre a constituir piezas únicas, independientes, que difieren entre sí, según las regiones que ocupan.

En los animales que tienen doble existencia: estado de larva y adulto, acontece que, en la primera parte de su vida, deben ser clasificados entre los cordiformes, y en la segunda, que es la existencia adulta, entre los vertebrados.

El gran desarrollo que ha adquirido el sistema óseo en los animales superiores nos obliga a abandonar su estudio detallado en el momento en que dicho estudio se hace más complejo. Además, el objeto

que perseguimos nos permite escoger nuestros ejemplos sin darlos todos.

La demostración del parentesco de todos los animales por su esqueleto, puede hacerse con ayuda de

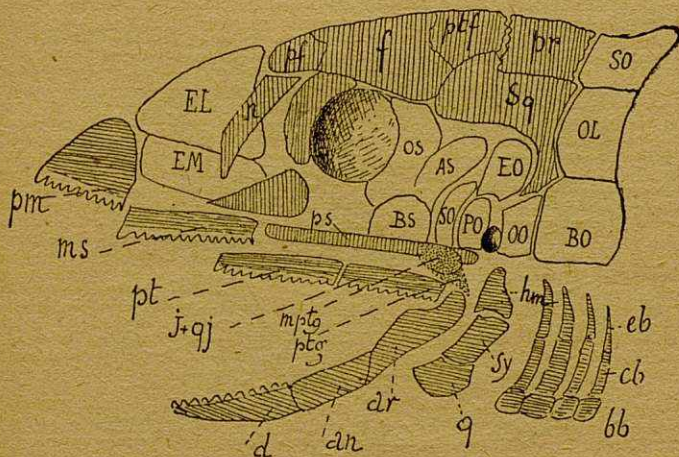


Fig. 41. — Huesos del cráneo de un pez teleosteo. — En esta figura y en las siguientes, los huesos de origen vertebral no están sombreados, los huesos de membranas están cubiertos de rayitas verticales, y los huesos branquiales de rayitas horizontales.

*EM, EL*, etmoides medio y laterales; *BS, OS, AS*, basiesfenoide, orbitoesfenoide, alisfenoide; *EO, SO, PO, OO*, epioticum, esfenóticum, prooticum, opistóticum; *BO, OL, SO*, basioccipital, occipitales laterales, susoccipital; *mptg*, metaferigoideo, ferigoideo lado cefálico; *n*, nasal; *pt, f, pfl*, prefrontal, frontal, post-frontal; *pr*, parietal; *sq*, escuamonsal; *ps*, parasfenoide — el vomer y el preorbitario están figurados, pero no designados; — *pm*, premaxilar; *ms*, maxilar superior; *pt, J+qj*, palatino, cigomático y cuadrócigomático confundidos; *d, an, ar*, dentario, angular, articular; *q, sy, hm*, cuadrado simplectico, hiomandibular; *bb, cb, eb*, basibranchial, ceratobranchial, epibranchial.

cada parte del sistema óseo y de la manera más detallada y amplia; pero nosotros podremos alcanzar el mismo objeto indicando las grandes líneas

de desarrollo de uno de esos órganos de la evolución, del cráneo por ejemplo.

Con los *ciclóstomos* alcanzamos el punto de paso en que el cráneo, convertido en óseo, continúa siendo en ciertas partes cartilaginosa.

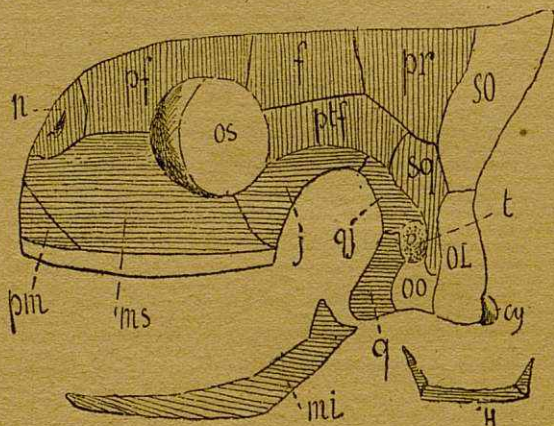


Fig. 42. — Huesos del cráneo de un reptil (quelónido)

OS, orbitoesfenoide; OO, opistótico; OL, occipitales laterales; SO, suboccipital; t, tímpano; cy, cóndilo occipital; — n, nasal; pf, f, ptf, prefrontal, frontal, postfrontal; pr, parietal; sq, escuamosal; — pm, premaxilar; ms, maxilar superior; j, qj, cigomático, cuadro cigomático; mi, maxilar inferior; q, cuadrado; H, hueso hioide.

Esta forma de paso o transición es importante desde dos puntos de vista: para demostrar la formación del sistema óseo que ha derivado de formas cartilaginosa; para explicar el desarrollo que el cerebro va a ser susceptible de adquirir gracias a tal órgano protector.

En los peces óseos el cráneo no está al principio compuesto más que de una simple cavidad cartila-

ginosa, pero se ve como aparecen rápidamente huesos en la capa superior fibrosa que es una parte expuesta a los choques, y que, al propio tiempo, protege el cerebro en sus primeros estadios de desarrollo. La parte inferior de la cavidad o recipiente se osifica por porciones cuyos bordes se juntan poco a poco

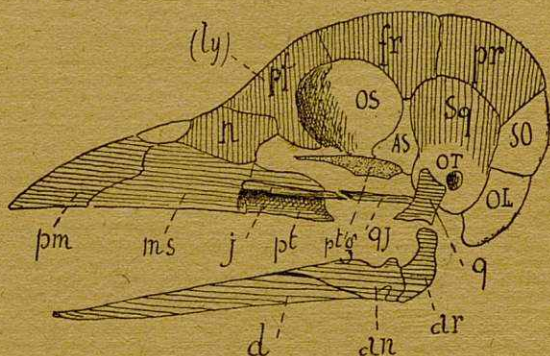


Fig. 43. — Huesos del cráneo de un ave

OS, AS, orbitoesfenóide, alisfenóide; OT, hueso de la región ótica, roca o hueso pétreo; OL, SO, occipitales laterales, sub-occipital; ptg, apófisis pterigoide; — n, nasal; pt, fr, prefrontal (lacrimal), frontal; pr, parietal; sq, escamosal soldado con la roca; — pm, premaxilar; ms, maxilar superior; pt, j, qj, palatino, cigomático, cuadrado cigomático; d, an, ar, dentario, angular, articular; q, cuadrado.

sin soldarse. Se comprende por qué el número de los huesos que forman el cráneo de los peces es tan considerable. En el curso de la evolución los huesos se soldan, su número disminuye hasta punto tal que en los mamíferos el cráneo se presenta a primera vista, como si estuviese formado por un hueso único. Sólo por la observación del embrión y del feto se descubren esos islotes óseos de los que queda una

última huella en la persistencia de los puntos de sutura: las fontanelas de los niños en la primera infancia.

En los viejos la osificación es tal que a veces las líneas de sutura son invisibles.

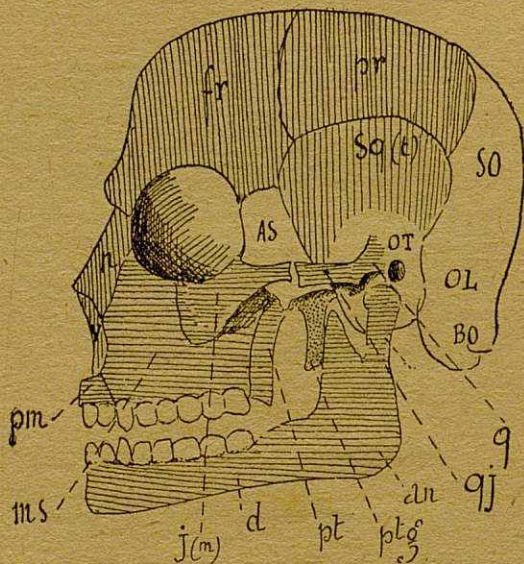


Fig. 44. — Huesos del cráneo del hombre

As, alisfenoide; OT, hueso de la región ótica, roca o hueso pétreo; BO, OL, SO, basioccipital, occipitales laterales y suboccipital soldados; ptg, apófisis pterigoide; — n, nasal; fr, frontal; pr, parietal; sq (t), escamosal soldado con la roca, escama temporal; — pm, premaxilar; ms, maxilar superior; pt, palatino; j (m) zigomático o molar; qj, arco zigomático; cuadrado soldado al temporal; d, dentario; an, angular; ar, articular.

He aquí la lista de los huesos que constituyen el cráneo en los peces y en el hombre. Por treinta y seis huesos en los primeros se encuentran catorce en el hombre (figs. 41, 42, 43 y 44).

## PECES

I. *Huesos de la cavidad bucal* (los unos están situados en la cavidad bucal, los otros la circunscriben al exterior).

Huesos de recubrimiento.	}	1. Paraesfenoide.
		2. Vourer.
		3. Premaxilar o Intermaxilar.
		4. Maxilar.
		5. Zigomático.
		6. Cuadrado zigomático (en parte).
		7. Dental.
		8. Esplénial.
		9. Angular.
		10. Super-angular.
		11. Coronoide.
		12. Palatino o Paladial.
		13. Pterigoides.

II. *Huesos externos* (enumerados de delante hacia atrás)

Huesos de recubrimiento.	}	1. Intermaxilar.
		2. Maxilar (lateralmente).
		3. Nasal.
		4. Lagrimal.
		5. Frontal.
		6. Prefrontal.
		7. Postfrontal.
		8. Postorbital.
		9. Sub-orbital o escamosal.
		10. Parietal.
		11. Temporal.
		12. Sub-occipital (en parte).

III. *Huesos cartilagosos*

}	1. Basi-occipital.	(únicamente en los ammiotes en los que forman la base del cráneo).
	2. Basi-esfenoides.	
	3. Pre-esfenoides.	
	4. Occipital lateral	
	5. Proticum, Eploticum y Opisthoticum, Sphenoticum y Pteroticum (cápsula auditiva ósea).	
	6. Orbito-esfenoides.	que se desarrollan cerca de las
	7. Alis-esfenoides.	trabéculas.
	8. Etmoides con el resto del esqueleto cartilaginoso de la nariz (paredes, trompas, etc.)	
	9. Hueso cuadrado.	
	10. Articular.	
	11. Esqueleto visceral (en parte).	

## HOMBRE

## I. Huesos de la cavidad bucal o del rostro

- |    |                           |  |
|----|---------------------------|--|
| 1. | Maxilar superior.         | maxilar superior propiamente dicho.<br>intermaxilar. |
|    |                           | presenta cinco puntos de osificación.                |
| 2. | Palatino :                | 1 punto de osificación.                              |
| 3. | Pómulo :                  | 3 puntos de osificación.                             |
| 4. | Nasal :                   | 1 punto de osificación.                              |
| 5. | Hueso lagrimal o unguis : | 1 punto de osificación.                              |
| 6. | Trompetilla inferior :    | 1 punto de osificación.                              |
| 7. | Vórner :                  | 3 puntos de osificación.                             |
| 8. | Maxilar inferior :        | 6 puntos de osificación.                             |
|    |                           | Total : 21 puntos de osificación.                    |

## II. Huesos del cráneo

- |    |                           |   |   |         |                |                           |         |                |
|----|---------------------------|---|---|---------|----------------|---------------------------|---------|----------------|
| 1. | Occipital :               | <table border="0"> <tr><td rowspan="5" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td><td>Cuerpo.</td></tr> <tr><td>Parte lateral.</td></tr> <tr><td>Huesecillo de Kerckringe.</td></tr> <tr><td>Escama.</td></tr> <tr><td>Hueso epectal.</td></tr> </table> | } | Cuerpo. | Parte lateral. | Huesecillo de Kerckringe. | Escama. | Hueso epectal. |
| }  | Cuerpo.                   |   |   |         |                |                           |         |                |
|    | Parte lateral.            |   |   |         |                |                           |         |                |
|    | Huesecillo de Kerckringe. |   |   |         |                |                           |         |                |
|    | Escama.                   |   |   |         |                |                           |         |                |
|    | Hueso epectal.            |   |   |         |                |                           |         |                |
|    |                           | 5 puntos de osificación.  |   |         |                |                           |         |                |

Las tres primeras partes de este hueso son huesos de cartílago que forman parte de la base del cráneo ; las otras dos partes son huesos de membrana y forman parte de la envoltura del cráneo.

- |    |                 |  |   |                 |                |
|----|-----------------|--|---|-----------------|----------------|
| 2. | Esfenoides :    | <table border="0"> <tr><td rowspan="2" style="font-size: 3em; vertical-align: middle;">}</td><td>basi-esfenoide.</td></tr> <tr><td>pre-esfenoide.</td></tr> </table> | } | basi-esfenoide. | pre-esfenoide. |
| }  | basi-esfenoide. |  |   |                 |                |
|    | pre-esfenoide.  |  |   |                 |                |
|    |                 | 14 puntos de osificación.  |   |                 |                |
| 3. | Etnoides.       | 4 puntos de osificación.   |   |                 |                |
| 4. | Frontal.        | 8 puntos de osificación.   |   |                 |                |
| 5. | Parietal.       | 1 punto de osificación.  |   |                 |                |
| 6. | Temporal.       | 3 puntos de osificación.   |   |                 |                |
|    |                 | Total : 35 puntos de osificación.  |   |                 |                |

Así, pues, para los huesos de la cara, como para los del cráneo, tenemos 56 puntos de osificación que representan 56 huesos originarios. La discordancia

no es más que aparente, pues muchos de esos puntos no están separados más que al principio, y se unen en el curso de la vida fetal.

Un feto de seis semanas tiene un cráneo cuyas partes óseas, contadas como unidades, podrían representar en su conjunto el esqueleto cefálico de un pez óseo.

Podemos asistir en este feto a la modificación de una de las partes óseas del esqueleto visceral, modificación que tiene por consecuencia la transformación del primer arco mandibular en órganos accesorios del oído y en maxilar inferior.

«La causa principal de toda esta profunda transformación, reside, sobre todo, en el hecho de que en los mamíferos y en el hombre, en lugar de la articulación primordial de la mandíbula, se ha desarrollado una nueva, secundaria: la articulación primordial que permite al hueso dental nutrirse, se verifica entre el paladial cuadrado y el hueso articular.»

«Ahora bien: como el yunque y el martillo de los mamíferos corresponden respectivamente al paladial cuadrado y al hueso articular, la articulación que existe entre el yunque y el martillo corresponde, pues, a la articulación primordial de la mandíbula de los vertebrados inferiores. Pero en los mamíferos y en el hombre, esta articulación no permite ya moverse al hueso dental, porque este hueso se articula también directamente con la cápsula craneana. Emite, en efecto, una apófisis ósea, la apófisis articular, que se articula con la escama del temporal a alguna distancia de la articulación primordial. Esta nueva articulación, en la cual no participan

más que huesos de revestimiento, constituye la articulación secundaria de la mandíbula o temporomaxilar (1).»

Con relación al punto de vista de la substancia que constituye el craneo, se comprueba que en los animales inferiores es un simple cartílago que protege mal el sistema nervioso. El craneo es cartilaginoso en los escualos, pero en los peces y los batracios, que se han hecho óseos, ha conservado en el eje de la base una parte cartilaginosa; en los reptiles, las aves y los mamíferos, este eje de la base está constituido por dos huesos verdaderos: el esfenoides y el preesfenoides. Esto marca, pues, un progreso del eje óseo del cuerpo, que es el elemento esencial del armazón óseo.

El cuadro de las principales etapas de la evolución del esqueleto, que acabamos de trazar, puede bastar a dar una impresión de conjunto. Y no se crea que la anatomía comparada limita a eso sus enseñanzas. Con relación al punto de vista del mecanismo de la transformación de los seres, proporciona, en los detalles sobre todo, ejemplos típicos que no podemos consignar, pero de los que daremos el siguiente ejemplo:

Si nos valemos del auxilio de la paleontología, podemos demostrar, como lo ha hecho Cope, que la evolución se produce, no tan sólo en las especies, si que también en los géneros y en las familias.

Tomemos por ejemplo dos familias de batracios. Los *bufoniformes* y los *arctiferos*, que constituyen las familias más inferiores, provistas de un cinturón

(1) Oscar Hertwig. — *Traité d'embryologie ou histoire du développement de l'homme et des vertébrés.*

escapular óseo que es movable: el origen del esternón. En las ranas, que forman la familia más elevada, comprobamos que el cinturón escapular está fijo, es decir, que el esternón está completo.

Este mismo cinturón escapular puede servirnos para indicar el paso de una especie a otra. Así los elementos laterales del cinturón no se unen bajo el cuerpo como en los peces; aparecen para constituir muy pronto el esternón; como acabamos de ver, en los animales que tienen una respiración aérea. Esto prueba que la evolución se ha realizado, en este caso, por adiciones de caracteres, pero a veces también por supresiones. Entre los *camélidos* (por ejemplo), cuyo último tipo es el camello, vemos en el curso de los tiempos geológicos, cómo los huesos de la pata se reúnen en un hueso único: la canilla; y la prueba de esta evolución nos la proporciona el hecho de que, en el estado de feto, el camello actual posee una canilla dividida como su antepasado paleontológico el *pæbrothelium*. Muchos otros ejemplos pueden deducirse del estudio anatómico comparado del esqueleto. Se pueden encontrar en obras diversas, y en particular en Cope, que determinó las ventajas y los inconvenientes para cada especie de los caracteres nuevos que les constituyen, y señala también la línea sinuosa seguida por la evolución de los seres.

## CAPÍTULO II

### Evolución del sistema nervioso

Si estudiamos animales muy inferiores, los *protozoarios*, no se encuentra en ellos órgano alguno que pueda ser considerado como el bosquejo del sistema nervioso. Se observa que las funciones de esos organismos inferiores se cumplen de una manera muy sencilla, pero con la intervención de una de las propiedades de la materia viviente: la irritabilidad, de la cual se trata en el anterior volumen de esta ENCICLOPEDIA, titulado *El Origen de la Vida*.

Recordemos simplemente que esta función no tiene en sí nada de misterioso, pues colocada en idénticas condiciones la materia viviente reacciona de una manera idéntica, mientras que los diversos excitantes provocan, por su parte, reacciones específicas.

Examinemos con el microscopio el organismo más inferior: la *amiba* (fig. 30). Este pequeño ser monocelular vive en la arena y en las porciones de tierra que, desprendidas de los musgos y los líquenes de los árboles, se depositan en el fondo del agua. Esta amiba en reposo, se asemeja a un pequeño fragmento de cuarzo; pero en su interior se distinguen conglomerados amarillentos, que circulan sin cesar; son pequeñas masas de protoplasma en forma de granulaciones. De la parte externa brotan, con gran

lentitud, prolongaciones o pseudópodos muy irregulares, resistentes, de apariencia hialina y en forma de verrugas; dichas prolongaciones sirven al animal para moverse de una manera brusca e irregular; parece que el animal cae de un grupo de esos pseudópodos sobre el otro.

Cuando la amiba encuentra un cuerpo que puede servir para su nutrición, sustancias vegetales en descomposición, algas, los pseudópodos se extienden, lo cogen y le rodean de suerte tal que todo el corpúsculo es introducido en la amiba. Si su composición química puede combinarse con la del protoplasma, es absorbido, y únicamente las partes no asimilables son rechazadas hacia afuera por un mecanismo inverso. Como no todas las sustancias son aceptadas por la amiba, se verifica una especie de elección, debida probablemente a la afinidad química de los dos cuerpos que están en presencia.

No debemos forjarnos ilusiones acerca del carácter voluntario de este acto, que es puramente automático. Es difícil actualmente llevar más lejos la explicación de estos movimientos. He aquí la que nos parece más racional:

Es muy admisible, dice M. N. Beaunis (1), que ciertas cualidades físicas o químicas coincidentes con la digestibilidad o la no digestibilidad del cuerpo en contacto, determinen el movimiento o no lo determinen. Así la dureza exagerada de un cuerpo no *advertirá* al animal que aquel cuerpo es impropio para su alimentación; pero puede, obrando sobre la sustancia del organismo, inmovilizar la parte

(1) *Evolution du système nerveux.*

tocada en una especie de tétanos, tal como el que se produce por las acciones mecánicas intensas. No habría allí, por consiguiente, ni conciencia ni voluntad; no habría más que una adaptación de las reacciones orgánicas a las modalidades diversas cualitativas y cuantitativas de las acciones exteriores. Causas puramente físicas pueden, pues, bastar para explicar este conjunto de movimientos digestivos y la *elección* aparente que el organismo hace entre los cuerpos que le rodean.

En estos actos, que son puramente automáticos, sólo la irritabilidad es la que está en juego.

A medida que nos elevamos en la escala animal, la adaptación se hace más manifiesta. Llega bien pronto un momento en que la función de irritabilidad, utilizada para la elección físico-química, sin voluntad, ni conciencia en sus formas inferiores, se localiza en un órgano especial que es el *sistema nervioso*.

Pero aun antes de llegar al estadio más inferior del sistema nervioso que se encuentra en los zoófitos o radiados, se encuentran muchos grados intermedios de adaptación; he aquí uno entre otros:

Un foraminífero, el *polystomella strigilata* de las costas del Mediterráneo y del Adriático, posee ya una estructura general más compleja que la de las amibas; está provisto de una pequeña concha que protege el protoplasma en el interior. Esta concha está atravesada por un gran número de poros por donde salen los pseudópodos. Cuando el animal va a coger una presa, los pseudópodos se estiran en su dirección, forman un haz que le envuelve enteramente, y la asimilación se hace en el protoplasma de los pseudópodos. A medida que la substancia

ingerida se disuelve, vemos cómo se dirigen hacia el interior corrientes de granulaciones. Acabado el trabajo digestivo, los pseudópodos se contraen y el animal recobra su primera forma de adaptación para las funciones de locomoción, de prehensión, de digestión y de asimilación.

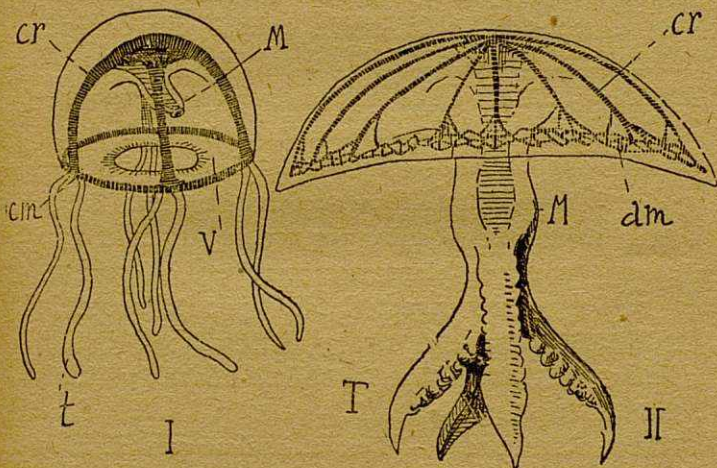


Fig. 45.— I. Organización de la hidromedusa.

V, velum; t, tentáculos marginales; M, manubrium; cr, canales radiarios; cm, canal marginal,

II. Organización de la Scyphomedusa.

T, tentáculos orales; M, manubrium; cr, canales radiarios; am, anastómosis marginales.

Hasta en los protozoarios se distingue un esbozo de especialización análogo a las funciones neuromusculares. Es lo que ocurre en la *vorticella*, por ejemplo, en la que una excitación definida produce un movimiento contráctil o de extensión bien caracterizado, como explicamos ya en el anterior volumen de esta ENCICLOPEDIA.

PRINCIPALES TIPOS DE SISTEMAS NERVIOSOS. — En realidad no podemos hablar de órganos neuromusculares, propiamente dichos, más que entre los *metazoarios*. En efecto, desde que el animal está formado de varias células componentes, es asiento de una *división del trabajo fisiológico*. Se pueden distinguir cinco tipos del sistema nervioso a medida que se asciende en la escala animal, sin ocultar, no obstante, que son difíciles las distinciones que se han de establecer entre uno y otro tipo. Estas distinciones son: *el tipo diseminado*, en el cual no se encuentra un orden de conjunto del sistema nervioso, sino en el que las células sensitivo-motrices están más o menos distribuídas por todas partes; *el tipo radiado*, en el que elementos nerviosos, dispuestos en radios, están caracterizados por la ausencia de diferenciación de centros y de nervios; *el tipo de collares esofágicos*; *el tipo de cadena ventral*, y, finalmente, *el tipo mediodorsal*.

TIPO DISEMINADO. — Los animales que forman parte del tipo diseminado son los *cœlenterados*. El representante más simple es la *hidra* de agua dulce, en la que se encuentra bajo el ectodermo una especie de red de anchas mallas que son células nerviosas. Sus prolongaciones van unas a las células sensitivas del ectodermo, otras a las fibras musculares, realizando así el boceto del arco reflejo, cuyos sucesivos perfeccionamientos nos llevarán a comprender la actividad tan compleja de los vertebrados superiores.

En ellos se observa ya una división del trabajo fisiológico que se ha operado, no sólo entre las diversas grandes funciones: nutrición, movimiento, sensibilidad, sí que también entre los diferentes elementos

de la función nerviosa, puesto que los órganos de los sentidos son distintos de los órganos de transmisión nerviosa. En la hidromedusa, por ejemplo (fig. 46), se distingue, en efecto, un esbozo del órgano del oído: los otolitos.

Nos explicamos así el mecanismo de esta formación: los animales inferiores, por recibir las excitaciones del mundo exterior sobre sus partes más expuestas, se han constituido en ellos órganos apropiados para recibir las excitaciones específicas. En el corte del fragmento de medusa de la figura 46, se ve en *i* una capa de células ectodérmicas que reciben las excitaciones táctiles, células que están provistas de pestañas vibrátiles. En ciertos sitios, esas células se han concentrado y adaptado a funciones más especiales. En *d* existe un repliegue en el cual se encuentran los otolitos, órganos rudimentarios del oído, formados por pequeñas concreciones, cuyos cambios de posición, producto de las vibraciones sonoras, son transmitidos a las células sensitivas que tapizan la cavidad.

No podemos seguir extensamente la evolución de los órganos de los sentidos; nos bastará recordar que, en general, esos órganos van perfeccionándose en la jerarquía de las especies. Lo que importa es insistir sobre sus primeras formas. Con los otolitos vemos cómo aparece un órgano nuevo como perfeccionamiento de una parte de la sensibilidad que se especializa.

La sensibilidad general está difundida por doquiera; recibe las sacudidas más considerables del exterior; después se adapta a conmociones más delicadas que llega a apreciar; tales son las vibraciones sonoras.

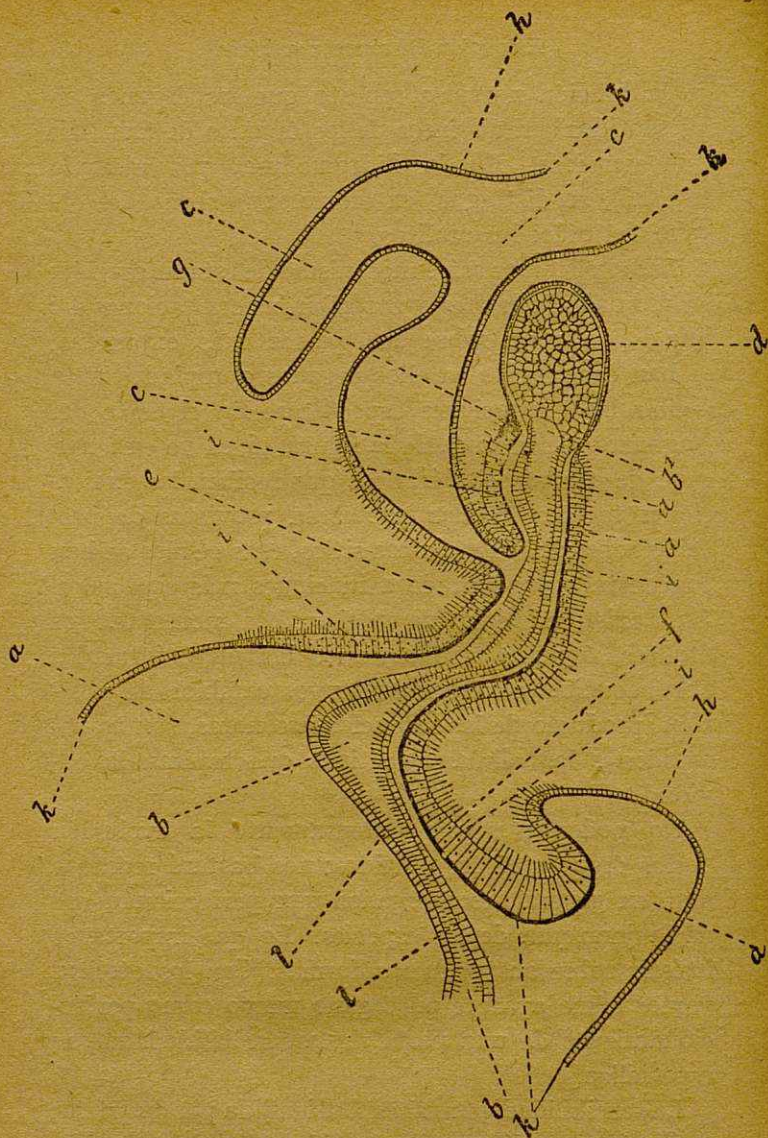


Fig. 46. — Medusa. — Corte longitudinal del corpúsculo marginal con lo que inmediatamente la rodea. Aumento de 400 diámetros. — *a*, mesodermo transparente de la ombrela, que se continúan bajo forma de casco y de corpúsculo; *b*, canal gastrovascular del corpúsculo; *b'*, terminación en orificio sin salida; *c*, corte del labio periférico del casco; *d*, otolitos; *e*, fosilla nerviosa superior; *f*, fosilla nerviosa inferior; *g*, mancha pigmentaria ocular; *h*, epitelio ectodérmico; *h'*, epitelio ectodérmico sensitivo y vivértil; *i*, capa nerviosa y muscular del ectodermo; *l*, epitelio vivértil endodérmico del canal gastrovascular.

Entonces es cuando se crea un órgano nuevo. La medusa, si no oye en el sentido riguroso de la palabra, percibe las vibraciones del orden de las vibraciones sonoras con ayuda de los otolitos. La prueba nos la

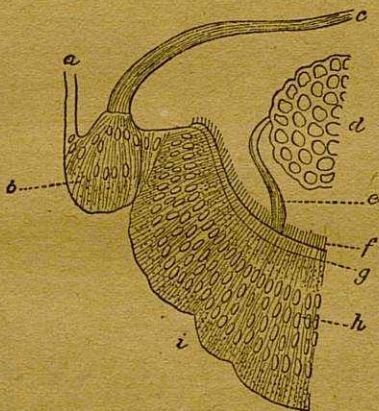


Fig. 47. — Vista de la mitad de un corte del órgano central de *Callianina bialata*. — *a*, contorno de la substancia del cuerpo; *b*, continuación lateral del coginete sensitivo hacia el campo polar; *c*, campana del otolito; *e*, resorte que lleva el otolito; *f*, pestañas vibrátiles; *g*, cutículo; *h*, células radiadas del coginete sensitivo. (Según Hertwig).

proporciona la filogenesia, pues nuestro órgano del oído es un perfeccionamiento de aquel aparato de otolitos.

Este progreso, por otra parte, se realiza bastante rápidamente, pues vemos cómo en una parte del cuerpo de las *ctenoforas*, que son también celenterados o coelenterados, se forma una campana *c* (fig. 47), en la cual está situado el otolito *d* que reposa sobre un cojinete hecho más sensible a la recepción

de las vibraciones por la formación subyacente de corpúsculos cristaloides. La transmisión se hace

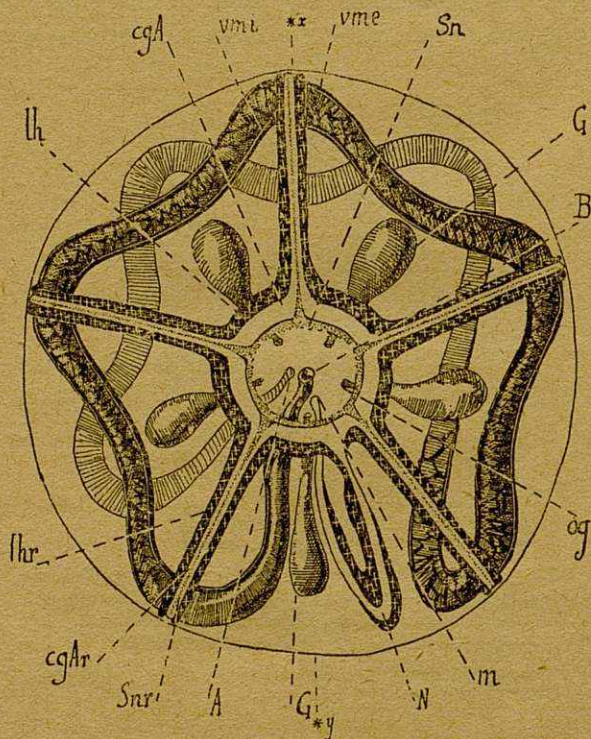


Fig. 48. — Proyección de los órganos del equinodermo sobre un plano perpendicular al eje buco-anal

*Sn*, anillo nervioso; *snr*, nervio radial. — *B*, boca; *A*, ano; — *cgA*, cavidad general acuosa, círculo periosofágico; *cgAr*, cavidad general acuosa, canal radial; *cs*, canal de arena; *m*, madreporita; *N*, nefridia; *G*, órgano genital; *og*, abertura del órgano genital; *vmt*, vaso marginal interno; *vme*, vaso marginal externo; *th*, laguna hial radial.

mediante un soporte flexible *e*, que hace más sensible los cambios de posición del otolito.

En las medusas se distingue el origen del ojo

bajo la forma de manchas pigmentarias oculares, constituídas por la aglomeración de células que se han adaptado a reaccionar de una manera regular y específica a las excitaciones luminosas.

**TIPO RADIADO.** — En los equinodermos el sistema nervioso está constituido. Las células se han aglomerado en centros y han emitido fibras de transmisión, que, dada la organización general del animal, están dispuestas en los sitios en que la actividad es mayor: la boca. Existe un anillo alrededor de este orificio del que parten cinco tirillas que se dirigen a los ambulacros, prolongaciones en radios del cuerpo de los equinodermos (fig. 48). Esto revela bien claramente que el sistema nervioso se ha desarrollado en las partes que estaban más en contacto con el mundo exterior y que debían reaccionar más pronto y mejor. La estructura íntima de todo este sistema nervioso es por doquiera la misma. Véanse en ella fibrillas muy finas mezcladas a células nerviosas de varias prolongaciones. Además, algunos nervios parten del nervio del anillo y se distribuyen por ciertas partes del cuerpo; son menos finos, y su función es menos importante. La parte más delicada de este sistema nervioso es la extremidad de los ambulacros que constituye los órganos del tacto, según parece el único sentido que poseen estos animales. En cada extremidad se ve una aglomeración de células que están en relación con las células epiteliales.

**TIPO DE COLLARES ESOFÁGICOS.** — El estadio superior del tipo radiado no nos lo proporciona un paso directo de los radiados al tipo que ahora nos ocupa. Parece, en realidad, que nos encontramos ante uno de esos numerosos casos en que la evolución

del órgano ha sido detenida, y en los cuales para encontrar linaje a las formas superiores, sea preciso

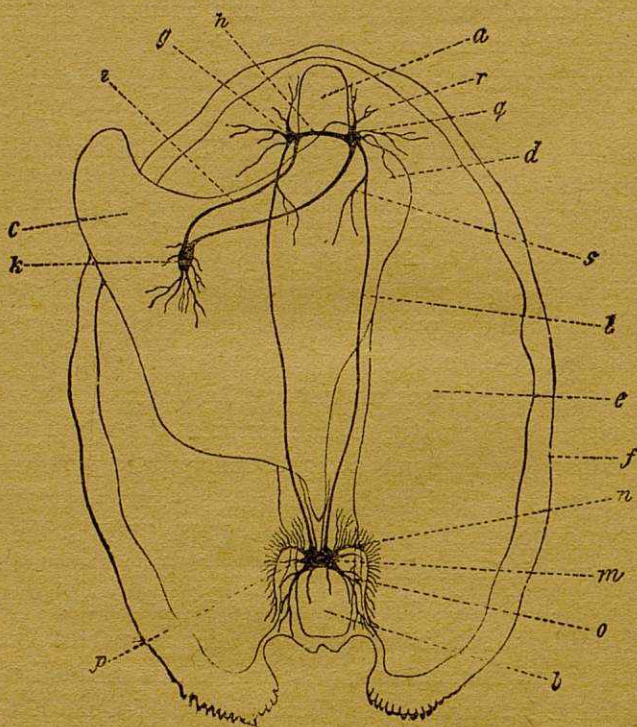


Fig. 49. — Sistema nervioso de la bernacle

Los principales órganos están indicados al trazo por sus contornos. — *a*, músculo aductor anterior; *b*, músculo aductor posterior; *c*, pie; *d*, hígado; *e*, branquia; *f*, borde de la capa; *g*, ganglios bucales o anteriores reunidos por una comisura transversal *h*; *i*, cordones del pequeño anillo o anilla perisofáfrica; *k*, ganglios del pie; *l*, cordones del gran anillo o anilla perivisceral; *m*, ganglio branquial o posterior; *n*, nervios que se dirigen a las branquias; *o*, nervios paladiales posteriores; *p*, nervios paladiales laterales; *q*, *r*, nervios paladiales anteriores; *s*, nervio gástrico o visceral.

recurrir a seres inferiores en la especie, a los equinodermos.

Los animales que parecen marcar el tronco del sistema de los moluscos de doble collar esofágico, son los *briozoarios*. Su sistema nervioso está representado por un pequeño ganglio esférico situado entre la boca y el ano, y en parte enclavado en la pared superior o dorsal de la faringe. Está formado por células muy pequeñas, que tienen un núcleo que se colora fuertemente para el estudio, gracias a los actuales métodos de coloración; de él se destacan fibrillas extraordinariamente finas que van a los diversos órganos del animal. Los dos filamentos nerviosos más importantes van hacia las dos ramas del lofóforo que constituyen la corona tentacular, es decir, la parte más activa del animal. No existe en ellos órgano especial de la sensibilidad.

Más perfeccionado que el sistema nervioso de los briozoarios, el de los *braquiópodos* se compone de dos ganglios esofágicos. El primero o subesofágico, que es el más importante, está formado por dos acumulaciones laterales de células nerviosas. De dicho ganglio se desprende un grueso nervio que se bifurca y va a inervar el esófago, así como el folículo del manto. Otras ramas finas, que parten de los ganglios, van a inervar las otras partes del animal, y especialmente aquellas cuyo funcionamiento es más activo.

Con los *lamelibranquios*, que forman la clase menos perfeccionada del entroncamiento de los moluscos, queda constituido el doble collar esofágico. En el *anodonte*, llamado vulgarmente bernacle u ostra de agua dulce, el sistema nervioso, bien que de una gran simplicidad, está formado por tres ganglios: *g*, *k*, *m* (fig. 49), reunidos por una red de largos nervios. Los ganglios *g* son llamados *bucales*

porque están situados a uno y otro lado de la boca y reunidos por una fibra transversal; el ganglio *k* es llamado pedicular porque está alojado en la faz dorsal del pie; el ganglio *m* es denominado *branquial* o posterior, pues está situado en la cara inferior del

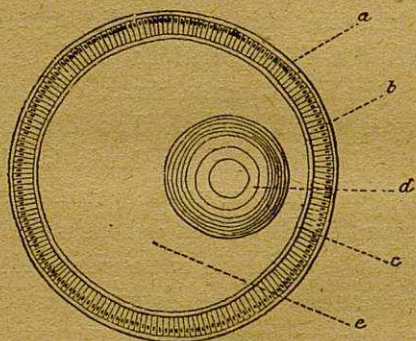


Fig. 50. — Otocisto del bernacle (dibujo a la cámara clara, Leitz, Oc, 1, Objj 7).

*a*, cutícula; *b*, endotelium cilíndrico; capas de las pestañas vibrátiles que, inclinadas unas sobre otras en la preparación dibujada, se confunden en una capa opaca continua; *d*, otolito que deja ver sus capas concéntricas; *e*, cavidad del otocistó normalmente lleno de un líquido refringente.

músculo aductor posterior. En la figura se ven los dos collares que forman un sistema cerrado, con centros particularmente desarrollados en las partes activas del animal. De este órgano nervioso se destacan ramificaciones que inervan las diversas partes de su cuerpo.

La sensibilidad general es dada por papilas que forman eminencias cónicas. En este animal vemos aparecer un otocisto (fig. 50) análogo al de las hidromedusas.

En los moluscos *gasterópodos*, el sistema nervioso se ha hecho más importante; los ganglios están agrupados alrededor del esófago. El ganglio superior,

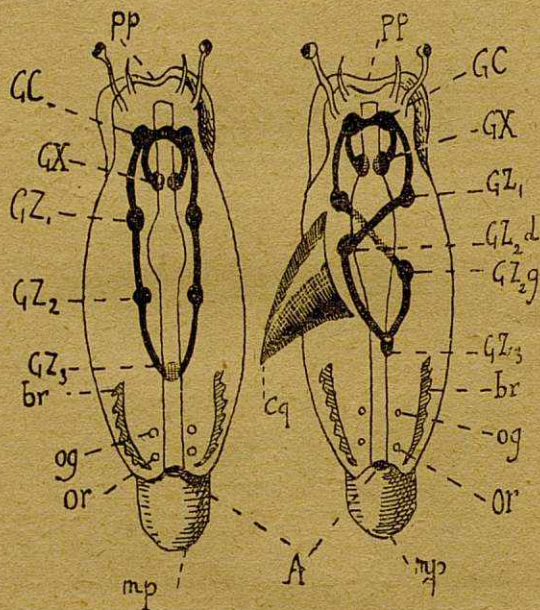


Fig. 51. — Esquema de la torsión en el gasterópodo

*pp*, propodium; *mp*, metapodium; *Cq*, concha; *br*, branquias; *A* ano; *og*, abertura genital; *or*, abertura renal; *GC*, ganglio cerebroide; *GX*, ganglio pedicular; *GZ*, primer ganglio paleo-visceral; *GZ<sup>2d</sup>* y *GZ<sup>2g</sup>*, segundos ganglios de la misma cadena, derecha e izquierda; *GZ<sup>3</sup>*, tercer ganglio paleo-visceral.

llamado cerebroide, está ligeramente hinchado hacia adelante, en el sitio en que se fijan los nervios de la sensibilidad tentacular. Está reunido al ganglio *viscero-pedicular* (figs. 51 y 52), por nervios que circuyen el esófago. Delante del ganglio cerebroide se encuentran los ganglios *estomatogástricos* reunidos

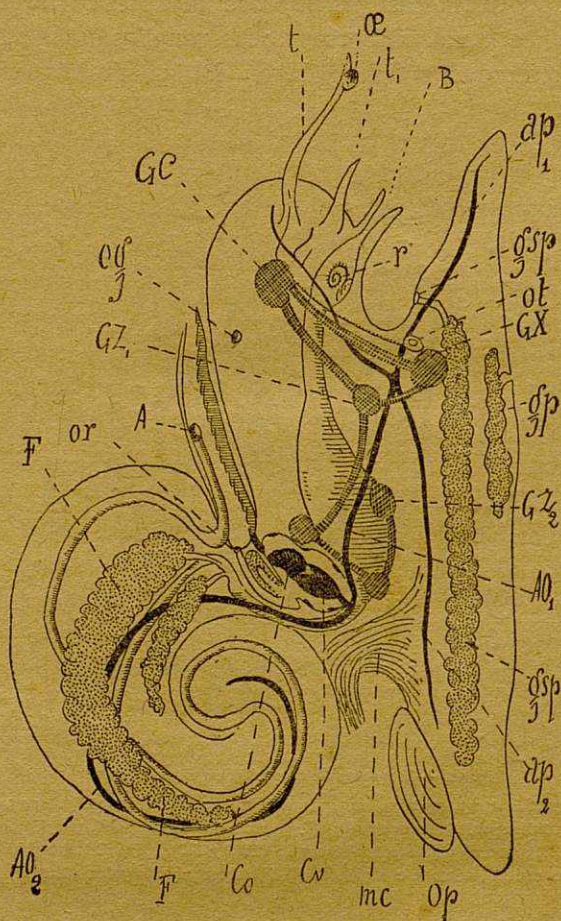


Fig. 52. — Organización general de un gasterópodo

*t, t*<sup>1.º</sup> y 2.º pares de tentáculos; *o*, ojo; *gsp*, glándula suprapedicular; *gp*, glándula pedicular; *Op*, opérculo; *mc*, músculo columelar; — *GC*, ganglio cerebroide; *ot*, otocisto; *GX*, ganglio pedicular; *GZ*<sup>1</sup>, *GZ*<sup>2</sup>, 1.º y 2.º ganglios de la cadena paleo-visceral; — *B*, boca; rádula; *F*, hepato-páncreas; *A*, ano; *or*, abertura del cuerpo de Bojanus, o renal; *og*, abertura genital; — *Cv*, ventrículo del corazón; *Co*, aurícula; *AO*<sup>1</sup>, aorta cefálica; *AO*<sup>2</sup>, aorta abdominal; *ap*<sup>1</sup>, *ap*<sup>2</sup>, arteria pedicular.

entre sí, igualmente que a los otros ganglios. De estos troncos importantes se destacan numerosos nervios periféricos. Naturalmente, los órganos de los sentidos están mucho más desarrollados; los órganos de la sensibilidad táctil son complejos; de los nervios auditivos parten otocistos.

En la extremidad del tentáculo se ve un ojo en el que se distinguen los diversos elementos que, más tarde, constituirán el ojo perfeccionado de los animales superiores.

En los gusanos, el sistema nervioso está compuesto por ganglios cerebroides, un collar esofágico y una cadena ventral (fig. 53). Los ganglios cerebroides están formados en ciertos gusanos, los *turbelariados*, los *nemertes* o *nemertinos*, de dos partes simétricas, que son dos ganglios soldados (figura 54  $g^1$ ,  $g^2$ ). Los ner-

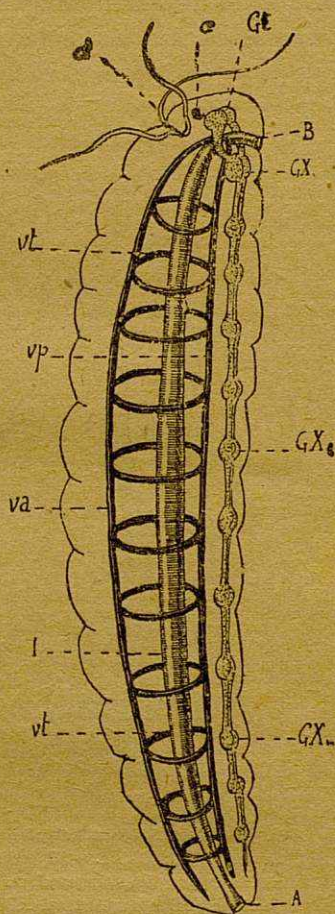


Fig. 53. — Proyección longitudinal de los órganos de un gusano.

GC, ganglios cerebroides; GX<sup>1</sup>, GX<sup>6</sup>, GX<sup>10</sup>, ganglios de la cadena nerviosa; *a*, ojo; *ct*, apéndices tentaculares, — *I*, superficie interior o tubo digestivo; *B*, boca; *A*, ano; *va*, vesícula antineural; *vp*, vesícula paraneural; *vt*, vesículas transversales.

vios que de ellos parten se encaminan a lugares en que células acumuladas sensitivas muestran el bosquejo de lo que será en los animales superiores,

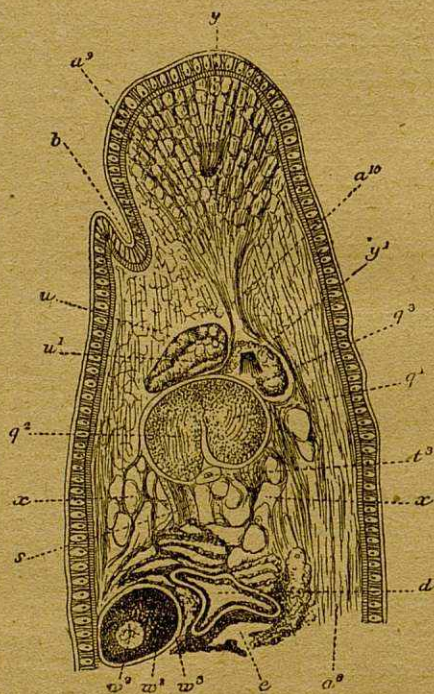


Fig. 54. — Corte longitudinal y lateral de la cabeza de un *tetrastemma* hembra. Verik, Obj. 1. — El corte pasa cerca del borde lateral; ha rizado los ganglios. Cámara clara.

$a^3$ , corte muscular longitudinal del cuerpo;  $a^3$ , cubierta muscular de la cabeza;  $a^{10}$ , tallo muscular;  $b$ , surco vibrátil;  $d$ , esófago plegado;  $e$ , intestino;  $g^1$ , ganglio superior;  $g^2$ , ganglio inferior;  $s$ , tronco nervioso lateral cortado;  $t^3$ , arco vesicular oblicuo cortado;  $u$ , tabique;  $u^1$ , cavidad del órgano lateral;  $w^1$ , vitelio,  $w^2$ , núcleo;  $w^3$ , saco de un huevo;  $x$ , órganos problemáticos;  $y$ , ojo anterior;  $y^1$ , ojo posterior.

el órgano de la vista (fig. 54 y  $g^1$ ), y que hasta en la misma *sanguíuela* ha adquirido una organización y

una función relativamente elevadas. Pero este órgano no se ha desenvuelto igualmente en todas las familias de los gusanos; el *arenicola*, por ejemplo, carece de ojos; por el contrario, tiene órganos auditivos bajo la forma de otocistos (fig. 55). Tiene un otocisto en cada trompa.

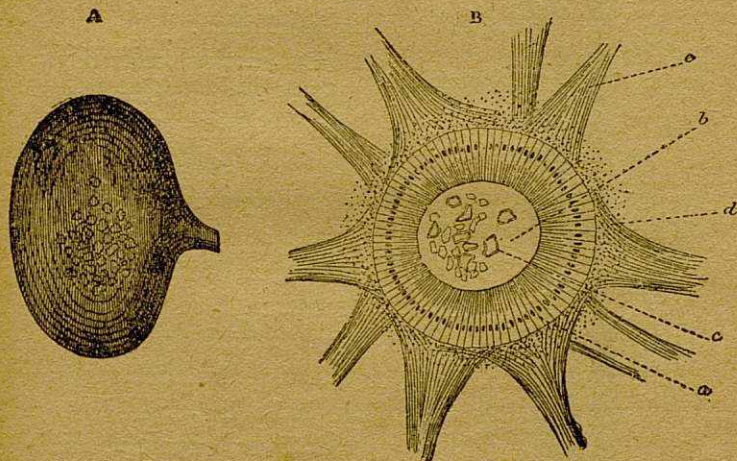


Fig. 55. — Otocistos de la *arenicola*

A, Cápsula auditiva u otocisto entero, iluminado por la glicerina; se distinguen vagamente otolitos en el interior por transparencia; B, corte transversal del otocisto; a, capa de las células cilíndricas; b, cavidad de la cápsula llena de un líquido transparente; c, otolitos de formas y dimensiones variadas; d, substancia granulosa; e, haces musculares radiantes. Dibujado sobre un corte transversal de la extremidad anterior del cuerpo.

EL TIPO DE CADENA VENTRAL. — En los tipos de sistemas nerviosos que hemos descrito hasta ahora, se ha podido observar una tendencia de los órganos del sistema nervioso a centralizarse, a colocarse en una parte protegida, pero, al mismo tiempo, a ponerse en contacto el más inmediato con el mundo

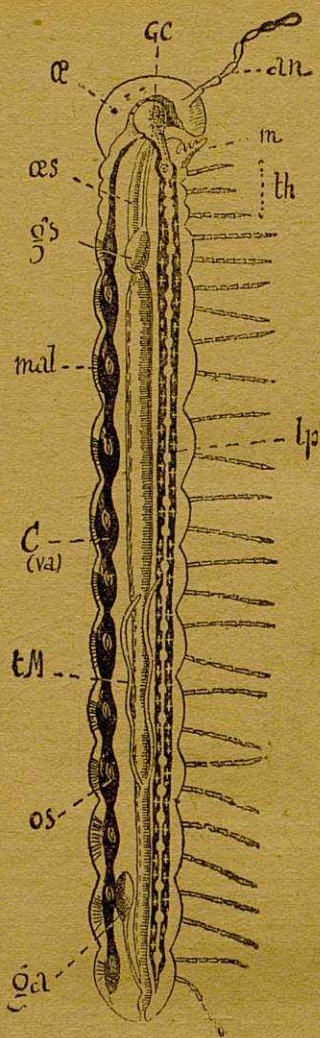


Fig. 56. — Organización general de un miriapode (diplópodo).

*th*, torax; *m*, maxilas; *an*, antenas;  $\alpha$ , ojo; *GC*, ganglios cerebroides; — *es*, esófago; *gs*, glándula salival; *tM*, tubos de Malpighi; *ga*, glándula anal; — (*va*), vesícula antineural; *C*, corazón; *mal*, músculos aliformes; *os*, ostia; *lp*, laguna perinerviana.

exterior. Siente desde entonces el sistema nervioso una necesidad de prolongarse centralizándose; de ello resulta una división en sistema nervioso central y sistema nervioso periférico.

En los tipos más complejos que vamos a estudiar, veremos el bosquejo de un sistema nervioso más importante, en el cual las dos partes, central y periférica, se encuentran bien marcadas anatómicamente.

Entre los artrópodos se halla la clase de los *crustáceos*, cuyo tipo más inferior es la cabra de mar o centoya (en latín *carabus*). Este animal presenta siempre, como los moluscos, collar esofágico formado por dos filamentos que parten de los ganglios cerebroides para reunirse a una masa ganglionar ventral. Pero los ganglios cerebroides tienen una importancia que no tenían en los mo-

lucos. De ellos se desprenden nervios muy importantes que van hacia los órganos de los sentidos situados en la cabeza; el ganglio ventral está formado por la soldadura de numerosos ganglios torácicos y abdominales.

Por encima de los crustáceos encontramos los miriápodos, cuyo sistema nervioso, dada la forma general del cuerpo muy prolongada, está él mismo constituido por una cadena de ganglios (fig. 56), que es como el despliegue de la masa ganglionar ventral, que hemos visto formando una sola masa en la cebra o centoya. Siempre se distinguen ganglios cerebroides, de donde parten los nervios de los órganos de los sentidos situados en la cabeza. La cadena ventral está formada en los *lithobes*, de diez y seis ganglios reunidos entre sí por dos fibras longitudinales, y cortas comisuras transversales. De cada ganglio parten filamentos que inervan el cuerpo. En los *insectos*, algunos de cuyas familias han llegado a un alto grado de perfeccionamiento, el sistema nervioso es grandemente complejo. Como representan la extremidad de una rama de la evolución, nos parece necesario detenernos un poco más extensamente que lo hemos hecho al estudiar los entronques precedentes.

En el abejorro, la cadena ganglionar está siempre situada sobre el vientre (fig. 57), pero está más replegada que en los miriápodos.. Esta masa ganglionar está aplastada entre el tórax y el abdomen; tiene también grandes nervios que emergen para ir hasta a las extremidades del cuerpo y de los miembros. Casi se puede llamar cerebro al ganglio que se encuentra en la cabeza, tan importante es, y

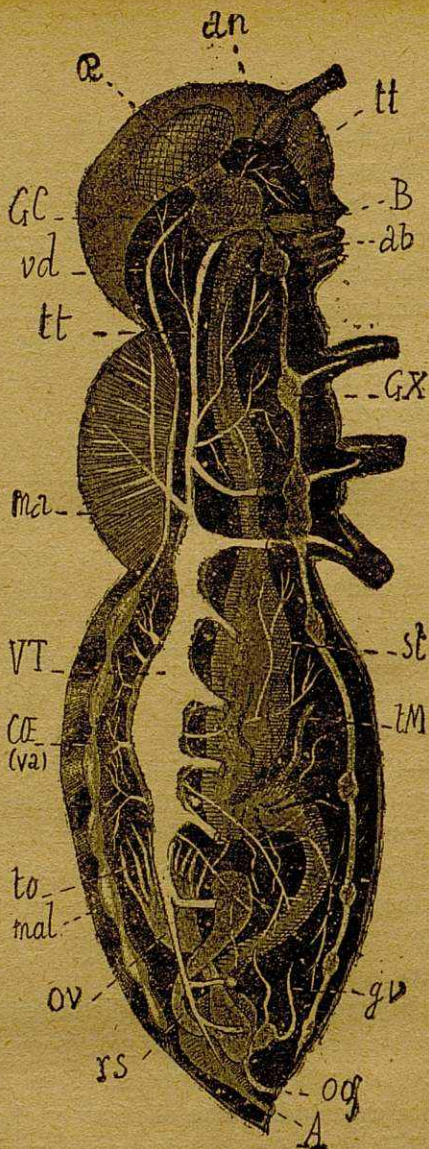


Fig. 57. — Organización general del abejorro.

*o*, ojo compuesto; *an*, antena; *ab*, apéndices bucales; *st*, estigmas; *VT*, receptáculo tráqueo; *GC*, ganglio cerebroide; *GX*, ganglio de la cadena ventral; — *B*, boca; *A*, ano; *tm*, tubos de Malpighi; *ma*, músculos de las alas; *to*, tubos ováricos; *ov*, ovario; *rs*, receptáculo seminal; *gv*, glándula anexa (venenosa); *og*, abertura genital; — *CE (va)*, vesícula antineural, región cardíaca; *vd*, vesícula dorsal; *mal*, músculos aliformes.

parece también que tiene funciones de centralización. Digamos, no obstante, que la importancia de la cadena ganglionar nos priva de llevar muy lejos esta analogía con el cerebro. Del ganglio cerebroide parten tres pares de nervios: el primer par llamado *nervios antenarios* va a las antenas y se extiende ramificándose en las laminillas terminales que son notables órganos de la sensibilidad. El segundo par forma los *nervios ópticos*; van dirigidos a esos ojos compuestos, cuya córnea convexa, de contornos ovals, está tallada en facetas en número de 8.820 aproximadamente (Strauss).

El tercer par comprende los *nervios del labre*, que, muy pequeños, se distribuyen en el labio superior.

Todos los ganglios nerviosos están unidos entre sí por un importante doble filete. De ellos se destacan o desprenden un gran número de filamentos que inervan todos los órganos del animal.

Existe en los insectos un *sistema nervioso visceral*, o de la vida orgánica, análogo a nuestro sistema del gran simpático, que dobla el sistema nervioso central que acabamos de describir y asegura funciones de orden inferior.

En lo que respecta a los órganos de los sentidos, parece que no existen otocistos, es decir, órganos de audición; pero el sentido olfativo, que tiene su asiento en las antenas, está muy desarrollado, así como los ojos de que hablamos anteriormente.

TIPO MEDIO DORSAL. — Los tipos de sistemas nerviosos precedentes no pueden darnos una filiación directa del sistema nervioso de los vertebrados. Solamente nos presentan una organización variable con la forma general del cuerpo de cada especie.

Ahora bien; recordemos lo que hemos dicho hablando del esqueleto: el origen de los vertebrados debe buscarse, no en las especies que tienen esqueleto externo, sino más bien en las especies que en mayor o menor grado lo tienen interno. De igual modo el sistema nervioso de los animales del tipo medio dorsal debe buscarse en especies más inferiores que los artrópodos, por ejemplo, pero que den un bosquejo de dicha organización.

Esto es apreciable como todo lo referente al esqueleto; lo que prueba la relación que existe entre la forma general del animal y la estructura de su sistema nervioso en el grupo de los cordiformes.

Mientras que en los invertebrados el cordón se encuentra situado *debajo* del abdomen, en los vertebrados está colocado en la parte dorsal, al abrigo de la cuerda dorsal osificada, y *debajo* del intestino. Diferencia bien este carácter los seres que ahora estudiamos. El primer tipo de ellos es el *anfioxo*, cuya descripción ya hemos dado hablando del esqueleto en páginas anteriores.

Por otra parte, ambos sistemas, esquelético y nervioso, están en estrecha relación. La aparición de la dependencia del esqueleto interno es la que ha permitido todo el perfeccionamiento mecánico de la máquina humana, como se ha dicho; porque al abrigo de aquella columna dorsal podía desarrollarse y perfeccionarse anatómicamente un órgano de coordinación: el sistema nervioso. Hay, pues, concurrencia de circunstancias que han permitido que entre todas las formas animales creadas por condiciones exteriores, una de ellas tenga en sí posibilidades mayores de desarrollo.

Pero hay otro carácter que diferencia el sistema nervioso de los invertebrados del de los vertebrados: es que los ganglios cerebroides de los primeros son *máscizos*, mientras que en los vertebrados el eje nervioso está ahuecado por una cavidad central. No conocemos la causa ni muy exactamente el valor de ese carácter, aunque podamos darnos cuenta de que una cavidad interior permite un mayor desarrollo del sistema nervioso. Ahora bien, los centros importantes se encuentran en la periferia, ya sea interna o externa, como se comprueba haciendo un estudio topográfico del cerebro humano.

El primer bosquejo de esa cavidad central se encuentra en el anfioxo, así como la primera aparición del sistema nervioso dorsal.

Es, pues, verdaderamente, en este animal en el que debemos buscar las formas primitivas y de paso de la organización del sistema nervioso, tal como existe en los animales superiores.

La descripción que hemos dado del sistema esquelético del anfioxo, puede ser utilizada para mostrar las relaciones que existen entre este sistema y el sistema nervioso. Este último está situado todo él sobre el cordón dorsal. Está alojado en un canal cuyos tabiques están formados por dependencias de la vaina del cordón (figs. 37 y 38). Llena exactamente la luz de este estuche y alcanza su diámetro mayor hacia la mitad del cuerpo; disminuye insensiblemente hacia las dos extremidades para terminar, hacia adelante, en un pequeño ensanche y en la aleta posterior en un botón que sobresale para arriba y está encerrado en una cavidad. Esta formación, compuesta de fibras y de células, está rodeada de

una vaina excesivamente delgada. En su centro se distingue un canal medular (fig. 58 *f*), que constituye la médula espinal. No existe, hablando con propiedad, cerebro; sin embargo, la parte anterior

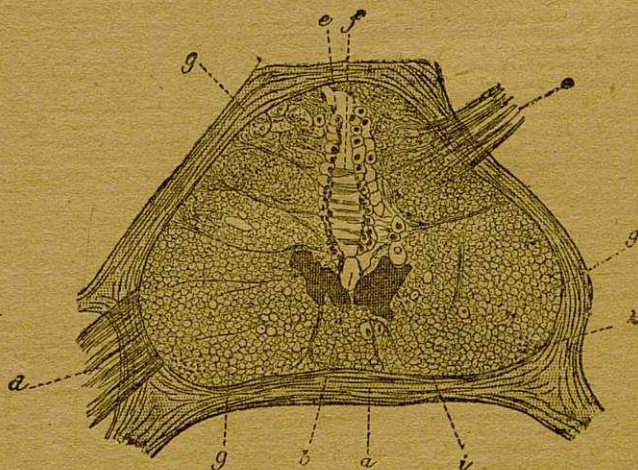


Fig. 58. — Anfioco. — Corte transversal de la médula en el tercio anterior de su longitud.

*a*, vaina del cordón; *b*, canal central; *c*, raíz de un nervio sensible; *d*, raíz de un nervio motor; *e*, células medias; *f*, prolongación de las células medias en el canal neural; *g*, fibras gigantes; *h*, fibras longitudinales; *i*, pigmento.

de la médula, ligeramente ensanchada, tiene la forma de una cuchara minúscula, agujereada en su centro. De la médula parten fibras nerviosas que van hasta la periferia.

Se distinguen nervios sensibles y nervios motores; los órganos de los sentidos son muy sencillos, pero aparecen ya muy diferenciados. Hay células del tacto, particularmente numerosas en la región ce-

fálica; órganos del gusto, localizados entre la boca y el esófago; un órgano visual rudimentario, compuesto de pequeñas manchas pigmentarias colocadas en la extremidad anterior del sistema nervioso y unidas a él (fig. 60). El órgano del olfato es una fosilla de la región cefálica, generalmente situada

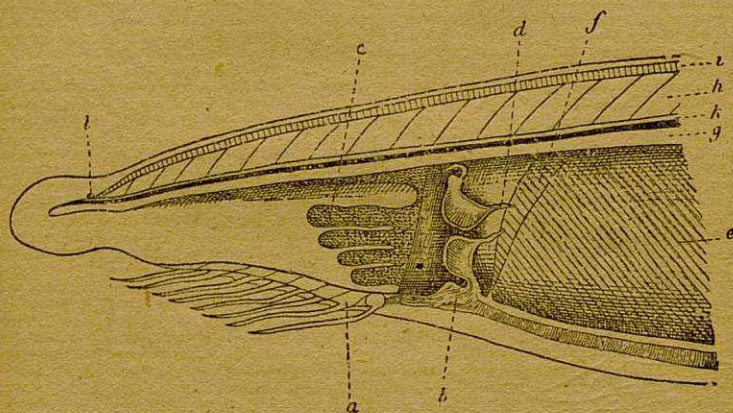


Fig. 59. — Parte anterior del anfioco, del que se han separado los músculos del cuerpo izquierdo, aumentado cerca de 30 veces

*a*, corona tentacular; *b*, músculo anular; *c*, lengüetas digitiformes; *d*, filamentos fijados sobre el contorno del orificio del anillo muscular; *e*, canastilla branquial; *f*, parte imperforada de la canastilla branquial; *g*, cordón dorsal; *h*, músculos laterales; *i*, radios de las natatorias; *l*, mancha ocular.

en el lado izquierdo, sobre el ojo. Un nervio une estos órganos al sistema nervioso-central.

No podemos pensar en dar un cuadro, ni aun resumido, de la evolución del sistema nervioso de los vertebrados. Este órgano ha adquirido en ellos tal importancia y tal complejidad, que es imposible hacer una descripción reducida de él. No haremos más que indicar su importancia creciente con ayuda

de algunos ejemplos significativos. Desde el estadio de los *ciclóstomos*, en la lamprea por ejemplo, el cerebro ha adquirido tan gran desarrollo que necesitaría

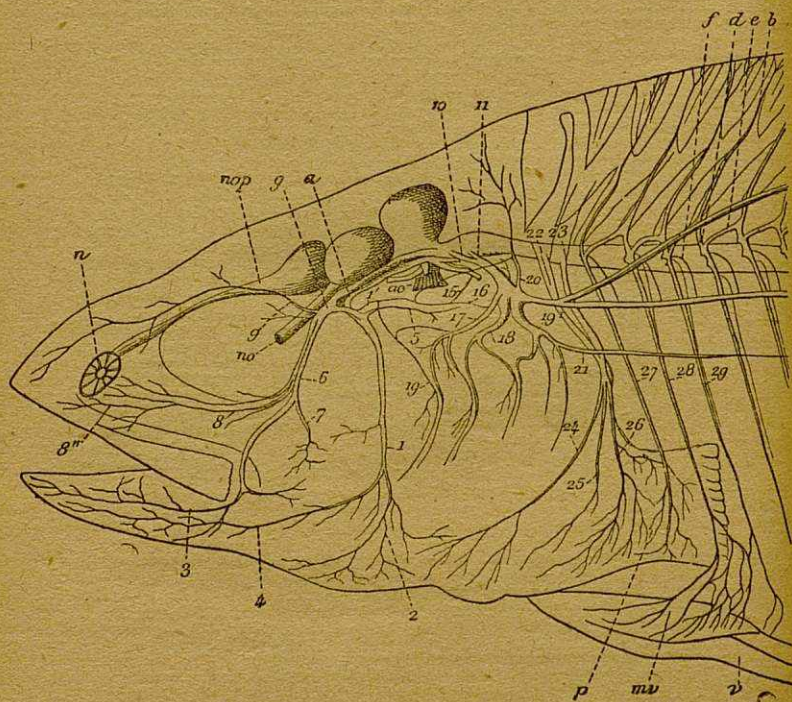


Fig. 60. — Perca. — Figura esquemática que representa el sistema nervioso de la parte anterior del cuerpo y de la cabeza

no, nervio óptico; 1, branquia opercular del trigémino; 2, haz inferior de la rama opercular; 6, rama mandibular del trigémino; 3, su terminación en la mandíbula superior; 7, haz del músculo masseter; 8, rama maxilar superior; 8'', su terminación en la mandíbula superior; 9, rama oftálmica del trigémino; g, ganglio de Gasser; a, raíz superior del trigémino; 15, nervio glossofaríngeo; 10, raíz dorsal anterior del vacío; 11, raíz ventral posterior del vacío; 17, rama anterior del vacío; 21, rama estomacal del vacío; 20, haz dorsal del vacío; 22, hipoglosa; 23, primer par de nervios espinales; 24, rama anterior; 25, rama media; 26, rama posterior del plexo braquial; 27, segunda; 28, tercera; 29, cuarto par de los nervios espinales; n, nariz; f, nervio que va de un espinal al lateral; d, haz antero-superior de cada espinal; e, haz postero-superior de cada espinal; b, rama dorsal de cada nervio espinal; p, aleta natatoria pectoral; mv, músculos de la natatoria ventral; v, su primer radio.

un estudio especial. En los peces (fig. 60) vemos dibujarse las partes más importantes de este órgano. Estas partes se convertirán en la serie de la evolución de los seres, en centros con funciones las más elevadas y las más especializadas. Son los *lóbulos ópticos* muy voluminosos, con frecuencia hasta más voluminosos que los hemisferios (figura 61).

Estos hemisferios que en los peces son menos importantes que los lóbulos ópticos, y que en el hombre son el órgano del pensamiento, los vemos desarrollarse y perfeccionarse a través de las especies. Mientras que en el hombre se caracterizan por el espesor de la película de substancia gris que recubre exteriormente el cerebro y que es el asiento de las funciones más elevadas de este órgano, en los peces su película es tan delgada que apenas si se revela su existencia.

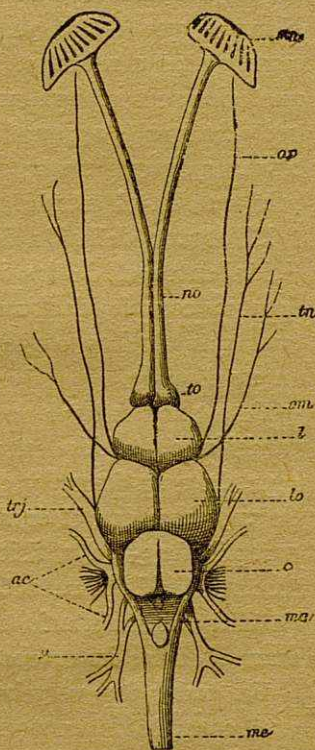


Fig. 61. — Perca. — Igual cerebro que en la figura precedente, pero del cual sólo se han conservado las partes esenciales, visto por arriba y despojado de sus envolturas.

*l*, prosencefalo; *lo*, lóbulos ópticos; *c*, cerebelo; *no*, nervio olfativo; *to*, tubérculos olfativos; *tr*, nervio troclear; *trj*, trigémino; *ac*, nervio acústico; *trj*, trigémino; *om*, nervio óculo-motor; *op*, rama oftálmica del trigémino; *sn*, saco nasal; *ma*, médula prolongada; *me*, médula espinal; *v*, nervio vago.

El cerebelo (61, c) no es más que una banda transversal, situada hacia adelante de la extensión (m a) de la médula espinal (m c) que llamamos *bulbo*. Nervios que están ya especializados arrancan de estas masas cerebrales. La parte anterior de los hemisferios se prolonga en largos tallos hasta los órganos olfativos (s n), que llevan el nombre de *tubérculos olfativos*, y que no se encuentran ya en el hombre más que en el estado rudimentario.

El órgano del oído de los peces marca una transición entre el de los invertebrados, pues, a pesar de una complejidad mucho mayor, todavía se encuentran otolitos contenidos en un saco y bañados en un líquido.

Este saco interno o *laberinto membranoso*, está también contenido en una cámara esquelética que reproduce su forma y que se llama el *laberinto óseo*. Se ve, pues, que el órgano del oído que va a ser tan complicado y cuya fisiología no es conocida perfectamente en la hora actual, es un perfeccionamiento de este rudimentario saco de otolitos que encontramos en los invertebrados.

En todos los vertebrados, el órgano de la vista está constituido en todas sus partes, y salvo modificaciones de detalle, es el mismo en toda la ramificación. En los peces y todos los vertebrados acuáticos, el cristalino es globular, y por ello muy refringente, pero poco adecuado para la visión de los objetos lejanos. En los peces, como en las aves también, la membrana *coroide* que tapiza el interior del ojo, da origen a los músculos del acomodamiento y realiza directamente por sí misma esta función.

Existe en estos animales una prolongación de la

*coroide* que parte del fondo del ojo, atraviesa la retina y el cuerpo vítreo, que puede deformar, cuando en estado vascular éste se hincha y se deshincha bajo modificaciones circulatorias.

El examen de la figura 62, que representa un sistema nervioso de rana, revela que este aparato es aproximadamente semejante al del pez, pero que el volumen de los hemisferios cerebrales con relación al de los lóbulos ópticos, ha aumentado. En estos animales se ve aparecer el plan general de un sistema nervioso de vertebrado superior con sus nervios especializados, troncos nerviosos importantes, que se destacan a lo largo de la columna vertebral y particularmente a la altura de los miembros. La película que recubre el cerebro, y que llamamos la *cor-teza* (del latín *cortex*), es más recia que en los peces; el cerebelo aumenta e volumen.

En los reptiles (Lagarto, fig. 63), el cerebro está todavía en la prolongación del eje cerebro espinal; no obstante, se observa en estos animales un principio de curvatura del cerebro que aumentará en importancia en los vertebrados superiores y, sobre todo, en el hombre, en el que el cerebro se repliega

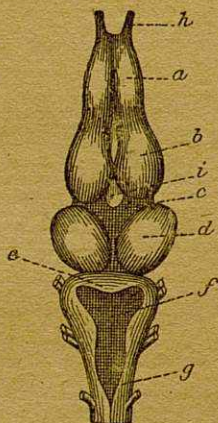


Fig. 62. — Rana. — Cerebro visto por encima, aumentado tres veces.

*a*, lóbulos olfativos (rinencéfalo; *b*, hemisferios cerebrales (proencéfalo); *c*, talamencéfalo; *d*, lóbulos ópticos (mesencéfalo; *e*, cerebelo; *f*, seno romboidal; *g*, médula prolongada (myelencéfalo); *h*, nervios olfativos; *i*, glándula pineal.

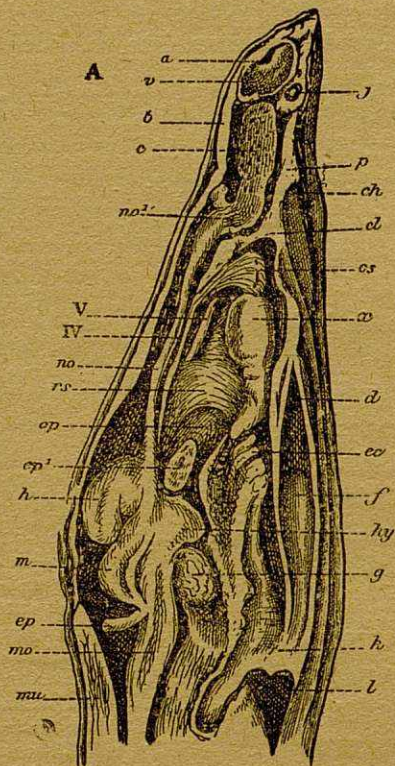


Fig. 63. — Lagarto.

A, corte sagital del cráneo cerca de la línea media para hacer ver las relaciones de las diferentes partes, aumentadas el doble de su tamaño. — *a*, nariz; *b*, bóveda del cráneo; *c*, cavidad nasal; *cl*, tabique entre la cavidad nasal y la órbita; *d*, espacio palatino alrededor del músculo masetero; *ec*, base del cráneo; *ep*, cerebelo; *f*, músculo temporal o masetero, revestido de la mucosa bucal; *g*, saco y plexo vasculares bajo el cerebro; *h*, hemisferio del cerebro; *hy*, hipófisis; *g*, órgano de Jacobson; *k*, mucosa del paladar; *l*, espacio que conduce al tímpano; *m*, mesencéfalo; *ma*, médula prolongada; *mu*, músculos superiores del cuello; *no*, nervio olfativo; *no'*, su extremidad bucal cortada; *op*, nervio óptico izquierdo; *op'*, nervio óptico derecho cortado; *p*, cielo del paladar; *rs*, músculo derecho superior del ojo; *v*, vestíbulo de la nariz; *x*, glándula de Harder; *IV*, nervio broclear; *V*, rama oftálmica del trigémino.

sobre sí mismo, de manera que presenta una superficie mayor.

Los hemisferios han aventajado en tamaño a los lóbulos ópticos (fig. 64).

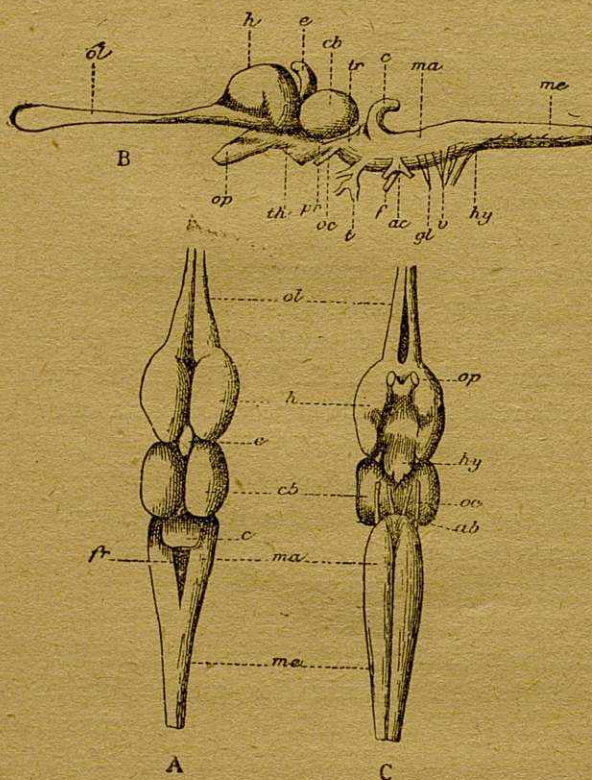


Fig. 64. — Lagarto. — El cerebro aislado y aumentado dos veces.

A, vista dorsal; B, vista de perfil; C, vista ventral; *h*, hemisferio; *cb*, cuerpos bigéminos (mesencéfalo); *c*, cerebelo; *e*, epífisis (glándula pineal); *th*, talamencéfalo; *hy*, hipófisis; *ma*, médula prolongada; *fr*, fosa romboidal; *me*, médula espinal; *pr*, pedúnculo del cerebro; *ol*, nervio olfativo; *op*, nervio óptico; *oc*, nervio óculo-motor; *tr*, *n*, troclear; *t*, *n*, trigémino; *f*, nervio facial; *ab*, *n*, abductor; *ac*, *n*, acústico; *gl*, *n*, glosofaríngeo; *v*, *n*, vacío; *hy*, *n*, hipoglosa.

Se observará en la misma figura una formación particular: la *glándula pineal* o *epifisis*, que en ciertos animales adquiere tal importancia que a las veces aparece a través del craneo y constituye un ojo impar. Esta glándula pineal se atrofia en las especies más elevadas.

Vemos realizarse en las aves dos hechos esbozados en los reptiles; esto es, la ocupación entera de la cavidad craneana, por el cerebro, y la curvatura hacia adelante de la médula prolongada o bulbo, lo que coloca en dos planos diferentes la médula espinal y el cerebro.

Se comprueba un enorme predominio de los hemisferios que, desarrollándose hacia atrás, rechazan los lóbulos ópticos de ambos lados; el cerebelo se torna muy voluminoso; la división en dos partes se acentúa más; la película cortical aumenta en espesor, mientras que la glándula pineal y los lóbulos olfativos se reducen.

Finalmente, en el cerebro de los mamíferos se continúa la misma progresión, a la que se añaden perfeccionamientos nuevos. Vemos un *cuerpo calloso* que une las dos mitades del cerebro. Dicho cuerpo calloso, constituido por las fibras que unen los puntos homólogos de los hemisferios, prueba, por su gran desarrollo, la importancia de las relaciones entre los diversos puntos del sistema nervioso. Los lóbulos ópticos que se han reducido y dividido en cuatro pequeños tubérculos, llamados tubérculos cuadrigéminos. Los hemisferios cerebrales aumentan de volumen en proporciones respetables, a consecuencia de la necesidad de presentar una superficie mayor en el espacio restringido por la bóveda craneana.

Todos estos caracteres están excesivamente exagerados en el hombre. Señalemos sencillamente, para dar una idea de lo que hemos dicho, el desarrollo extremo de los repliegues de la superficie que aumentan su extensión.

En el rápido bosquejo que acabamos de dar de la evolución del sistema nervioso, hemos tratado de poner de manifiesto los lazos que unen a las especies. Pero la cuestión en su conjunto es demasiado importante para que nos haya sido permitido tratarla completamente. Hemos escogido los hechos que parecían más interesantes, dejando de lado, a medida que el sistema nervioso se perfeccionaba, un gran número de observaciones. Cuando se ha hecho mayor su complejidad, hasta nos hemos visto obligados a abandonar partes enteras de descripción y a no dar más que lo que era relativo al cerebro, y en particular a las circunvoluciones.

En cuanto a la descripción de los sentidos, la hemos abandonado en el momento en que los órganos estaban constituidos en sus partes esenciales. El sentido del tacto, que se organiza muy pronto, ha sido el que primero hemos dejado. El estudio de los órganos del oído y de la vista, que aparecen más tarde, ha sido llevado algo más lejos y abandonado en el punto en que esos sentidos quedan formados.

Bien que no hayamos dado más que una descripción a grandes rasgos de la evolución del sistema nervioso, creemos que el lector podrá darse cuenta de la complejidad y de la progresión crecientes de este órgano tan importante.

Insistimos todavía acerca del hecho de que esta

evolución no se ha verificado de una manera absolutamente regular. Ciertos mamíferos, por ejemplo, como los monotremos y los marsupiales, tienen sistemas nerviosos poco desarrollados. Sus lóbulos olfativos ofrecen grandes dimensiones, y su cerebro carece de circunvoluciones. Con ellos estamos ante especies que se han quedado fuera de la evolución de los mamíferos; estos hechos confirman, pues, las ideas generales emitidas en el curso de este estudio, puesto que esos animales marcan el paso de una clase a otra. Los monotremos recuerdan, en efecto, por ciertos caracteres, los reptiles, las aves y, sobre todo, los batracios.

Cada parte del organismo humano resulta de una evolución particular. Pero todo individuo, en su integridad, es producto de esas evoluciones diversas, que, por la armonía mayor o menor que han desarrollado entre las partes, han producido organismos más o menos elevados en la escala de los seres. Para que este estudio fuese completo, sería preciso seguir la evolución de los órganos o de los grupos de órganos hasta el hombre, como hemos hecho con el esqueleto y el sistema nervioso. Pero esta tarea excedería de los límites de este volumen. Prescindiremos, pues, de la descripción de los aparatos que se da en todos los tratados de anatomía y de fisiología animales, para insistir más cerca de aparatos cuyos procesos evolutivos son menos conocidos: las producciones epidérmicas, el aparato excretor y el aparato digestivo.

Digamos únicamente que el pulmón, órgano de la respiración, en los vertebrados es una formación del esófago; a expensas también del esófago se han

formado las branquias. Pero a medida que el animal se adapta a la vida terrestre, se desarrollan los pulmones, habiendo llegado a ser insuficiente el sistema branquial.

En cuanto a la circulación, se produce un fenómeno conexo. Mientras que la sangre circula a través de las *branquias* en los animales que de ellas están provistos, a medida que desaparecen, se ve disminuir los *arcos aórticos*. Los animales inferiores los poseen en gran número de pares, y disminuyen en los animales mejor organizados. Se les ve reducirse a cinco en los peces, a tres en los batracios, cuando cesan las funciones branquiales; a dos o a uno en cada lado en los reptiles, a uno solo en el lado derecho en las aves, y en los mamíferos a uno solo en el lado izquierdo. Es la *aorta*, que es ya únicamente un sitio de paso para la sangre. En el feto humano tiene, no obstante, el aspecto de arcos aórticos, tal como se encuentran en los peces.

El corazón se ha transformado paralelamente a estas modificaciones. Constituido en los leptocardios por un simple tubo que se divide en dos cavidades en los peces, en tres en los reptiles y los batracios, alcanza cuatro cavidades en las aves y en los mamíferos.

Se ve, pues, que todas esas modificaciones tan importantes tienen por origen la adaptación de los dipneustos y de los batracios a un medio nuevo: el medio aéreo.

## CAPÍTULO III

### Los productos epidérmicos

En los protozoarios, o animales unicelulares, el tegumento externo está, en general, formado por una *membrana cuticular*, parte dura que protege el cuerpo del animal, o de una membrana calcárea que protege la célula única de que el animal se compone. En los metazoarios, o animales *pluricelulares*, el tegumento, ya más complejo, está representado por una *dermis* o capa profunda, y una *epidermis*, o capa superficial. La superficie de separación de esas dos capas no es plana, sino erizada de papilas dérmicas, llamadas *papilas de Malpighi*.

El tegumento externo es, entre los seres bastante inferiores, el órgano de la sensibilidad táctil difusa; sólo mucho después se diferencia y localiza el sentido del tacto.

Los tegumentos se diferencian en el curso de la evolución. En los vertebrados la epidermis está estratificada, es decir, compuesta de capas de células superpuestas; se renueva sin cesar, pues la capa profunda, esencialmente viva, da siempre nuevas células destinadas a reemplazar las de la superficie, que una vez muertas, se convierten en córneas.

Estas capas córneas se separan de la epidermis bajo la forma de escamas pequeñas, de películas, etc.

Aparte de esta vegetación llamada *descamativa*, la epidermis es asiento de vegetaciones particulares, procedentes de órganos más o menos permanentes destinados a proteger las partes subyacentes, tales son las diversas producciones *córneas* (escamas, caparazones), los *pelos*, las *uñas*, las *plumas*.

He aquí el proceso general de la formación de estos productos epidérmicos. En ciertos momentos de la evolución el tegumento presenta puntos en los que las células son más prolíficas unas que otras. Un grupo celular emite entonces un retoño que penetra bajo la forma de un saco de la hechura de un dedo de guante (1) en los grupos celulares subyacentes. Entre los productos del tegumento y los de las partes que constituyen su base, se opera una función. En el fondo de aquel callejón sin salida, hay células que se diferencian, forman una eminencia, y poco a poco, de aquel nuevo grupo, se forman productos puramente celulares y llegan a predominar en la superficie del tegumento. Aglutinándose, dan, sea cuerno (como los reptiles, las aves, los mamíferos), sea escamas (como los reptiles); no aglutinadas producen pelos o productos lanosos.

Los pelos son característicos de los vertebrados superiores; pero se han encontrado en los invertebrados productos del tegumento que pueden serles asimilados: son los pelos de los artrópodos.

Los pelos constituyen un revestimiento protector que pone el animal al abrigo de los choques o de las

(1) Esto es lo que llamamos *invaginación*.

intemperies. He aquí por qué son más abundantes en los animales que viven en las regiones frías, y se renuevan en todos los vertebrados superiores en un vellón espeso en la época de la muda de invierno. Los pelos sirven también para la defensa del animal; unos son prolongaciones del aparato sensitivo, como los mostachos de los felinos y, en particular, de los felinos nocturnos; los otros son verdaderas defensas formadas por pelos aglutinados, como el cuerno que lleva sobre la nariz el rinoceronte, y las púas del puerco-espín.

El proceso de los dientes es análogo. En los vertebrados superiores su número es determinado y limitado según las especies; en los vertebrados inferiores no son otra cosa más que productos escamosos; los dientes del tiburón, por ejemplo, son indeterminados en número y susceptibles de producirse en todos los períodos de la existencia.

Ahora bien: los dientes de los mamíferos, que con frecuencia aparecen como órganos accesorios del tubo digestivo, no son sino productos tegumentarios análogos a los productos tegumentarios escamosos de los peces.

La dermis puede también impregnarse de substancias diversas; entonces se transforma en placas óseas, sea aisladas (como en los cocodrilos), sea soldadas de manera que forman un caparazón (como en las tortugas y en los tatúes).

Las escamas de los peces provienen de una formación particular; son producidas simultáneamente por la dermis y la epidermis que elaboran alternativamente escamas que forman un verdadero esqueleto exterior, a veces osificado. Hasta hay peces en que

la piel está provista de elementos colorantes (1), en conexión con los nervios que permiten al animal cambiar de matiz a su antojo y adaptarse a los diversos medios que atraviesa.

Los cuernos, las uñas, las garras, las pezuñas son también producciones córneas que tienen por origen la capa superficial de la epidermis. Se diferencian, en consecuencia, de las reacciones del animal en sus condiciones particulares de vida. Las plumas tienen el mismo origen que los pelos de los mamíferos, y una estructura análoga aunque un poco más complicada.

Aparte de esos productos superficiales, el tegumento contiene otra formación: las glándulas. Están éstas encargadas de emitir productos capaces de proteger la piel, impidiendo que el calor y el frío obren sobre ellas. Sirven de medio de defensa; tales son las secreciones anales de ciertos carnívoros (2). En los mamíferos, esas glándulas producen la alimentación de los recién nacidos; las glándulas mamarias, simples modificaciones de las glándulas sebáceas (3), segregan la leche. Los tegumentos de los peces no están provistos de glándulas, que no les ofrecerían utilidad alguna; pero los tegumentos de los vertebrados terrestres, al contrario, las con-

(1) Estos elementos son llamados *chromatoplastos*. La propiedad de que gozan constituye un caso curioso de mimetismo.

(2) La cabra almizclera, el gato de algalia, poseen debajo de la cola glándulas que segregan productos odoríficos susceptibles de alejar a sus enemigos.

(3) Las glándulas sebáceas son glándulas en forma de racimo que segregan productos grasos.

tienen en gran número y llenan las condiciones más arriba mencionadas.

Vemos, pues, que las formaciones complejas que dan a un animal superior ese carácter de perfección, por adaptación al medio, que durante tan largo tiempo ha engañado a los filósofos sobre su naturaleza esencial, son producto de lentas transformaciones a través de las edades, del protozooario al hombre.

## CAPÍTULO IV

### El aparato excretor

La célula primitiva segrega productos que debe expulsar. Posee en el centro de su protoplasma una vesícula que vemos hincharse en ciertos momentos y verter su producto al exterior: es la vesícula excretora.

Si examinamos una célula de un grupo celular bastante elevado en organización, que haya permanecido en conexión con las células adyacentes, las vemos que proceden de la misma manera que el ser monocelular, pero la secreción se hace en condiciones diferentes. A consecuencia del fenómeno de *ósmosis* (1), los productos excretorios son absorbidos por los vasos sanguíneos, y van a mezclarse con los líquidos sanguíneos de la circulación. En los animales inferiores, los erizos de mar, las asterias, por ejemplo, el líquido que llena la cavidad general se carga de los productos de excreción y los vierte al exterior. En animales más elevados en organización, como los gusanos, existe un aparato especial encargado no de elaborar el producto, sino de conducirlo hacia

(1) Osmosis, fenómeno físico por el cual las membranas pueden ser atravesadas más o menos rápidamente por los fluidos.

afuera. Los órganos excretores son *nefridias* (1), metamerizadas, en general, de una manera tan regular que se les ha podido designar con el nombre de órganos segmentarios. De ellos existen un par por segmento. Cada nefridia comprende un tubo ciliado que se abre en la cavidad general y desemboca al exterior en la vecindad del parapodo correspondiente.

Dicho aparato evacuador sirve también para conducir al exterior las células reproductoras, de manera apropiada para desembarazar de ellas el organismo y permitirle entrar a presencia de las células reproductoras de otro sexo. En los poliketos (gusanos), los productos sexuales que se han desarrollado directamente a expensas del revestimiento endotelial de la cavidad general, se desprenden, caen en la cavidad general y son eliminados por la mediación de las nefridias. La realización de estas dos funciones por un mismo órgano, explica su localización en un aparato único: el aparato génito-urinario.

Primitivamente en los vertebrados, el aparato excretor está constituido por una serie de canales a razón de un par por segmento, que desembocan en la *uretra* primitiva, canal longitudinal que desemboca en la cloaca. Bajo esta forma, el aparato excretor apenas difiere de los órganos segmentarios o nefridios de los gusanos. Más tarde, cuando la metamerización desaparece, todos esos tubos nefridianos reunidos por el tejido conjuntivo, se aglomeran para formar órganos macizos: los riñones. Este órgano

(1) Especie de trompa de bordes acuchillados que absorbe los productos de la excreción para conducirlos al exterior por un canal (canal de Wolf primitivo).

tiene diferente destino según las diversas clases de vertebrados; en los peces y los batracios persisten los riñones toda la vida y son verdaderos órganos de excreción; en los reptiles, las aves, los mamíferos, se forman en el embrión, luego se reabsorben muy pronto, y son reemplazados por otro par de riñones que funcionarán durante toda la vida del adulto. Sólo se conservan conductos de los riñones primitivos para convertirse en conductos genitales. En los peces (los selacios, los ganoides), la expulsión de los productos sexuales se efectúa por canales tomados al aparato urinario, con arreglo a una disposición que se encuentra en todos los otros vertebrados. La uretra primitiva está dividida en dos canales paralelos: el canal de Wolff, que continúa funcionando como uretra, y el canal de Müller, independiente del riñón que desemboca en la cloaca. Estos dos canales están en estrecha relación con el aparato genital; pero mientras que el canal de Müller no entra en conexión más que con el aparato femenino, el canal de Wolff no entra en conexión más que con el aparato masculino.

En el feto humano los riñones primitivos aparecen al principio, y son semejantes a una nefridia de anfioxo; más tarde desaparecen para ceder el sitio a los riñones definitivos; sólo persisten los canales excretorios.

## CAPÍTULO V

### El aparato digestivo

Los protozoarios no poseen aparato digestivo; no obstante, se pueden observar en ellos fenómenos de digestión; la amiba, por ejemplo, gracias a sus pseudópodos, puede apoderarse de partículas alimenticias que envuelve en su protoplasma; la parte asimilable de esos corpúsculos es transformada por una *diástasis* producida por un jugo digestivo, cuya producción resulta de la formación de una vejiga alrededor de ese cuerpo extraño. En las medusas, las hidras (coelenterados), la cavidad digestiva se compone de una bolsa provista de un orificio único para la entrada de los alimentos y la expulsión de los residuos, cuya cavidad está prolongada, por cada lado del orificio, por brazos o tentáculos.

En estos animales inferiores, el huevo, en su estadio de gástrula, no es otra cosa más que la bolsa estomacal que puede llenarse de líquido en el que flota este organismo. Las células periféricas pueden de esta suerte, unas por el interior, otras por el exterior, absorber las partículas nutritivas que se hallan a su alcance.

Esta cavidad se convertirá, en el curso de la evolución, en la cavidad digestiva.

En el erizo (equinodermo), el tubo digestivo está más especializado; formado por un tubo contorneado sobre sí mismo, se abre en las dos extremidades: por la boca y por el ano. La boca, situada en la parte inferior, tiene un aparato masticador: la *linterna*; las cinco pirámides calcáreas que la forman, están cada una provista de un diente. En los gasterópodos (moluscos), se encuentra en la cavidad bucal un aparato masticador: la *rádula*; el tubo digestivo, encurvado en forma de *u*, está envuelto por un glánde que desempeña la función de hígado y de páncreas a la vez.

En cuanto a los artrópodos (insectos), representan un estadio más perfeccionado; su aparato digestivo tiene la forma de un tubo abierto en sus extremidades, que ofrece dilataciones o hinchamientos: buche, molleja, ventrículo quilífico, intestino, más o menos variables. Los canales de Malpighi o canales urinarios se abren en el intestino.

En los vertebrados va en aumento la complejidad. El aparato digestivo comprende cuatro partes principales: la *cavidad bucal*, donde se opera la masticación de los alimentos; el *esófago*, que conduce al *estómago* los alimentos, que son disueltos y transformados en una papilla líquida; el *intestino*, en el cual se opera la transformación química y la absorción de los alimentos.

A este tubo digestivo van adheridas dos glándulas salivales, un hígado y un páncreas, que tienen sus funciones propias. La cavidad bucal está provista de dientes, que sirven muy especialmente para la prehensión de los alimentos; en los mamíferos sirven, además, para la masticación. Faltan los dientes

en ciertas especies, sea a consecuencia de una regresión (aves, tortugas), o sea que el tipo haya estado siempre privado de ellos (los ciclóstomos). Otras veces son reemplazados por producciones córneas (pico de las aves, barbas de las ballenas...).

Primitivamente los dientes pueden existir en cualquier punto de las paredes bucales (1); pero en los mamíferos y los cocodrilidos se han localizado sobre cada mandíbula.

En los peces cartilaginosos, el aparato digestivo es rectilíneo, con una ligera dilatación estomacal; pero la parte inferior ofrece una disposición en la que se puede ver el proceso de la formación de las asas. Están éstas representadas por vueltas en espiral, no separadas todavía: el repliegue especial, que produce el efecto de aumentar el trayecto intestinal y la superficie de absorción. En el anfibio, la cavidad digestiva es un tubo prolongado cuya extremidad anterior es la abertura bucal, y la extremidad posterior el poro abdominal.

El embrión humano presenta en sus comienzos, hacia la edad de cuatro semanas, una organización parecida. El tubo digestivo que ha sido formado por el folículo interno, no es otra cosa más que la cavidad general cuya abertura está representada por la boca. El cuerpo se ha prolongado, y el tubo ha seguido el mismo proceso. En aquel momento aparece una dilatación a lo largo del tubo digestivo: es el estómago. Pero este tubo, en una de sus partes, se ha prolongado con mayor rapidez que el mismo

(1) Los labios, la lengua, la bóveda del paladar y hasta la garganta.

cuerpo. Es el sitio en que el cuerpo fetal (1) está unido a la placenta (2).

De ello resulta que para llegar a alojarse en la parte abdominal, el intestino ha tenido que describir sinuosidades y formar asas. Este intestino está formado por el folículo interior; queda, pues, relacionado con los productos del folículo medio y especialmente con la columna vertebral. Las partes adyacentes de esta columna están unidas a ella por un tejido fibroso: el *mesenterio*, que se extiende y se desarrolla cuando junta las partes sinuosas.

El tubo digestivo de las aves presenta divisiones marcadas; un esófago, a menudo acompañado de un buche; un estómago glandular o vesícula sucen-  
turiada que segrega el jugo gástrico; una molleja, bolsa de paredes musculares, destinada a triturar los alimentos. Mientras que en los rapaces las paredes son delgadas y poco musculosas, en los granívoros, al contrario, son muy recias y con revestimiento córneo interno. El intestino sigue a la molleja; más o menos contorneado, recibe los canales excretores del páncreas y del hígado, y tiene dos *cæcums*. En la bolsa o cloaca en que va a abrirse, desembocan los uréteres y los conductos genitales. Las aves actuales no tienen dientes, pero los tenían sus antepasados fósiles, como el *arqueopteryx* y el *ictiornis*. Por otra parte, se encuentran gérmenes dentarios en ciertos embriones; después esos gérmenes desaparecen sin dejar huellas.

(1) Como el lector no ignora, llamamos feto al embrión humano.

(2) La parte del huevo humano que se adhiere a la pared uterina y provoca relaciones nutritivas entre el organismo materno y el feto.

El estómago de los mamíferos es bastante sencillo en general; pero en ciertos casos, para facilitar la digestión de alimentos de difícil o lenta asimilación, aumenta el número de las dilataciones del tubo digestivo. En los rumiantes se compone de cuatro bolsas: la panza, el capuchón, el folículo, el cuajar o cuajo; este último es el verdadero estómago que segrega un jugo gástrico ácido.

El intestino de los mamíferos varía en longitud según el régimen del animal. Cuanto más carnívoro es el régimen, menos largo es el intestino (1); cuanto más herbívoro, más largo se presenta el intestino (2).

La dentadura y la forma de los cóndilos de la mandíbula inferior varían con el régimen del mamífero; en algunos, llamados heterodontes, el hombre, por ejemplo, los dientes presentan diversas formas; en otros, llamados homodontes, como el tatú, el cachalote, todos los dientes son semejantes entre sí. Los primeros tienen dos dentaduras sucesivas; los segundos no tienen más que una sola. Con arreglo al modo de alimentación del animal, cada uno de sus dientes, los caninos, los incisivos, los molares, se desarrolla o atrofia. Esto puede llamarse adaptación del sistema dentario al régimen alimenticio. Todos los animales omnívoros tienen una dentadura completa; los carnívoros tienen los molares especialmente desarrollados; sus premolares hasta han recibido, a causa de su fuerza particular, el nombre de dientes carnívoros. En los rumiantes, la dentadura

(1) El intestino del gato tiene dos metros de longitud; el del perro cinco metros.

(2) El del caballo tiene veinticinco metros de largo; el del buey cincuenta metros.

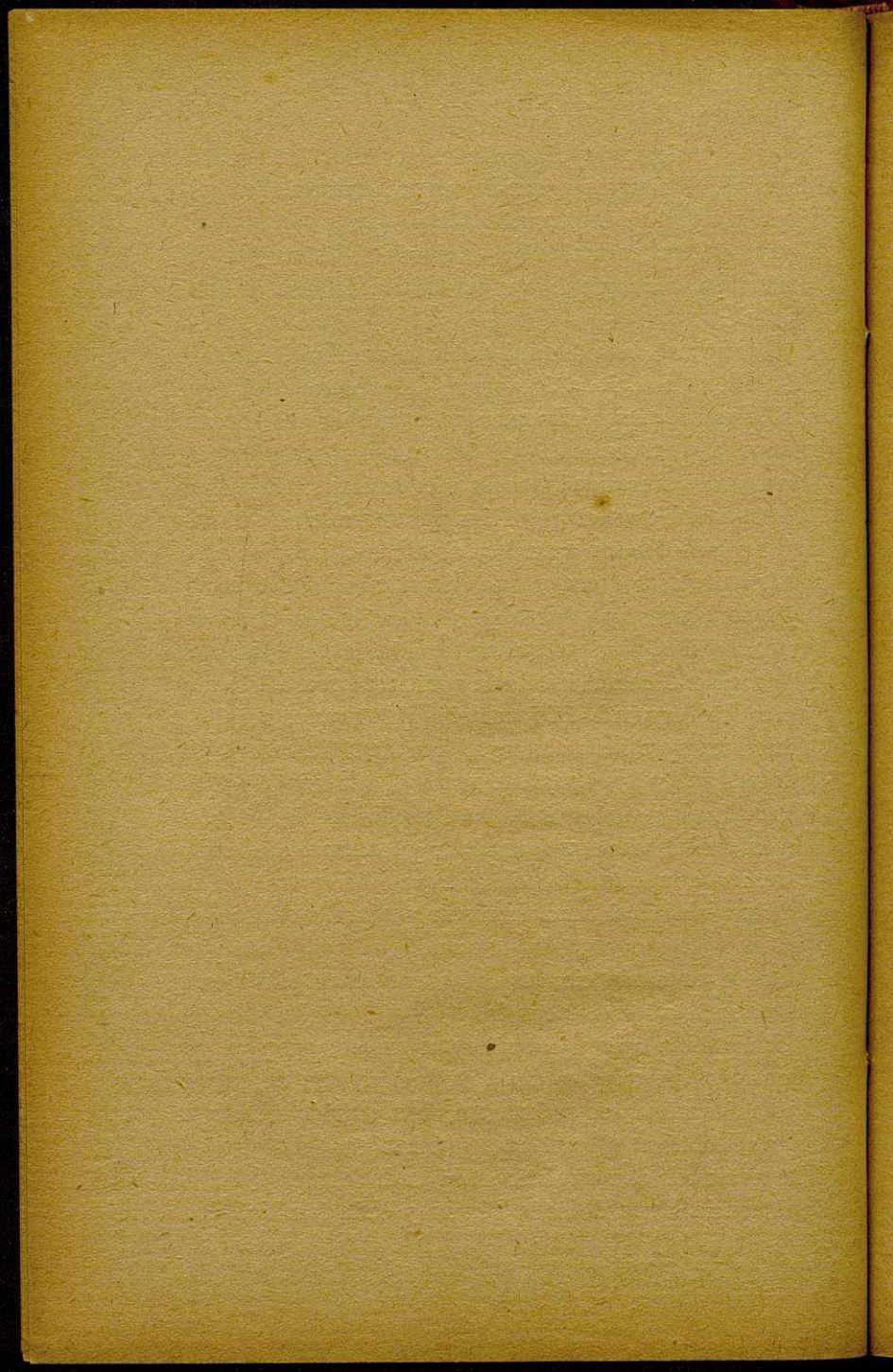
es incompleta; la mandíbula superior carece de incisivos. El lugar en que faltan los caninos, ha recibido el nombre de *barra*.

En ciertos animales los caninos se desarrollan de una manera anormal, apropiada a la defensa (jabalí, gorila).

La forma del cóndilo de la mandíbula inferior varía con arreglo a la forma del sistema dentario del animal y su régimen. En los herbívoros es casi llano, a consecuencia de los movimientos dominantes de lateralidad; en los roedores tiene la forma de un cilindro anteroposterior para permitir los movimientos de delante a atrás y de atrás hacia adelante.

Los diversos órganos que encontramos en el hombre, son, pues, producto de una evolución de cada uno de ellos para adaptarse más a las condiciones del medio. El tránsito de la vida acuática a la vida aérea ha requerido la formación de órganos respiratorios nuevos: los pulmones, que han transformado progresiva, pero completamente el sistema circulatorio. Los tegumentos se han modificado en razón de la nueva vida que llevaban los animales; siendo otra la alimentación, el sistema digestivo y sus anexos con el sistema excretor se han modificado, y todos estos órganos han tomado, adaptándose a la vida de cada especie, los caracteres anatómicos que actualmente les conocemos.

El sistema óseo y el sistema nervioso, que son los elementos principales de la evolución, una de cuyas ramas termina en el hombre, han sufrido también esta evolución progresiva general con numerosas desviaciones características de cada especie y con frecuencia hasta de cada género y cada familia.



## LIBRO III

---

### El desarrollo ontogénico

Hemos estudiado, hasta el presente, los seres vivos en su evolución *filética*, es decir, en la transformación de las familias en el decurso de un tiempo muy largo.

Hemos establecido una especie de línea ideal que reunía los seres de todas formas y de todas funciones. Hemos señalado cómo podía establecerse esta línea ideal y cuán numerosos eran los eslabones que la constituían. No obstante los anillos rotos aquí y allá, conserva su aspecto de continuidad. Indica claramente el sentido de la evolución de los seres.

Vamos ahora a llenar las lagunas estudiando la evolución individual de los seres vivos. Cada ser, como demostraremos, atraviesa, en el corto período de la gestación, por los estadios que han pasado en el tiempo los antepasados de que deriva. La ciencia que nos permite este estudio es la *embriología*.

EVOLUCIÓN DE UN PROTOZOARIO. — Todo ser vivo procede de una célula. Los seres más simples, los *protozoarios*, formados por una célula única, ofrecen ya en su evolución interesantes variaciones.

LOS METAZOARIOS. — En los metazoarios, o seres compuestos de agrupaciones de células, están presentando variaciones considerables en las formas y en las funciones. La célula, en esos seres, conserva, no solamente su vida propia, sino que adquiere por la acción de los lazos de solidaridad que la unen a los otros, funciones diversas muy múltiples que provocan cambios y variaciones individuales.

Vamos, pues, a examinar primeramente una colonia celular en la que cada individuo conserva su independencia sin otras relaciones que las de vecindad y de medio con los individuos semejantes de la colonia.

Para precisar las ideas, tomemos una colonia de *amibas* que vivan en un medio acuático que contenga elementos nutritivos. La amiba, tomada separadamente, presenta al examen un cuerpo compuesto por una gotita de protoplasma envolviendo un núcleo central. Dicho protoplasma es fluido, capaz de movimientos diversos, provocados por las reacciones de su substancia a la luz, al calor, a la gravedad, a los excitantes químicos, etc.

Bajo la influencia de esas fuerzas diversas cada amiba prosigue su vida de ser monocelular, respirando y, por consiguiente, oxidándose, absorbiendo alimentos y transformándolos en su substancia, continuando en equilibrio su masa si la suma de sus pérdidas por desasimilación es igual a la suma de sus aportes por asimilación. Si éstos son más débiles, la célula desaparece y muere; si, por el contrario, sobrepujan, la célula aumenta. Pero este acrecentamiento tiene un límite. La amiba no puede exceder de un máximo de grandor. Alcanzado dicho má-

ximum, el cuerpo del animal es teatro de un fenómeno cuyo resultado es su división en dos partes aproximadamente iguales; cada una es una amiba nueva de escasa dimensión, dispuesta a empezar una nueva existencia cuya conclusión será, continuando iguales todas las condiciones de vida, otra bipartición.

Si la colonia que examinamos está confinada en un medio reducido, aunque dicho medio esté provisto de elementos nutritivos por frecuentes aportaciones, la veremos, al cabo de algún tiempo, víctima de un deperecimiento marcado de los individuos y de una inaptitud mayor cada vez para la bipartición. Muchas amibas presentarán los caracteres de un protoplasma que se contrae, se envuelve en una membrana más recia y más sólida y se incapacita para aquellos movimientos reaccionales tan sensibles en los comienzos. La colonia ha envejecido y sus elementos degeneran. Si examinamos una de esas amibas afectadas de decrepitud, podemos comprobar una atrofia sensible del núcleo. Si las cosas continuasen en tal estado, la muerte absoluta de la colonia sería el término de aquel conjunto de fenómenos.

Pero si cambiamos de medio a los individuos, y si disponemos las cosas de tal suerte que pongamos nuestra colonia envejecida, entrada en la senectud, ante otra colonia, aunque también ella esté afectada de caducidad como la primera, veremos cómo se producen nuevos y notables fenómenos. Las amibas envejecidas se reúnen, se acoplan de dos en dos con las otras y forman individuos nuevos, llenos de vigor y de actividad, punto de partida de una colonia

rejuvenecida en la que la vida continuará en nuevas condiciones de fuerza y de energía.

No todos los individuos de la colonia alcanzan en un estado de muerte aparente el *rejuvenecimiento por conjugación*. Muchas amibas han muerto. Sólo algunas se han rodeado de una costra protectora y han podido aguardar, viviendo una existencia amortiguada y, por decirlo así, reducida a su más simple expresión, las condiciones normales de vida.

No hay analogía completa con el ser organizado; pero podemos, sin embargo, señalar que las colonias celulares cuya asociación constituye los animales o los vegetales superiores, viven y se reproducen de una manera semejante, en las líneas generales, a la de esas colonias de amibas: el organismo aumenta, crece hasta el momento en que es capaz de emitir células nuevas, punto de partida de nuevas existencias. El mecanismo de estos fenómenos se hace más complicado a medida que nos elevamos en la escala de los seres (1).

EL CUERPO HUMANO COMPARABLE A UNA COLONIA CELULAR. — Sin generalizar las analogías, cosa que podría no ofrecer utilidad para este estudio, examinemos de qué manera procede el grupo celular que constituye el cuerpo humano.

El cuerpo humano, según M. Dastre, comprende 30 trillones de microorganismos, 60 trillones, según el parecer de M. Le Dantec.

Estas evoluciones no ofrecen otro interés más

(1) Véase, para lo que se refiere a la evolución de un protozoario, el tercer volumen de esta *Enciclopedia, El origen de la Vida*, por J. M. Pargame.

que el de señalar el número casi infinito de protozoarios que nos componen.

Cada célula conserva su vida propia y procede en la asociación de que forma parte como un individuo aislado, prosiguiendo hasta el límite posible un acrecentamiento individual.

Por la división de funciones y la especialización que de ellas resulta, las células tienen impotencias funcionales que eliminan la independencia. Una ameba puede, para vivir, prescindir del concurso de los otros individuos del grupo de que forma parte, puesto que es capaz de todas las funciones biológicas, y siempre que encuentre un medio favorable a su desarrollo, vive en él y se reproduce. Una célula originaria del grupo celular que constituye el cuerpo humano, no puede vivir sino con la cooperación de las otras células, y muere si aquella ayuda y aquella colaboración le faltan.

En este grupo, colectividades de individuos se reparten las funciones. Unos, los únicos capaces de absorber el oxígeno de la atmósfera, lo distribuyen a los otros en la proporción necesaria. Otros, irritables, sensibles, provocan las sensaciones y presiden las relaciones del mundo exterior con el conjunto celular; otros hay susceptibles de absorber los elementos nutritivos, que los dosifican a los estacionados que no pueden ir a buscarlos; finalmente, un grupo de dichas células, en determinado momento de la vida de la colonia, se reproduce de una manera especial y emite organismos incapaces por sí mismos de dar origen a una nueva colonia; pero que una vez unidos a otros individuos originarios de una agrupación celular diferente, que viven en medio dis-

tinto, pueden ser el punto de partida de una nueva asociación, cuyo desarrollo y la especialización de las unidades distintas para diversas funciones, constituyen un ser humano nuevo (1).

Examinamos aquí la agrupación celular humana. Otras agrupaciones celulares proceden de distinta manera con relación a la emisión de estas células reproductoras. A las veces esta célula inicial es, sin acomplamiento previo, el punto de partida de una descendencia que termina en el establecimiento del ser definitivo. No obstante, esta manera está limitada a algunas generaciones. Tal es el caso del pulgón del rosal, de la filoxera, de las abejas, fenómeno conocido bajo el nombre de *partenogénesis*. Esta partenogénesis no puede ser continuada en las especies, y debe ser, para el normal desarrollo de esta especie, alternada con la reproducción por *rejuvenecimiento kariogámico*.

En el hombre y en los animales superiores es una célula especial la que da origen al ser nuevo. Esta célula no puede reproducirse sin haber sido modificada por una célula fecundante. He ahí como en el curso de la evolución, de la cual no hemos dado aquí más que los términos extremos, no considerando superiores más que el protozooario y el metazooario, se ha especializado la función de reproducción. Esta función necesita la conjunción de los dos órganos:

(1) La fotografía y el cinematógrafo, su brillante aplicación, prestan, según lo demuestran recientes estudios y ensayos coronados por un éxito feliz, un inestimable concurso a esta rama de las ciencias naturales.

Dentro de poco sorprenderemos los misterios de la vida, que será posible presentar *gráficamente* ante los ojos del espectador atónito.

Veremos entonces donde los deístas colocan a su dios. — *Nota del traductor.*

el órgano masculino y el órgano femenino. Es como si el fenómeno del rejuvenecimiento kariogámico fuese necesario a cada reproducción, y dicho rejuvenecimiento estuviese en las atribuciones de una célula fecundante especializada.

EL HUEVO. — La célula o las células reproductoras dejadas en libertad son organismos vivientes, pero incapaces de dividirse en dos y de dar origen a una colonia celular que se organizará después. A fin de saber de qué manera esta célula irá hacia la célula emitida por otra colonia, estudiemos el fenómeno de la fecundación en el erizo o en la ascáride del caballo. Estos son los animales en los que se pueden seguir con mayor facilidad las diversas fases de esta fecundación. En el hombre y en los animales superiores, el proceso de la fecundación queda oculto en el cuerpo de la hembra; es imposible conservar la célula hembra fuera del organismo para fecundarla experimentalmente por la célula macho.

En el agua de mar es donde se produce la fecundación de los huevos de erizo; las células reproductoras emitidas por la hembra, son transparentes y con facilidad podemos ver en ellas la *bipartición*.

En un recipiente conteniendo agua de mar, diluyamos un fragmento de glándula genital hembra, y en otro recipiente dispuesto de la misma suerte diluyamos un fragmento de glándula genital macho. Mezclemos ambos líquidos, y después de haber puesto una gota de él en la lámina del microscopio, examinemos lo que va a tener lugar.

La célula reproductora hembra tiene su protoplasma envuelto en una capa gelatinosa bastante delgada. Sobre aquella envoltura, como atraídas por

ella, van a fijarse las células reproductoras machos, pues éstas tienen su masa protoplásmica terminada por una cola capaz de movimientos ondulatorios propulsores.

Bajo la influencia de tales movimientos, las células machos caminan a través de las capas gelatinosas al encuentro del protoplasma de la célula hembra. Una de las células machos alcanza aquel protoplasma que, levantándose en forma de pezón, sale a su encuentro. Desde que se establece el contacto, el protoplasma de la célula hembra se contrae, se aparta de la capa gelatinosa y se separa de ella por medio de una zona líquida, oponiéndose a la marcha de las células machos restantes. La masa celular macho y la masa celular hembra así unidas, juntan sus núcleos en uno único, y, desde entonces, la célula nueva está en aptitud para vivir, para crecer, para bipartirse, y para constituir un grupo celular que será un erizo perfecto. Esta célula nueva es un huevo, resultado de la conjunción de una célula hembra u *óvulo*, con una célula macho o *espermatozoide*.

La figura teórica (fig. 65) muestra bien la serie de actos que se realizan en el fenómeno de la fecundación. Si comparamos esas figuras, con las que hemos dado en el volumen precedente de la *ENCICLOPEDIA*, nos daremos cuenta de la similitud que existe entre ellas y las de los diferentes estadios de la evolución de los seres.

Este fenómeno tan complejo se produce, salvo algunas variaciones de detalle, de arriba a abajo en la escala de los seres. Hasta existen entre ciertas especies animales y ciertas especies vegetales analogías muy notables; no citaremos más que la repro-

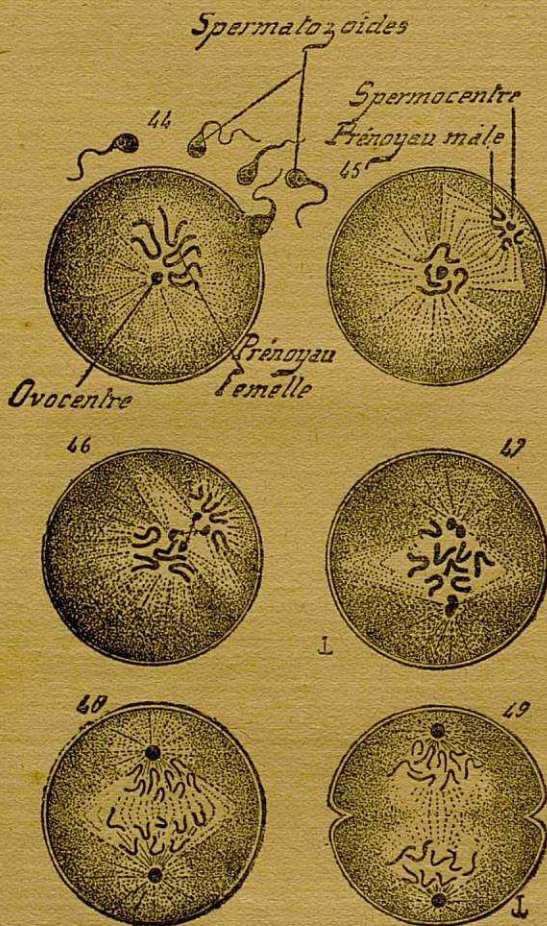


Fig. 65. — Figura esquemática que pone de manifiesto los diversos estados de la fecundación.

ducción de los fucos y los curiosos experimentos a que da lugar, y que Thuret fué el primero en realizar hacia 1850.

En el hombre se realiza el acto de la fecundación de la misma manera, y, salvo las condiciones particulares secundarias, encontramos en él los mismos elementos y procedimientos iguales.

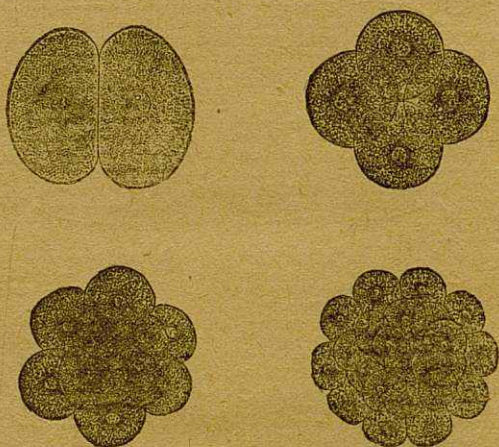


Fig. 66. — Divisiones sucesivas de una célula fecundada.

Estudiemos, pues, ahora el huevo humano y veamos de qué manera procede esta célula inicial para pasar de la forma protozoaria a la forma compleja que es el ser definitivo: el hombre. Este estudio es conocido con el nombre de *ontogenia*. Los embriólogos la han dividido en *embriogenia* o estudio de las transformaciones del embrión, en *organogenia* o estudio de la transformación de los órganos primordiales del embrión en órganos definitivos del adulto. Otro estudio debería completar éste para constituir la ontogenia, el de las modificaciones sufridas por los órganos del feto para adquirir todo su

valor orgánico y funcional; podríamos llamarle la ontogenia post-embriónica o post-fetal.

Para limitar el asunto, no comprenderemos bajo el nombre de ontogenia más que una parte tan sólo de esta ciencia. Insistiremos, sobre todo, acerca de la evolución embriónica propiamente dicha y solamente nos detendremos en la evolución del feto.

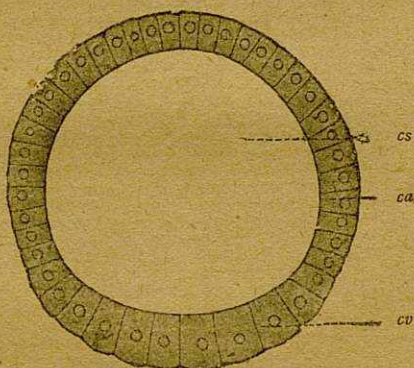


Fig. 67. — Blástula del anfibio.

*cs*, cavidad de segmentación; *cv*, células vegetativas más abundantemente provistas de vitelio; *ca*, células animales; *em*, zona marginal.

**DIVISIÓN DE LA CÉLULA (ESTADÍO MÓRULA). —** La célula, fecundada por la reunión de los dos elementos, procede primeramente como cualquiera otra célula. Luego se segmenta y se multiplica, siguiendo una progresión geométrica en la forma siguiente: 2, 4, 8, 16, 32, etc., células hijas.

Estas células continúan unidas, agrupadas, y su conjunto llega a constituir un conglomerado de pequeñas células redondeadas parecido a una mora, en razón de lo cual se le llama *mórula* (fig. 66).

Los esponjarios emiten células embrionarias que en el agua se segmentan así y constituyen de la propia manera *mórulas* análogas.

Esta forma larvada es la de un individuo fijo. Otras larvas de esponjarios, que deben moverse en el medio acuático, tienen células externas provistas

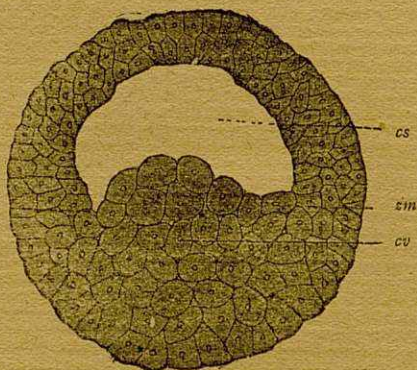


Fig. 68. — Blástula del tritón toeniatus.

cs, cavidad de segmentación; cv, células vegetativas más abundantemente provistas de vitelio; ca, células animales; zm, zona marginal.

cada una de una pestaña vibrátil, cuyo movimiento coordinado permite que la larva se mueva.

ESTADÍO BLÁSTULA Y GÁSTRULA. — El estadio *mórula* es poco duradero. Muy pronto las células se disponen todas en la periferia y constituyen una esfera hueca cuya superficie, formada por el conjunto de las células, dará una envoltura cuyo centro está lleno de líquido. Esta forma embrionaria representa el estado *blástula* (fig. 67-68) y deriva de *blastos*: yo formo.

Si siguiéramos en sus transformaciones a la larva

de esponja, veríamos cómo sus células se disponen de la misma manera que en el embrión humano.

En este momento de la evolución ontogénica cesan las identidades. Los seres vivos detenidos en el estadio blástula, afectan segmentaciones celulares diferentes de las que observamos en el embrión humano.

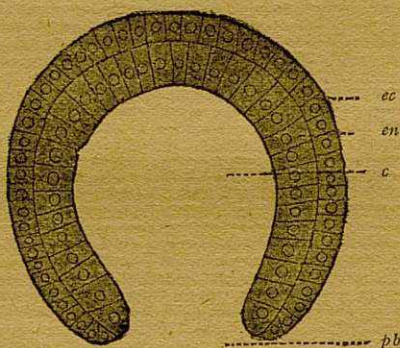


Fig. 69. — Gástrula del anfibio, según Hatschek.  
*ec*, folículo germinativo externo; *en*, folículo germinativo interno;  
*c*, intestino primitivo; *pb*, boca primitiva.

Esta falta de identidad es el resultado de la fijación del huevo en el embrión humano, y de la necesidad para las células nuevamente formadas, de nutrirse de reservas vitelinas antes del establecimiento de las relaciones anatómicas de este huevo con el órgano especial de la madre.

Este hiatus en la ontogenia no indica un fenómeno especial particular del grupo humano. Los mamíferos, y en general los vertebrados, sufren en su evolución ontogénica semejantes transformaciones.

Uno de los polos de la blástula se aplana y se invagina hasta el punto de que las dos caras internas

se recubren. Como se puede ver en las figuras 69, 70, 71, 72, tenemos una bolsa de dos folículos cuya abertura se estrecha gradualmente. Es el estadio *gástrula*. En el embrión del vertebrado el estadio *gástrula* (de *gaster*, estómago) es difícil de comprobar.

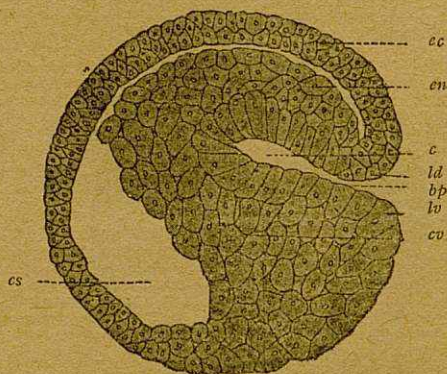


Fig. 70. — Corte longitudinal y medio de un huevo de tritón que señala la formación de la gástrula.

*ec*, folículo externo; *en*, folículo interno; *cs*, cavidad de segmentación; *c*, «*caelenteron*» (1); *bp*, blastoporo; *ld*, labio dorsal; *lv*, labio ventral del blastoporo; *cv*, células vitelinas.

La masa vitelina, la formación de los amnios y de la alantoide, privativas de los animales superiores, en cuyo detalle no podemos entrar, disimula la semejanza. Pero no por ello queda rota la cadena de los hechos.

El embrión, después de las segmentaciones, se presenta bajo la forma de una masa mucosa prolongada, parecida a un gusano. Si examinamos la

(1) Este término, y algún otro, que el lector encontrará como éste, impreso en cursiva y entre comillas, va así por no haber sabido hallar, no obstante toda mi diligencia, el correspondiente término castellano. — *Nota del Traductor.*

forma y la disposición de las células veremos que se han dispuesto en masas análogas alrededor y a lo largo de un eje más resistente llamado *cordón dorsal*.

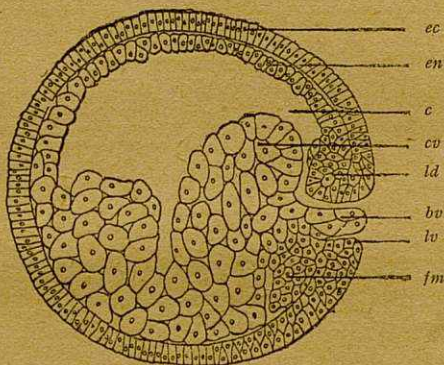


Fig. 71. — Corte longitudinal y medio de un huevo de tritón al final de la gastrulación.

*ec, en, c, cv, lv*, como en la figura 70; *bv*, tapón velilino; *fm*, folículo medio.

La cavidad de la gástrula se ha prolongado y se extiende de un extremo a otro del embrión y forma como un intestino. Estamos frente a frente de un gusano de metamerizaciones claramente indicadas. Salvo la aparición de un núcleo nervioso, nuestro embrión tiene no solamente la constitución, si que también la apariencia morfológica de un turbelariado.

APARICIÓN DE LA MÉDULA ESPINAL. — Si seguimos el desarrollo progresivo de este embrión, vemos a lo largo y sobre el cordón dorsal células, exteriores o exodérmicas que se diferencian, envolviéndose en un cordón prolongado, en un tubo de células de origen externo. Es el bosquejo de la *médula espinal*. Las

células sensibles, al principio dispuestas sobre los tegumentos, se organizan en un sistema sensitivo más y más perfeccionado cada vez. En la parte

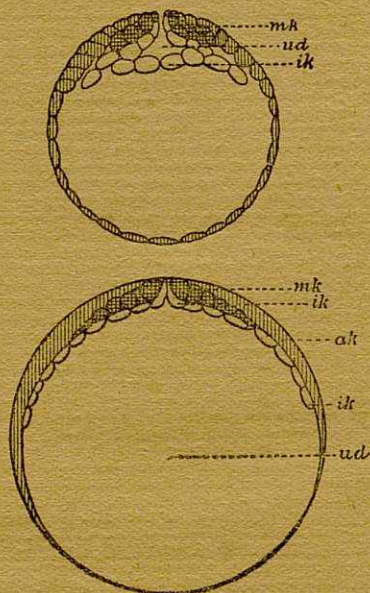


Fig. 72.—Esquemas destinados a hacer comprender la gastrulación en los mamíferos. (Figuras un poco modificadas, según Keibel)

*mh*, folículo medio; *ik*, folículo interno; *ah*, folículo externo;  
*ud*, «calenteron».

anterior, en el sitio hacia el cual se abría el orificio de la gástrula, el cordón dorsal se hincha en un esbozo de ganglio cefálico, origen del cerebro.

En aquel momento el embrión humano se parece a la larva de las ascidias, que presenta el mismo desarrollo y la misma constitución. Su sistema ner-

vioso afecta la misma forma y la misma disposición sobre el cordón dorsal.

EL ESTADÍO ANFIOXO. — Hasta aquí el embrión no tiene el carácter de vertebrado. Su cuerpo no es más que una masa prolongada sin consistencia; su sistema nervioso es un cordón hinchado en una extremidad; su intestino es un tubo con orificio de entrada, pero no de salida. La circulación sanguínea se efectúa en un vaso único un poco más dilatado en la parte central.

Pero esta parte dilatada adquiere la propiedad de contraerse; alrededor del cordón dorsal, primitivo sólido, se disponen series de células más compactas; la parte anterior del tubo digestivo se ensancha, las paredes que lo limitan se distienden siguiendo líneas circulares simétricas en relación al eje, y constituyen *hendiduras* branquiales que no pasan de boceto. El vaso ventral envía divertículos hacia esas hendiduras. El embrión humano tiene el aspecto de un pez; su extremidad posterior está prolongada en una cola aplastada; la parte anterior de su tubo digestivo ensanchada; su sistema circulatorio, su médula espinal son característicos. El *anfioxo*, salvo algunos detalles más especializados, a causa de su vida independiente, afecta las mismas disposiciones anatómicas. Como el embrión humano en ese estadio, el *anfioxo* no tiene craneo, carece de esqueleto, aparte del cordón dorsal; como sistema circulatorio, posee un vaso central contráctil en el que la sangre circula de atrás hacia adelante y de donde arrancan en la parte anterior vasos que van a irrigar los arcos bronquiales.

El embrión humano, lo hemos dicho ya, no presenta

más que bocetos de hendiduras branquiales: son repliegues dispuestos de la misma manera que lo

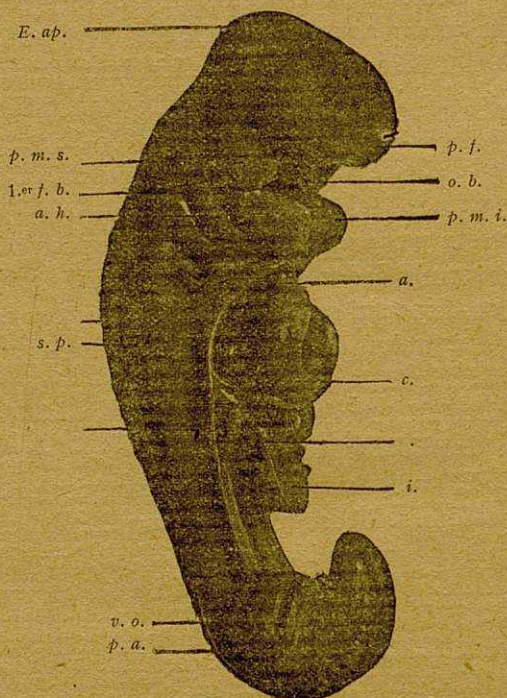


Fig. 73. — Embrión humano de tres semanas, según un modelo de His.  
Se ha suprimido la pared abdominal anterior y el saco vitelino

*E. ap.*, eminencia apical; *p. f.*, prolongación frontal; *o. b.*, invaginación bucal; *p. m. s.*, prolongación maxilar superior; *p. m. i.*, prolongación maxilar inferior; *a. h.*, arco hioideo; *1.ª f. b.*, primera hendidura branquial; *s. p.*, segmentos primordiales; *t. a.*, tronco arterial; *c.*, corazón; *f.*, hígado; *i.*, intestino seccionado al nivel de su continuidad con el canal umbilical; *p. a.*, pedículo abdominal con los vasos umbilicales (*v. o.*).

estarían semejantes órganos colocados en la parte anterior de su esófago (fig. 73).

Las transformaciones van a ser rápidas: acabamos de ver que las hendiduras branquiales no aparecen sino en bosquejo para desaparecer o más bien transformarse en órganos que van a recibir otro destino que el de servir a la respiración. El corazón, al principio simple vesícula contráctil, se organiza, se complica. El sistema circulatorio se fija; los vasos que hemos visto destacarse para dirigirse hacia las hendiduras branquiales, como si fuese a aparecer una organización análoga a la de los peces, se reabsorben, salvo uno de la derecha, que será la arteria aorta, y dos en la parte de abajo que se dirigen hacia dos abultamientos que presenta el tubo digestivo y que se convertirán en pulmones (fig. 74).

APARICIÓN DE LOS MIEMBROS. — En los lados del embrión vermiforme aparecen botones o yemas simétricas que recuerdan las aletas natatorias; una masa celular recubre un esqueleto mucoso primero, cartilaginoso bien pronto. La masa sólida, que es el esqueleto, se dispone en articulaciones movibles una sobre otra. La evolución paralela en la serie animal se observa fácilmente.

DESARROLLO DEL CEREBRO. — En la parte anterior del embrión se ha formado una ampolla, especie de tubo que se divide muy luego en varias partes, porque ciertos puntos se desarrollan más deprisa que otros. Distínguense en ella una serie lineal de vesículas. Vense primero tres, después cinco masas de células nerviosas muy distintas de las células envolventes. Esas masas nerviosas presentan cavidades (fig. 74). Poco a poco, alrededor de ellas, se disponen otras células en barreras protectoras, primero mucosas, cartilaginosas luego, en series alineadas, cuyo cordón

dorsal primitivo es el punto de apoyo. Esta serie se continúa hasta las mismas extremidades de cuerpo en la parte caudal. El aspecto general de nuestro

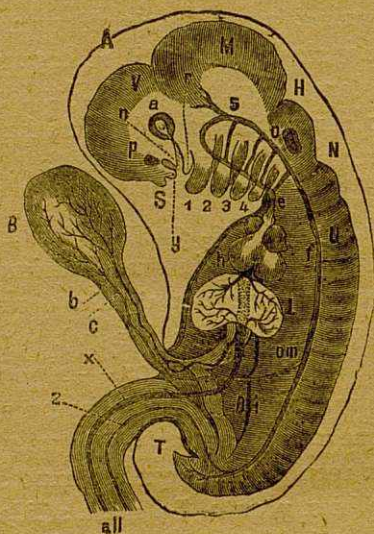


Fig. 74. — Embrión humano en la época en que se han formado las hendiduras branquiales (esquema).

*A*, amnios; *V*, cerebro anterior; *M*, cerebro medio; *H*, cerebro posterior; *N*, postcerebro; *U*, prolovertebras; *a*, ojo; *p*, foseta olfativa; *S*, yema frontal; *y*, yema nasal interna; *u*, yema nasal externa; *r*, yema maxilar superior; 1, 2, 3, 4, los cuatro arcos branquiales, con las hendiduras que les separan; *o*, vesícula auditiva; *h*, corazón con la aorta primitiva *l*, que se divide en cinco arcos aórticos; *f*, aorta descendente; *om*, arteria omfalo-mesentérica; *b*, ramificación de esta arteria en la vesícula umbilical *B*; *c*, vena omfalo-mesentérica; *L*, hígado con las venas aferentes y eferentes; *D*, intestino; *i*, vena cava inferior; *T*, extremidad caudal; *all*, alantoide con una arteria umbilical *z* y la vena umbilical *x*.

embrión es, en aquel instante, el de un pez con aletas natatorias articuladas, pero en el que el aparato respiratorio está cerrado por dos divertículos del esófago.

Esta disposición del aparato respiratorio se encuentra en una infinidad de peces de que ya hemos hablado: los dipneustos.



Fig. 75. — Embrión humano de 15 a 18 días, alojado en sus envolturas. El corión ha sido abierto por una incisión crucial y sus cuatro fragmentos han sido apartados unos de otros.

LA VIDA PLACENTARIA. — Poco a poco el boceto humano se completa. Los órganos rudimentarios se desarrollan, el esqueleto se fortalece, los miembros adquieren su aspecto definitivo. El embrión se convierte en feto. El feto está vivo, podría respirar con sus pulmones, digerir con su aparato digestivo, y su sistema circulatorio está suficientemente bien organizado para permitirle conducir desde el corazón a los pulmones, desde los pulmones al corazón y al

cuerpo el líquido sanguíneo. Pero la vida de aquel pequeño ser carecería de toda protección. Tal es la pequeña sariga o el kanguro pequeño en el momento de su nacimiento. El pequeñuelo sale de la madre en el estado casi embrionario. Se aloja en un repliegue de la piel abdominal materna, y se fija por la boca

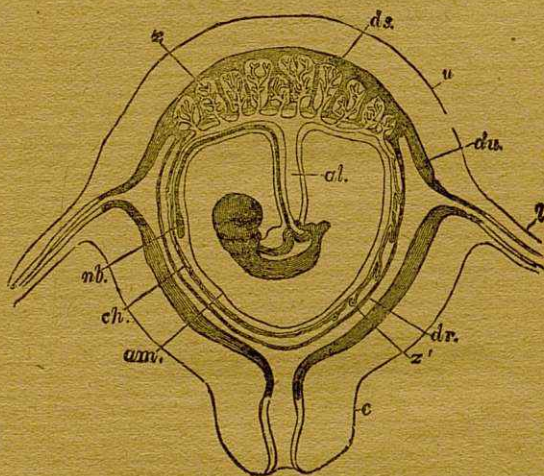


Fig. 76. — Corte esquemático del útero grávido de la mujer.

*al*, pedículo alantoideo; *nb*, vesícula umbilical; *am*, amnios; *ch*, corión; *ds*, caduca serotina; *du*, caduca verdadera; *dr*, caduca refleja, *l*, trompa uterina; *c*, cuello de la matriz; *r*, prominencias de la placenta fetal; *z'* prominencias del corión «*laevæ*».

a retoños o yemas de la piel protegida que segregan un jugo glandular.

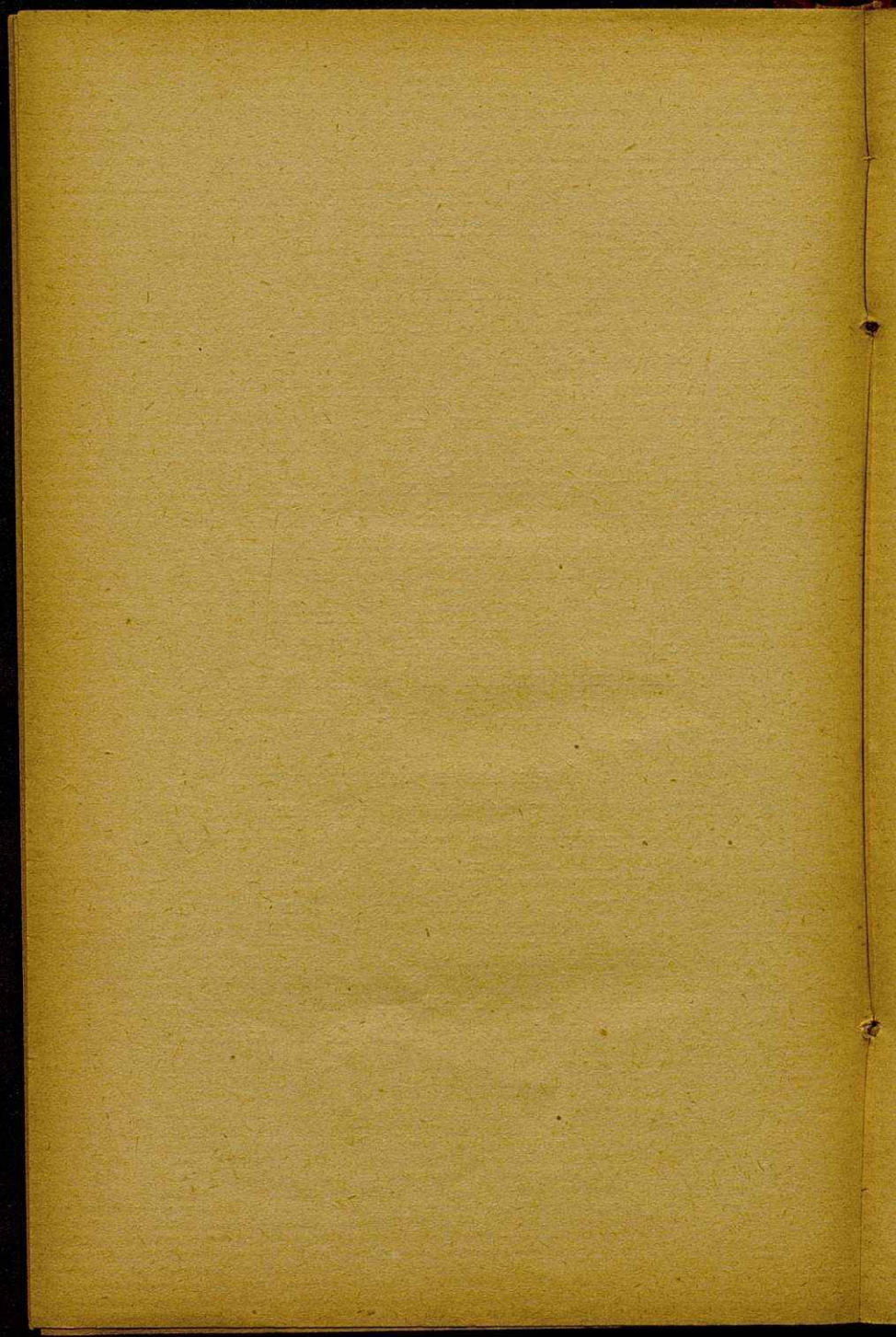
Es un progreso biológico importante aquel de que se aprovecha el feto de los mamíferos superiores. Colocado en el interior del vientre de la madre, rodeado de una envoltura formada a expensas del huevo, el *amnios*, se fija; se establece una vasculari-

zación entre el amnio y el útero de la madre, y la circulación del feto continúa la de la madre, que, con sus propios elementos, forma los del nuevo ser (figs. 75 y 76).

Este alcanza así el momento en que le será posible proveer solo, o casi solo, a su existencia. Es dado a luz. Su evolución no ha terminado y su cerebro no está todavía en estado de funcionar: su inteligencia no existe. No tiene más que movimientos reflejos que se coordinarán, que se convertirán en conscientes y voluntarios. Pero el estudio de esta evolución pertenece a la psicología, que no entra en los límites de este libro. Se ve, no obstante, qué continuidad existe entre los estadios más inferiores y los más elevados del individuo humano.

Este cuadro compendiado de la evolución ontogénica demuestra que, en sus grandes líneas, éste reproduce la evolución que se dibuja a través de la serie animal.

En la paleontología hemos visto proseguirse esta evolución en el curso del tiempo. La hemos encontrado reproducida en la serie de los organismos que viven actualmente. Estas dos evoluciones convergen hacia un mismo individuo, el hombre, que está colocado en la cima de la escala animal. Como última prueba, la ontogenia nos hace ver que el hombre vuelve a pasar en su breve evolución individual por los principales estadios de la evolución de sus antepasados.



## CONCLUSIONES

Las verdaderas conclusiones de un estudio acerca de la evolución de los seres, no pueden ser dadas sino en una obra exclusivamente destinada a estudiar amplia y detenidamente el transformismo y a explicar el mecanismo de esa evolución.

Aquí no hemos tenido otro objeto que poner de manifiesto, con la ayuda de las enseñanzas convergentes de tres ciencias, que los seres se habían transformado en el curso del tiempo, y las formas por que habían pasado. En cuanto los hechos dados en el estudio sobre el origen de la vida, pueden ser afirmados ante la última comprobación de la experiencia, la materia viva puede ser considerada como derivante de la materia bruta. Está, al principio, organizada en formas muy sencillas que, bajo influencias puramente físicas, se han hecho progresivamente más complejas.

Dichas formas han producido organismos que, adaptados a medios más extensos y diferentes, se han desarrollado al fin en las formas actualmente vivientes. Estas formas derivan de una misma fuente, de la que se han separado para seguir caminos muy divergentes y dar una serie evolutiva muy distinta. La más elevada en organización es la de los *mamíferos*, que remata en el hombre. El hombre es, pues, el

término de una evolución, algunos de cuyos aspectos hemos tratado de presentar.

El cuadro del parentesco de las especies que se puede trazar, y del cual la clasificación de M. Giard reproduce bastante bien las líneas, no es continuo. De un mismo tronco parten ramas divergentes que se subdividen también en otras ramas. Pero lo mismo que en un árbol una hoja cualquiera de la copa es un producto del trabajo que se ha realizado en las raíces, así las relaciones entre los diferentes grupos de seres son continuas, aunque no siempre sea directa la filiación. De los *protozoarios* a los primeros *vertebrados*, vemos aumentar en complejidad los organismos vivientes y adaptarse a condiciones de vida cada vez más amplias. En un momento dado de su evolución se comprueba la aparición de un pequeño animal, el *anfioxo*, que deriva de una forma intermedia entre los *invertebrados* y los *vertebrados*. Se han observado grandes analogías entre el embrión del *anfioxo* y el de las *ascidias*, que presenta en sí procesos semejantes a los que se observan en los primeros desarrollos del embrión de los vertebrados. El sistema nervioso de los unos como el de los otros, se forma a expensas de los folículos superficiales del blastodermo. El surco ventral y la columna endoestilaria, se encuentran en el anfioxo y en las larvas de peces ciclóstomos. Finalmente: «Se encuentra en las ascidias una especie de disociación de las particularidades anatómicas reunidas en los vertebrados inferiores, y de nuevo separadas en los vertebrados más elevados en organización. El cordón dorsal del renacuajo, que sólo es transitorio y de escasa importancia en la larva ascidiana, se hace permanente

y adquiere alta significación en el vertebrado; el surco ventral, que se desarrolla sólo en la ascidia adulta, no es más que un aparato embrionario y transitorio en los peces ciclóstomos. Esta disociación que, haciendo desaparecer alternativamente tal o cual órgano, destruye las conexiones generales y desfigura el tipo, es uno de los mejores ejemplos que se puedan dar de la impotencia de la morfología para resolver las cuestiones de este orden, cuando no llama en su auxilio los recursos de la embriología nueva.» (1) Los actuales representantes de esas formas intermedias no se parecen, sin duda, sino muy remotamente a sus antepasados más típicos. Es probable que ni el anfioxo ni la ascidia marquen la línea directa que une los vertebrados a los invertebrados, pues esos antepasados comunes se han modificado y simplificado en el curso de la evolución.

Si examinamos ahora los vertebrados, podemos señalar cómo cada clase ha dado origen a la siguiente, y cuáles son las formas intermedias que marcan los puntos de paso de unos a otros vertebrados.

Los más simples de éstos son los *peces*, que se transforman bastante gradualmente en seres más y más complejos, de los *escualos* a los *peces cartilagosos*, después a los *peces óseos*.

Vienen seguidamente los batracios. Algunos raros tipos de supervivencia ancestral señalan las formas de paso de los *peces* a los *batracios*: son los *dipneustos* (*ceratodos*, *lepidosirenas*) que pueden vivir a la vez en el medio marítimo y en el medio aéreo. Poseen dos aparatos respiratorios que conservan durante

(1) A. Giard. — *L'Embryologie des Ascidies et l'origine des Vertébrés: in Controverses transformistes*, p. 59-60.

toda su vida: branquias para respirar en el agua, pulmones para respirar en el aire.

Los reptiles son, para emplear una imagen, batracios constantemente aéreos, adaptados a ese solo medio. Se puede decir que han derivado de los peces, porque ciertos hechos lo prueban. El reptil joven en estado embrionario, pasa por la forma pez y batracio, inmediatamente antes de llegar a ser un reptil.

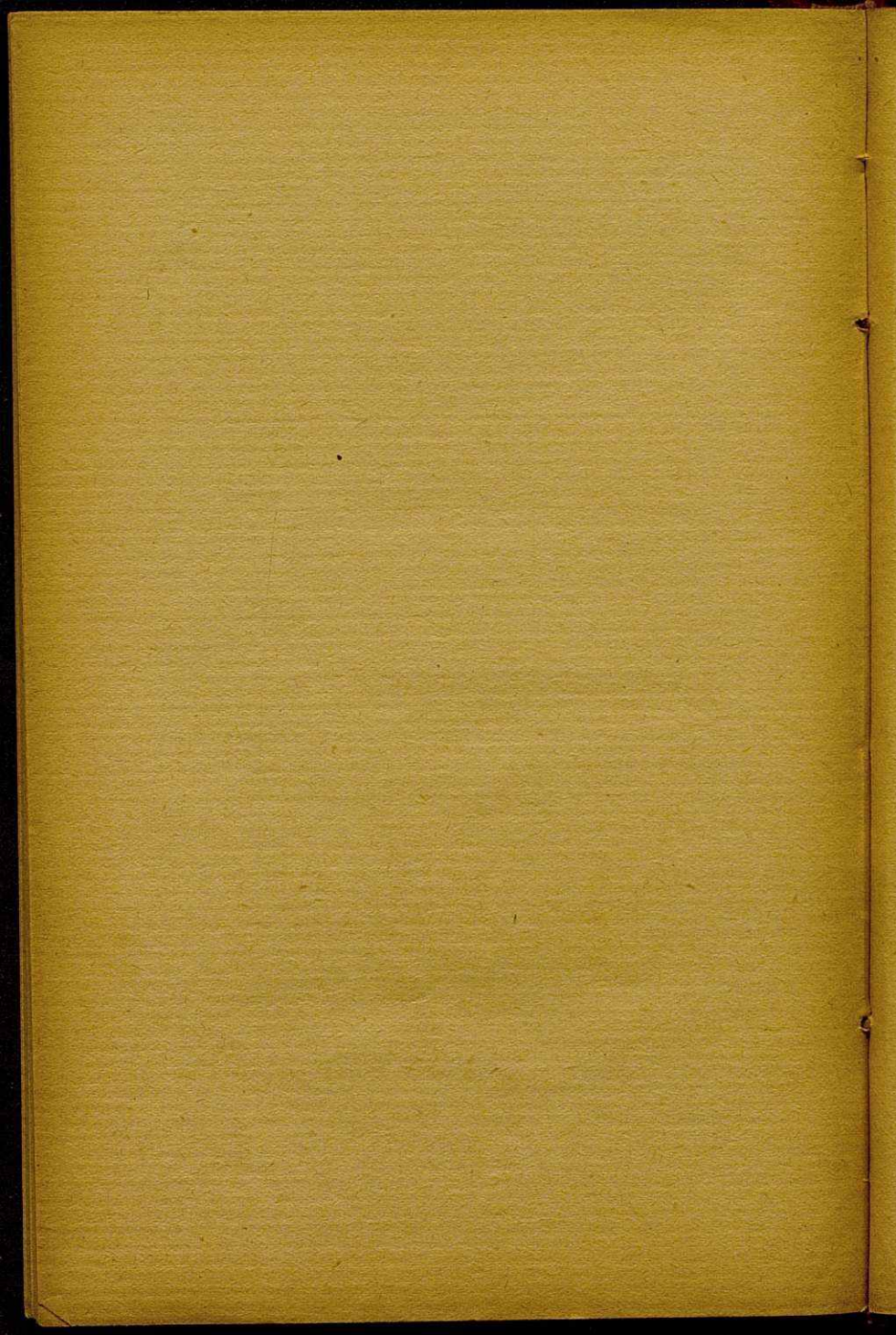
Los seres que marcan la filiación entre los reptiles y las aves, son los dinosaurios: *pterodáctilos* y *arqueópteryx*, en los cuales se ven aparecer progresivamente todos los caracteres de las aves juntamente con algunos de los caracteres de los reptiles.

La clase de las aves se ha desarrollado en un solo sentido, y no ha sido el punto de partida de ninguna nueva clase de seres. Los mamíferos no proceden, pues, de ellos, sino de seres menos perfectos: los reptiles. Conocemos animales que viven actualmente: los *monotremos*, que son un tipo de supervivencia del ser intermedio entre los reptiles y las aves de una parte, los reptiles y los mamíferos de otra. Las dos variedades que se encuentran en Australia: el *equidneo* y el *ornitorinco*, poseen, como las aves, un pico córneo y como ellas ponen huevos; pero tienen el cuerpo cubierto de pelos o de púas como los mamíferos y lactan a sus pequeñuelos salidos del huevo en una pequeña bolsa situada en la parte delantera de su cuerpo. Se observan también en su esqueleto particularidades encontradas en el esqueleto de los reptiles y de las aves, en particular el hueso *caracoides*.

Tal es, en la hora actual, la manera cómo podemos representarnos con las mayores probabilidades de

verdad, la evolución de los seres. Fáltanos conocer cómo se han transmitido en el tiempo los caracteres de cada especie de uno a otro animal: he aquí lo que constituye el objeto de las diversas teorías acerca de la herencia. Este asunto conduce a examinar un grave problema, el de saber cómo fenómenos exteriores consiguieron modificar a los individuos, y cómo se ha efectuado en la evolución la transmisión de esos caracteres nuevamente adquiridos.





# ÍNDICE DE MATERIAS

---

## INTRODUCCIÓN

	<u>Página</u>
Lugar de este volumen en la Enciclopedia.....	5
Ideas generales sobre la evolución de los seres....	6
La prueba de la filiación de los seres .....	11
La anatomía comparada .....	11
La paleontología .....	14
La ontogenia.....	18
Convergencia de las pruebas .....	21
Cómo se ha podido verificar la evolución de los seres	22
La idea de progreso en la evolución .....	26

## LIBRO PRIMERO

### **Paleontología**

CAPÍTULO PRIMERO. — Los restos fósiles de los animales y de los vegetales .....	29
Los principales períodos de la historia de la tierra.....	30
CAPÍTULO II. — Las primeras formas de la vida. — Tiempos archeanos .....	35
CAPÍTULO III. — Las formas vivientes de la era primaria.....	37
Los vertebrados de la era primaria.....	41
CAPÍTULO IV. — Los vegetales de la era primaria.	45
CAPÍTULO V. — Las formas vivientes de la era secundaria .....	48
Crustáceos y moluscos .....	50
Equinodermos.....	51

	<u>Página</u>
Peces y batracios .....	53
Reptiles .....	55
Los primeros mamíferos .....	62
Los vegetales de la era secundaria.....	62
Caracteres generales de los seres de la era se- cundaria .....	62
CAPÍTULO VI. — Las formas vivientes de la era terciaria .....	64
Los invertebrados.....	64
Peces y batracios .....	66
Reptiles .....	66
Aves .....	66
Mamíferos .....	67
Paquidermos de dedos pares.....	76
Rumiantes .....	76
Los proboscídeos .....	77
Los carnívoros .....	79
Los cuadrumanos .....	79
Caracteres generales de los seres de la era ter- ciaria. ....	80
CAPÍTULO VII. — La vida en la época cuaternaria.	82
La aparición del hombre .....	83

## LIBRO II

**Anatomía comparada**

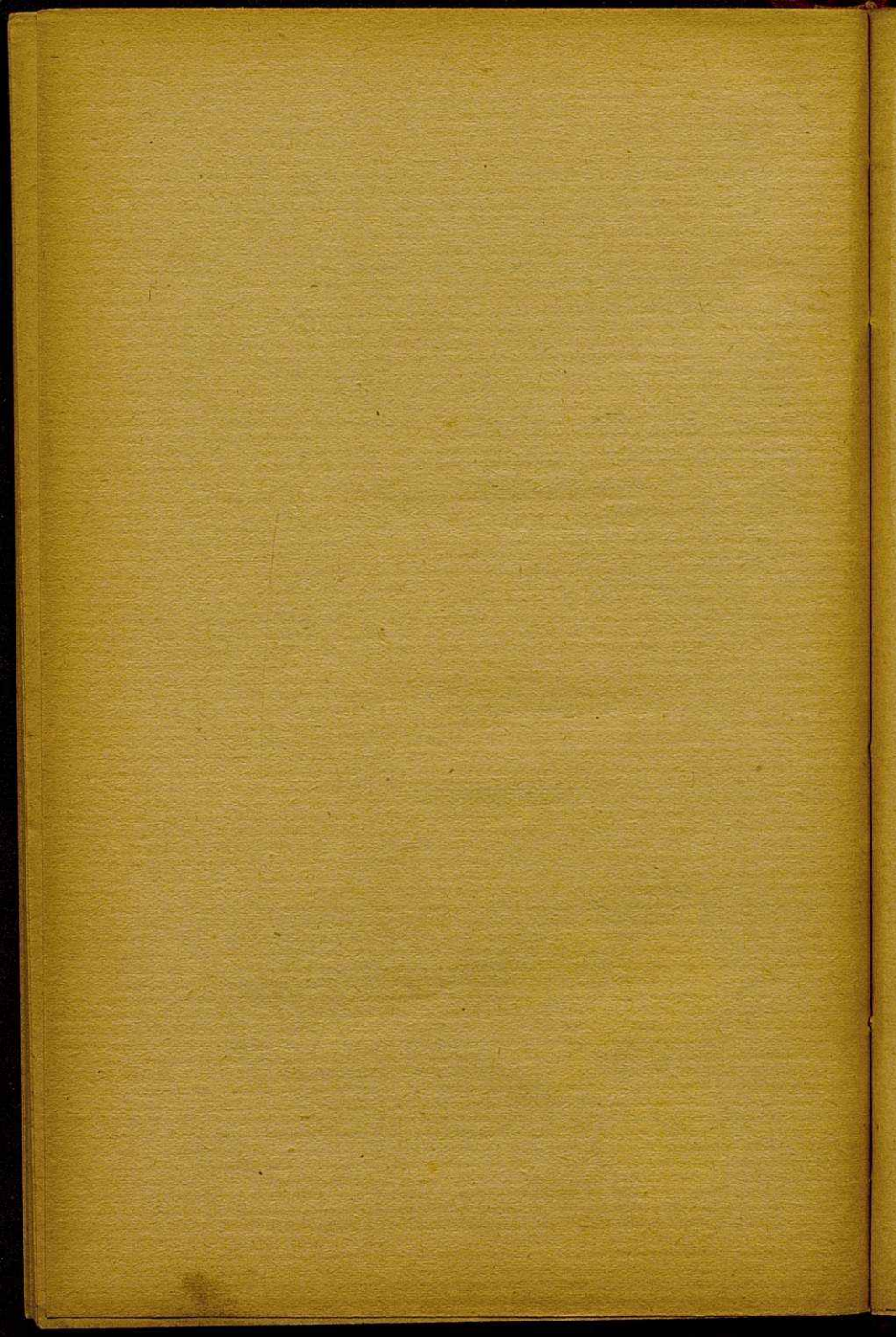
CAPÍTULO PRIMERO. — Evolución del esqueleto....	85
CAPÍTULO II. — Evolución del sistema nervioso. ....	108
Principales tipos de sistemas nerviosos .....	112
Tipo diseminado.....	112
Tipo radiado .....	117
Tipo de collares esofágicos .....	117
Tipo de cadena ventral .....	125
Tipo medio dorsal .....	129
CAPÍTULO III. — Los productos epidérmicos .....	144
CAPÍTULO IV. — El aparato excretor .....	149
CAPÍTULO V. — El aparato digestivo.....	152

## LIBRO III

**El desarrollo ontogénico**

	<u>Página</u>
Evolución de un protozoario.....	159
Los metazoarios .....	160
El cuerpo humano comparable a una colonia celular.	162
El huevo .....	165
División de la célula (Estadio mórula).....	169
Estadio blástula y gástrula.....	170
Aparición de la médula espinal.....	173
El estadio anfioco.....	175
Aparición de los miembros.....	177
Desarrollo del cerebro.....	177
La vida placentaria.....	179
CONCLUSIONES.....	183

---



CATÁLOGO GENERAL

Encuadernadas

	Pesetas
<b>Cartilla.</b> — Dedicado a la enseñanza racionalista de niños y adultos; tercera edición. Un tomo encuadernado en cartóné. . . . .	1
<b>Las Aventuras de Nono,</b> por <i>Juan Grave</i> , traducción de A. Lorenzo; cuarta edición . . . . .	2
<b>El Niño y el Adolescente.</b> — Desarrollo normal. Vida libre, por <i>Michel Petit</i> . . . . .	2
<b>Preludios de la Lucha,</b> por <i>F. Pi y Arsuaga</i> . . . . .	2
<b>Sembrando Flores,</b> por <i>Federico Urales</i> . . . . .	2
<b>Primer Manuscrito.</b> — Interesante correspondencia escolar, y varios modelos de dictados. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Origen del Cristianismo.</b> Un tomo encuad.º en tela . . . . .	2
<b>Epítome de Gramática Española,</b> por <i>Fabián Palasi</i> ; tercera edición. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Aritmética Elemental,</b> por <i>Fabián Palasi</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Elementos de Aritmética.</b> Clase elemental y curso medio. Dos tomos encuadernados en tela . . . . .	4
<b>Resumen de la Historia de España,</b> por <i>Nicolás Estévanex</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2

<b>Compendio de Historia Universal</b> , por <i>Clemencia Jaquinet</i> . Tres tomos encuadernados en tela . . . . .	6
<b>Nociones de Idioma Francés</b> , por <i>Leopoldina Bonnard</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>La Substancia Universal</b> , por <i>A. Bloch y Paraf-Javal</i> , traducción de A. Lorenzo. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Nociones sobre las Primeras Edades de la Humanidad</b> , por <i>Georges Engerrand</i> . Un tomo enc.º en tela . . . . .	2
<b>Evolución Super-Orgánica</b> (La Naturaleza y el problema social), por <i>Enrique Lluria</i> , prólogo de <i>S. Ramón y Cajal</i> . Un tomo encuad.º en tela . . . . .	2
<b>Humanidad del Porvenir</b> , por <i>Enrique Lluria</i> , con un epílogo de <i>Carlos Malato</i> . . . . .	2
<b>Geografía Física</b> , por <i>Odón de Buen</i> , prefacio de <i>Eliseo Reclus</i> ; segunda edición. Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Pequeña Historia Natural</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Dos tomos encuadernados en tela . . . . .	4
<b>Mineralogía</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Petrografía y Vida actual de la Tierra</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Edades de la Tierra</b> , por <i>Odón de Buen</i> . Un tomo encuadernado en tela . . . . .	2
<b>Tierra Libre</b> (cuento), por <i>Juan Grave</i> , versión española por A. Lorenzo . . . . .	2
<b>Psicología Etnica</b> , por <i>Ch. Letourneau</i> , traducción de A. Lorenzo. Cuatro tomos encuadernados en tela . . . . .	8
<b>Botiquín Escolar</b> , por <i>A. Martínez Vargas</i> . Encuadernado en cartóné . . . . .	0'50
<b>La Escuela Moderna</b> (póstuma explicación y alcance de la enseñanza racionalista), por <i>Francisco Ferrer Guardia</i> . Tercera edición. Un tomo encuadernado en tela, con el retrato del autor . . . . .	2

## Pesetas

<b>La Evolución de los Mundos</b> , por <i>M. J. Nergal</i> , versión española por Cristóbal Litrán. Un tomo profusamente ilustrado. . . . .	2
<b>Historia de la Tierra</b> , por <i>Ch. Sauerwein</i> , versión española por C. Litrán. Un tomo con 79 grabados. . . . .	2
<b>Cómo se forma una Intelligencia</b> , por el <i>Dr. Toulouse</i> , versión española de Cristóbal Litrán. . . . .	2
<b>Origen de la Vida</b> , por <i>J. M. Pargame</i> , versión española de Cristóbal Litrán. Un volumen encuadrado en tela. . . . .	2

## Encuadradas en cartóné

<b>Tierra Libre</b> (cuento), por <i>Juan Grave</i> . . . . .	1'50
<b>Epítome de Gramática Española</b> , por <i>Fabián Palasi</i> . . . . .	1'50
<b>El Niño y el Adolescente</b> . Desarrollo normal. Vida libre, por <i>Michel Petit</i> . . . . .	1'50

## En rústica

<b>La Escuela Nueva</b> , por <i>J. F. Elslander</i> , versión española de Anselmo Lorenzo. Un tomo con el retrato del autor. . . . .	2
<b>Hacia la Unión Libre</b> , por <i>Alfred Naquet</i> , versión española de Cristóbal Litrán. Un volumen con el retrato del autor. . . . .	2
<b>República Francesa y Vaticanoismo o La Política Religiosa en Francia</b> , por <i>André Mater</i> , versión española de Cristóbal Litrán. Un volumen con el retrato del autor. . . . .	2
<b>El Niño y el Adolescente</b> . Desarrollo normal. Vida libre, por <i>Michel Petit</i> . . . . .	1
<b>Preludios de la Lucha</b> , por <i>F. Pi y Arsuaga</i> . . . . .	1
<b>Sembrando Flores</b> , por <i>Federico Urales</i> . . . . .	1
<b>Origen del Cristianismo</b> . . . . .	1

<b>Humanidad del Porvenir</b> , por <i>Enrique Lluvia</i> , con un epílogo de <i>Carlos Malato</i> . . . . .	1
<b>Tierra Libre</b> (cuento), por <i>Juan Gravè</i> , versión española por A. Lorenzo. . . . .	1
<b>El Banquete de la Vida</b> , por <i>A. Lorenzo</i> . . . . .	1'50
<b>Floreal</b> , drama social en tres actos, por <i>J. P. Char-don</i> , traducción de A. Lorenzo . . . . .	1
<b>El Infierno del Soldado</b> , novela francesa de costum-bres militares, por <i>Jean de la Hire</i> , traducción de Soledad Gustavo . . . . .	1
<b>Las Clases Sociales</b> , estudio sociológico por <i>Carlos Malato</i> , versión española de A. Lorenzo. . . . .	1
<b>En Anarquía</b> , novela francesa, por <i>Camille Pert</i> , ver-sión española y prefacio por <i>Anselmo Lorenzo</i> . . . . .	1

### Folletos

<b>Ferrer</b> , Páginas para la Historia. — Acusación, de-fensa y sentencia. — Consejo Supremo de Guerra y Marina: Providencia decretando la irresponsa-bilidad civil de Francisco Ferrer y la devolución de sus bienes embargados. <i>Tercera edición</i> . . . . .	0'20
<b>La Mujer y la Revolución</b> , por <i>Federico Stackelberg</i> . . . . .	0'15
<b>A B C Sindicalista</b> , folleto de propaganda societaria, por <i>J. Yvetot</i> . . . . .	0'15
<b>En Guerra</b> , por <i>Carlos Malato</i> , trad. de A. Lorenzo. . . . .	0'40
<b>En el Café</b> , por <i>Enrique Malatesta</i> , traducción de A. L. Rodrigo . . . . .	0'25
<b>Génesis y Evolución de la Moral</b> , por <i>Carlos Letourneau</i> . . . . .	0'75
<b>La Moral Anarquista</b> , por <i>Pedro Kropothine</i> , traduc-ción de A. Cruz . . . . .	0'25
<b>Análisis de la Cuestión de la Vida</b> por <i>A. Pellicer Paraire</i> . . . . .	0'75

*Todas las obras del presente Catálogo pueden adquirirse en o por mediación de todas las librerías y kioscos.*

### Cantos de La Escuela Moderna

- Los Juguetes, letra de N. Estévez. Música de A. Codina.  
 Empecemos, letra de F. Salvochea. Música de A. Codina.  
 La Vida, letra de Jaime Bausá. Música de Pedro E. de Ferrán.  
 La Mañana, letra de J. Bausá. Música de A. Codina.  
 La Tarde, letra de J. Bausá. Música de A. Codina.  
 El Día, letra de J. Bausá. Música de A. Codina.  
 Cada canto, que se vende separadamente, 1 peseta.

### En prensa

- El Catecismo de la Ciencia, lo que la ciencia nos enseña, por *Edmund*, traducción de Cristóbal Litrán.  
 La Iniciación sexual, por *G. M. Bessede*, prefacio del *Dr. L. Bresselle*, traducción de Costa-Iscar.  
 La Evolución proletaria, por *Anselmo Lorenzo*. Un tomo.

### RETRATOS DE HOMBRES EMINENTES

Con el propósito de conservar grato recuerdo de los precursores en la vía progresiva de la humanidad, formamos una galería de grandes hombres de la Edad Moderna, destinada a rendir homenaje a sus relevantes méritos y a servir de estímulo a la generación presente.

Al efecto ofrecemos los retratos de **Ferrer**, **Kropotkine**, **Reclus**, **Zola**, **Darwin**, **Hæckel**, **Joaquín Costa**, **Pi** y **Margall**, **Bakounine**, etc., etc., en lujosa cartulina mate de 50 x 32, y precio de 0'60 pesetas.

**Retratos Ferrer**, en busto y de cuerpo entero; son reproducción fiel de su última fotografía hecha en París. Trabajo artístico sobre lujosa cartulina mate de 50 x 32; precio 0'60 pesetas.

**Retrato de Pedro Kropotkine**, hermosa fotografía sobre lujosa cartulina mate de 50 x 32; precio 0'60 pesetas.

**Postales PAX**, por *F. Sagristá*, alegoría del ideal racionalista, en tricromía. Primera serie, precio 0'15 pts.

**Dijes Francisco Ferrer**. Hermoso medallón de plata propio para cadena de reloj, obra del célebre escultor Godofredo Devreese. — Precio, 5 pesetas para España; 5 francos para el exterior. — El mismo dije acuñado en oro, 75 pesetas y 75 francos respectivamente. Los pedidos acompañados de su importe, se servirán a los quince días después de hechos.

## EL HOMBRE Y LA TIERRA

Obra maestra del gran escritor de renombre universal, **Elíseo Reclus**. Traducción del distinguido publicista *Anselmo Lorenzo*, revisada por el catedrático de la Universidad de Barcelona *D. Odón de Buen*.

Consta la obra de seis tomos de más de seiscientas páginas. Precio de los seis tomos ricamente encuadernados con tapas especiales: 120 ptas. Se puede adquirir por tomos sueltos a 20 ptas. uno. Se sirve por cuadernos a 0'50 ptas.

## LA ESCUELA MODERNA

Póstuma explicación y alcance de la enseñanza racionalista, por **Francisco Ferrer Guardia**. Obra indispensable para cuantos aspiren a orientarse bien en los asuntos pedagógicos, de los que depende la transformación de la mentalidad de la generación futura. A este título debe figurar en todas las bibliotecas. — Precio 2 pesetas.

## LA GRAN REVOLUCION (1789-1793)

por **PEDRO KROPOTKINE**

versión española por **Anselmo Lorenzo**

Esta obra, que acaba de salir a luz, formará dos tomos de regulares dimensiones, ilustrada con profusión de láminas sueltas y grabados intercalados representando episodios, retratos, medallas, tipos de la época, en folio, en excelente papel y esmerada impresión, y se repartirá por cuadernos de 24 páginas y de 20 si se incluye lámina, al precio de 50 céntimos de peseta.

## OBRAS NUEVAS

**Cómo haremos la Revolución**, por *Emilio Pataud* y *E. Pouget*, prefacio de *Pedro Kropotkine*, versión española de *Anselmo Lorenzo*. Interesante y fantástica previsión del triunfo del proletariado. Dos volúmenes en rústica: 2 pesetas.

**La Evolución de los seres vivientes**, por *E. Rubén* y *V. Laverne*, versión española de *Cristóbal Litrán*. Un tomo con 76 grabados, en tela, 2 pesetas.

**La Confederación General del Trabajo en Francia**, por *E. Pouget*; un elegante volumen, 0'30 pesetas.

**Retrato de Joaquín Costa**, bellísima fotografía en excelente cartulina de 50 x 32; precio 0'60 pesetas.

