

R. 5. 190. 192

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

PEDRO AMAT MUÑOZ



ALGUNAS
CONSIDERACIONES SOBRE
EL CUERPO HUMANO

Discurso pronunciado en la solemne apertura
del Curso Académico 1975-1976



SALAMANCA

1975

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

PEDRO MARTÍN



ALGUNAS
CONSIDERACIONES SOBRE
EL CUERPO HUMANO

Disertación presentada en la sesión ordinaria
de la Junta Académica 1975-1976



Depósito legal: S. 486 - 1975

Gráficas EUROPA. Sánchez Llevot, 1. Teléfono *22 22 50. Salamanca, 1975

MAGFCO. Y EXCMO. SR. RECTOR,

EXCMOS. E ILUSTRÍSIMOS SEÑORES,

CLAUSTRO DE PROFESORES Y ALUMNOS,

SEÑORAS Y SEÑORES:

Ya hace más de once años, en enero de 1964, ocupé este sitio con motivo de pronunciar mi lección de incorporación al Claustro de esta Universidad. Recuerdo con emoción aquel momento. Ahora, por segunda vez y con mayor emoción, sentida y presentida, vuelvo a ocupar esta cátedra para dictar la lección inaugural del curso 1975-76, honor que este año corresponde a la Facultad de Medicina y entre su Profesorado, al catedrático más antiguo de entre los que no la hubieren leído. Por esas circunstancias estoy hoy aquí. Hace doce años, concedor del sistema rotatorio entre Facultades de nuestra Universidad y del obligado turno por antigüedad que se seguía entre el Profesorado de cada una de ellas para impartir la lección inaugural de un curso, hice mis cálculos y, según ellos, tal suerte me hubiera correspondido en las proximidades de mi jubilación. Por ello, además de un honor, para mí es una alegría que la espera no haya sido tan larga.

Siempre es un problema la elección del tema cuando el público que lo escucha es culto y heterogéneo. El temor a la superficialidad divulgadora o el más terrible de la exposición de un tema que por su especialidad sólo pueda ser entendido por muy pocos, son mis excusas de conciencia para rechazar cualquier invitación a pronunciar una conferencia. En esta ocasión no he deseado rehusar la invitación que además de una obligación, es uno de los pocos y raros honores de nuestra vida aca-

démica. No obstante, sobre mí han pesado los dos temores expuestos.

Quiero desarrollar una lección, relacionada con la Anatomía aunque, no se trata de una lección de Anatomía. Pretendo exponer una serie de consideraciones sobre el cuerpo humano, sobre su morfología, su morfogénesis y sobre los varios intentos de dar respuestas satisfactorias a varias preguntas que surgen ante la contemplación de las estructuras reveladas por la disección del cadáver o de las imágenes de preparaciones biológicas vistas con el microscopio óptico o con el electrónico. Quizás la pregunta más difícil sea: *Por qué el cuerpo humano es como es*. Aunque la última respuesta no la van a encontrar en esta lección, al menos recojo una serie de respuestas parciales, que los estudios ontogenéticos y filogenéticos de los seres vivos y, entre ellos el hombre, permiten vislumbrar.

No trato de hacer Historia de la Ciencia ni Historia de la Medicina, pero con frecuencia habré de aludir a las respuestas que a esa pregunta y a otras se han dado en otros tiempos, y que ayudan a comprender las que hoy aceptamos como válidas.

La Historia de la Ciencia Moderna comienza en el siglo XVI y en la Universidad, concretamente en la Universidad de Padua, rejuvenecida a pesar de seguir a Aristóteles, por la libertad de pensamiento que allí imperaba y que atrajo a personalidades científicas tales como Copérnico, Galileo, Vesalio y Harvey entre otros.

El año de 1543 marca un hito en la Historia de la Ciencia Moderna con la publicación de dos obras de una importancia extraordinaria: «*De revolutionibus orbium coelestium*» de Copérnico, en la cual la tierra es destronada como centro del Universo, y «*De humani corporis Fabrica*» de Andrea Vesalio, joven Profesor de Anatomía, que tuvo el audaz atrevimiento de discutir y disentir de algunas de las descripciones de Galeno, quien durante más de mil trescientos años había sido la máxima autoridad de la Medicina y sus obras eran la biblia de la Ciencia y del Arte médicos. Tan es así que de todos es conocido el hecho de que las lecciones de Anatomía eran leídas por el Profesor a la vez que un ayudante disecaba un cadáver,

disección que sería a modo de clase práctica simultánea con la teórica y si el disector en su práctica hallaba elementos anatómicos distintamente configurados a las descripciones galénicas, el dogmatismo imperante había impuesto la fórmula de que «se equivocaba el cadáver que no Galeno», cuya autoridad quedaba así indemne.

Vesalio rompió con esa tradición de impartir la enseñanza de la Anatomía, con lo que comenzó a poner en evidencia algunas de las descripciones anatómicas de Galeno y a apuntar la posibilidad de que se hubiera equivocado. Con ello provocó el escándalo y atrajo las iras de la Ciencia de su tiempo y de la Iglesia. Con la primera, porque algunas de las refutaciones a las descripciones anatómicas de Galeno, podían hacer tambalear toda su doctrina (basada en lo que me permito denominar «filosofía de la sangre»); no sólo su Anatomía sino también toda la concepción fisiológica y patológica del cuerpo humano.

Tal era el caso sobre la existencia de unos poros en el tabique interventricular, indispensables para explicar, según la teoría galénica, el paso de la sangre desde el corazón derecho al izquierdo. Más adelante, transcribimos literalmente un pasaje del libro de Montaña de Monserrate, en el que se describe la función del corazón y la existencia de esos poros, con fidelidad absoluta a las ideas galénicas. Vesalio los negó. A continuación copiamos una frase de este anatomista, que hemos tomado de un libro titulado «Cardiología actual», cuyo autor es LONGMORE (1971), y que es muy expresiva sobre la particular valentía que en aquel entonces suponía contradecir a Galeno, y que hace referencia a los poros del tabique interventricular:

«No hace mucho no me hubiese atrevido a desviarme de Galeno ni en el espesor de un cabello. Pero me parece que el septo del corazón es tan grueso, denso y compacto como el resto del corazón. Por lo tanto, no veo cómo incluso la partícula más pequeña pueda ser transferida del ventrículo derecho al izquierdo a través del septo».

El enfrentamiento con la Iglesia —al igual que siglos después ocurriría con la teoría de la evolución— fue debido a que algunas de las correcciones vesalianas impedían una interpreta-

ción literal de la Biblia. Y así, afirmar que el varón tenía el mismo número de costillas que la mujer o negar la existencia de un *hueso indestructible*, era ponerse en situación tensa con la Iglesia. A ésta le resultaba cómodo admitir que el varón tenía una costilla menos, porque así argumentaba científicamente la interpretación literal del relato bíblico sobre la costilla de Adán y nuestra madre Eva; y en el caso del *hueso indestructible* se hacía más fácil la labor de Dios para recrear el cuerpo humano a partir de ese germen óseo, que persistiría incólume hasta la resurrección de la carne.

A partir de Vesalio, el concepto arquitectónico del cuerpo humano, el cuerpo concebido como una «fábrica», como un edificio, fue adquiriendo auge. La disección, libre de prejuicios dogmáticos, mostraba la maravillosa organización del cuerpo humano, pero inerte, detenida por el sueño de la muerte, tal como la revelaba el cadáver. Era una *Anatomía inanimada*. Había encontrado respuestas, a veces hasta muy minuciosas, al «*cómo es nuestro cuerpo*», pero no al «*por qué*» de las figuras y de las estructuras. Por otra parte, a la disección se le escapaba la función de los órganos. Vesalio fue capaz de describir, como diremos más adelante, unas vesículas en el ovario de la mujer, pero incapaz de desentrañar su significado.

La disección es un método de análisis, que permite acumular datos y enriquecer los conocimientos con hallazgos nuevos. Pero el descubrimiento de la función de los órganos requiere otros métodos de trabajo.

Por ello, a pesar del impacto vesaliano, la fisiología continuaba siendo galénica y, aunque equivocada, permitía, al menos, poner en marcha todas las piezas de ese maravilloso edificio; daba calor a la frialdad de la descripción arquitectónica. El Prof. Laín Entralgo (MARIAS y LAÍN ENTRALGO, 1968) a propósito de la Anatomía vesaliana, dice que «su rostro anatómico es moderno, renacentista; su rostro fisiológico es antiguo, galénico». Y así continuará hasta que Harvey —del que hablaremos en repetidas ocasiones— aplique el método experimental. Dicho método permitirá comprobar y descubrir las funciones del cuerpo humano; no especular sobre ellas. Finalicemos nuestra breve intromisión en la obra de Vesalio, de nuevo

con palabras del Prof. Laín Entralgo (MARIAS y LAÍN ENTRALGO, 1968), expresivas de lo que este anatomista representó:

«Vesalio supo *más* Anatomía humana que sus predecesores; y también lo supo *mejor*, con menos errores, con mayor precisión y claridad. Pero, además, lo supo *de otro modo*, viéndola y atendiéndola desde el punto de vista nuevo que él y su época —el Renacimiento— acertaron a situarse. Frente a la Anatomía 'antigua' de Galeno y a la Anatomía 'medieval' de Mondino, Vesalio construye un saber anatómico inicial y parcialmente 'moderno'; es decir, 'renacentista'. No podemos hacer aquí sino anotar lo esencial de esa novedad, que consiste en aspirar a describir el cuerpo humano como una edificación estática o 'fábrica' (que aquí equivale a edificio). Frente a la confusión entre 'forma' y 'función' de Galeno y toda la morfología tradicional, Vesalio distingue cuidadosamente ambas realidades, inmovilizando conceptualmente el organismo humano».

* * *

He de confesar que no soy un estudioso de la obra de Galeno. y lo poco que sé sobre su doctrina, lo sé por referencias. Sé que ésta formaba un todo coherente, en la que la Anatomía estaba al servicio de la Fisiología y ambas al de la Patología. En esa coherencia residía su fuerza y, a la vez, su debilidad, como se demuestra, para el caso de la primera, por la larga vigencia que tuvo la doctrina y por el dogmatismo, libre de toda crítica, en que la colocaron sus seguidores. La debilidad ha quedado expuesta, cuando hemos comentado que la simple negativa de la existencia de unos poros en el tabique interventricular, podía poner en peligro toda la doctrina galénica. Pero qué duda cabe que un cuerpo en el que todos sus órganos tienen una función determinada, en el que transita una sangre portadora de espíritus, en el que todo está animado, ha de ejercer mucho más atractivo que la descripción pura y fría de unos detalles anatómicos, por muy objetiva y minuciosa que ésta sea.

La obligada referencia que he de hacer sobre la concepción galénica tiene como objetivo apoyar mis comentarios sobre la primera obra de Anatomía, publicada en castellano, que apareció ocho años más tarde que la de Vesalio. Me refiero al «Libro de la Anathomia del Hombre» de Bernardino Montaña de Mon-

sérrate, cuya lectura ha enriquecido mis escasos conocimientos sobre la doctrina galénica. Mi intención, al situar los comentarios a la obra de Montaña después de los breves que he hecho de la «Fábrica» de Vesalio, es solamente contrastar el viejo concepto galénico con el nuevo, no sacar de ello un juicio de valor, pues de antemano hay que proclamar la mayor valía objetiva vesaliana frente a la fantasía especulativa galénica, reflejada ahora en el Libro de Anatomía de Montaña.

Todos sabemos que las concepciones galénicas sobre la forma y la función del cuerpo humano descansan en la doctrina de los espíritus, que eran aspectos del pneuma o espíritu universal. Eran tres: el espíritu natural, que se engendra en el hígado, y que algún comentarista ha dicho que en términos actuales podría ser representado por la energía que aportan los alimentos a nuestro organismo; el espíritu vital (identificable, según ese mismo comentarista, con el oxígeno), que penetraría con el aire en los pulmones, y llegaría a través de las venas pulmonares, descubiertas por Galeno, en el corazón derecho; el espíritu animal, engendrado por la sangre en el cerebro, que puede ser interpretado como energía nerviosa (Descartes hablará también de espíritu animal en el sentido que acabamos de decir). El órgano formador de la sangre era el hígado, donde se engendraba el espíritu natural, que por la vena cava inferior era transportada al corazón derecho. A éste llegaba también el espíritu animal.

Galeno no fue capaz de concebir la circulación de la sangre como un circuito cerrado (tampoco Vesalio) y, según él, y en este caso llevaba razón, la sangre procedente de la cabeza y del hígado confluía en el corazón derecho; y ahí, por lo tanto, llegaban los espíritus animal y natural. Esta sangre y estos espíritus tenían que relacionarse con la sangre del corazón izquierdo, rica en espíritu vital. ¿Cómo podía establecerse esa relación, esa mezcla de sangres de uno y otro ventrículo? El problema fue resuelto con los famosos poros del tabique interventricular, afanosa e infructuosamente buscados por los anatomistas anteriores a Vesalio, quienes por no contradecir a Galeno, los concibieron de diámetro muy pequeño.

El «Libro de Anathomia del Hombre» de Montaña de Monserrate

Después de este preámbulo sobre los espíritus de la doctrina galénica, en el que quizás haya cometido muchos errores, podemos pasar a comentar el «Libro de la Anathomia» de Montaña de Monserrate, fiel seguidor de Galeno. El propio autor expone al comienzo de su libro, cuál es su propósito, y nos dice de él que es

«Muy útil y necesario a los médicos y cirujanos que quieran ser perfectos en su arte, y apacible a los otros hombres discretos que huelgan de saber los secretos de naturaleza. En el qual libro se trata de la fábrica y compostura del hombre, de la manera como se engendra y nasce, y de las causas porque necessariamente muere. Juntamente con una declaración de un sueño que soñó el Ilustrísimo señor don Luys Hurtado de Mendoza Marqués de Mondéjar .2c. Que está puesta por remate deste libro. El qual sueño, debaxo de un figura muy graciosa, trata breuemente la dicha fábrica del hombre, con todo lo demás que en este libro se contiene».

Dejo para los historiadores de la Medicina, la discusión sobre las influencias que Vesalio pudo ejercer sobre Montaña. Uno de ellos, en un artículo reciente (LÓPEZ PIÑERO, 1974*), considera muy mediocre la parte anatómica del libro y da más valor al «Sueño del marqués». Lo que intento resaltar es que en esta Anatomía la intención del autor no se limita a la descripción de las «partes», «miembros simples y compuestos» del cuerpo humano; sino, como expresa en la introducción que acabamos de leer, Montaña pretende dar un significado a todo ello, a los oficios y utilidades de los órganos; no se contenta con decirnos «cómo son», sino «para qué sirven» y «cómo se forman» (En el capítulo que dedico a la Ontogenia, insistiré sobre los conceptos de Montaña referentes a la embriogénesis).

Todo se explica por los espíritus de la doctrina galénica. En alguna ocasión nos aclara que el espíritu vital es la causa eficiente de la formación del cuerpo, lo define como «una sustan-

* «El título de la obra, el estar escrita en castellano y el desconocimiento de otras fuentes son las únicas causas que justifican la desmesurada importancia que habitualmente se le ha concedido en el panorama de la anatomía española del siglo XVI» (LÓPEZ PIÑERO, 1974).



cia sutil muy ligera de naturaleza de fuego, es a saber, muy caliente y seca engendrada en el corazón de la parte más pura y delgada de la sangre». Pero se niega a responder al marqués, en el diálogo que con él mantiene, a la pregunta que éste le hace sobre si el espíritu vital es sustancia corpórea o incorpórea, inanimada o animada, y si es sustancia animada, si se trata de alma vegetativa, sensitiva o intelectual. «Esso que U.S. pregunta más pertenesce al metafísico dar razón dello que al médico».

En toda su obra están presentes los tres espíritus y todos ellos en íntima relación con la sangre, la cual, y de acuerdo con Galeno, se formará en el hígado... «en el qual de todos los mantenimientos que comemos y beuemos se engendra la dicha sangre».

Son muy curiosas algunas de las funciones que asigna a determinados órganos. En el corazón, por ejemplo, admite los famosos poros del tabique, y de sus funciones dice:

«El ventrículo derecho sirue de rescebir la sangre que viene del hígado de primera ynstancia para cozerla y aparejarla al ventrículo yzquierdo.

El ventrículo yzquierdo sirue para depurar la dicha sangre que viene al ventrículo derecho y adelgaçarla y hazer della sangre arterial, de la qual como adelante diremos se mantienen los miembros sólidos del cuerpo, y así mismo se engendran en el dicho ventrículo los espíritus vitales de la sangre arterial, y de allí se reparten con la sangre a todo el cuerpo.

El camino por donde passa esta sangre del un ventrículo al otro es la misma substancia del corazón, la cual mediante sus poros da lugar a dicho passo».

Más adelante todavía, a propósito del corazón, afirma Montaña:

«La utilidad del corazón como auemos dicho principalmente es para que de la sangre que le va del hígado se engendre en él la sangre arterial, y de la sangre arterial se engendren también en él espíritus vitales. Y por esta razón tuuo nescessidad de lo dichos ventrículos, el derecho para que rescuiesse la sangre del hígado mediante la vena caua, y el yzquierdo para que se hiziesse en él la sangre arterial, y de la sangre arterial los espíritus vitales».

En cuanto a los pulmones, que con frecuencia les denomina también «liuianos», Montaña de Monserrate nos dice:

«El officio del pulmón sirue para dos cosas, es a saber, la una para traer ayre fresco y limpio para refrescar el coraçón y para echar fuera el ayre que viene caliente del coraçón, mezclado con los malos humos que se le juntan.

La segunda cosa de que sirue el pulmón es para soplar en la tráchea arteria, de suerte que se forme en ella el son que queremos, del qual son se forma la boz mediante los otros miembros que siruen para ello».

En el «Sueño del Marqués de Mondéjar», diálogo entre éste y el doctor Monserrate, con la excusa de un fantástico sueño que el primero cuenta al segundo, desarrolla toda la teoría galénica sobre el funcionamiento del cuerpo humano. Su lectura es amena, divertida, ágil y apasionante.

El relato que el marqués hace del sueño es largo, y en los márgenes de sus páginas, Montaña de Monserrate escribe la interpretación, lo cual no es óbice para que en capítulos sucesivos se entablen nuevos comentarios y explicaciones que surgen ante las sucesivas preguntas del marqués. Este comienza diciendo que en su sueño ha visto una «casa tan polida, tan graciosa, tan bien labrada que daua a entender claramente ser casa real o de persona de muy grande cuenta». Al margen mismo, el autor da la interpretación, y leemos: «La casa real es figura de el cuerpo de la muger, el qual es el aposento de el ánima racional».

Aun admirado el marqués por la grandiosidad de la casa, su asombro es todavía mayor con la contemplación de una fortaleza que un arquitecto estaba realizando en el interior de aquélla. Así lo relata el marqués:

«De tres quartos principales que esta casa tenfa (dexados a parte los dos más altos y mejores) en el quarto más baxo y más desechado de la casa haufa una pieza por la qual salfan cada mes fuera de la casa todas las sobras del mantenimiento de los que viuían en ella .../... Y andaua dentro ella a el lado derecho un architetor, el qual según que sus obras dieron testimonio hera muy diligente ingenioso de gran entendimiento./ Trataua de hazer allí una fortaleza admirable...».

«Esta pieza —dice Montaña— es la madre de la muger donde se engendra la criatura, por la qual sale cada mes la sangre que le sobra cuando no está preñada». Supongo que todos habrán entendido el término «madre» que es la matriz o útero. «La fortaleza es figura de un niño varón que se engendra en la madre...».

No podemos negar que la interpretación del sueño, y el relato del sueño mismo, corresponde, al igual que en la Anatomía de Vesalio, a un concepto arquitectónico del cuerpo humano, pero, como ya hemos dicho, la «fábrica» que describe Montaña es algo vivo, animado, e incluso nos informa sobre su construcción y su mantenimiento. Y para que no quepa duda de su fidelidad a la doctrina de Galeno y a la relación de cada parte del cuerpo con un determinado espíritu, vamos a transcribir literalmente la respuesta que Montaña da a la pregunta que le hace el Marqués de Mondéjar sobre «Qué cosas eran aquellos tres quartos que tenía la casa».

«A mi ver —le contesta Montaña— los tres quartos que U.S. vido en la casa eran las tres regiones y partes diferentes que tiene el cuerpo de la muger y de el hombre: es a saber, la región natural, y la región espiritual y la región animal: y entiendo aquí por la región natural todo el vientre y los miembros que en él se contienen. Y por región espiritual entiendo el pecho y lo que está dentro del, y por región animal la cabeça con todo lo que en ella se contiene».

* * *

El hecho de que haya comentado con cierta extensión la obra de Montaña de Monserrate, no significa que yo desee contraponer la figura de este anatomista español del siglo XVI, con la de Vesalio, que tan ligado estuvo a nuestra patria, en la que formó discípulos de gran valía.

Vesalio fue un creador de Ciencia y marca un jalón importante en la Anatomía: el antes y el después de Vesalio. Montaña de Monserrate no tiene más mérito que el derroche de ingenio de su «Sueño del Marqués» y quizás la terminología que emplea para designar los elementos anatómicos en esta pri-

mera obra de Anatomía escrita en castellano. Por lo demás es un fiel seguidor de Galeno. No obstante, hay que advertir que, pasado el tiempo, muchos anatomistas retornaron a la concepción galénica, sin participar claro está de sus errores, sino de ese deseo, expresado también en la obra de Montaña de Monserrate, de querer explicar las funciones de las formas, su razón de ser y su sentido aplicativo.

* * *

WILLIAM HARVEY

Si la observación de las partes del cuerpo humano por la disección, permitió una descripción anatómica objetiva e hizo avanzar la Anatomía hasta elevarla a rango de Ciencia, la aplicación del método experimental la liberará de las amarras galénicas en cuanto a la interpretación funcional. Ello lo conseguirá definitivamente William Harvey, quien también pasó por la Universidad de Padua y más tarde fue Profesor de Anatomía del Hospital de San Bartolomé de Londres. Su descubrimiento y descripción de la circulación mayor, después de una serie de experimentos bien planteados y de haber realizado muchas disecciones, acabó por arruinar totalmente la doctrina galénica. Sus hallazgos fueron publicados en una obra titulada «*Exercitatio Anatomica de Motu Cordis et Sanguinis*», que apareció en 1628. Su difusión por los países cultos de Europa acabó con los galenistas.

Harvey triunfó porque su teoría sobre la circulación de la sangre era demostrable cualitativa y cuantitativamente por el método experimental y porque su exposición de aquella encajaba en la nueva concepción mecanicista del Universo. El cuerpo humano ahora es considerado como una máquina dotada de movimiento. No se trata ya de la inanimada Fábrica de Vesalio ni de la fantástica animación que Montaña dio a ese edificio, construido o en construcción.

En la teoría de Harvey sobre la circulación de la sangre, el corazón deja de ser el engendrador o depurador de espíritus, para pasar a ser concebido como algo tan mecánico como lo es una bomba aspirante-impelente y capaz de realizar un tra-

bajo mensurable. *El exorcismo de Harvey libró a la sangre de sus espíritus.*

Ya hemos dicho que Harvey fue Profesor de Anatomía, pero con él comienza una tendencia que conducirá a un camino divergente del iniciado por Vesalio. A partir de la concepción arquitectónica del cuerpo humano, una gran parte de los profesores de Anatomía siguen el derrotero de Vesalio: el de la Anatomía inanimada. Con Harvey comienza el estudio experimental de la función y un intento de justificar ésta por la forma. La divergencia de los dos caminos cada vez es mayor. La senda de Harvey desembocará en la Fisiología, que VAN HALLER definirá como *Anatomía animata*.

El cómo son las formas del cuerpo humano quedará contestado por las descripciones de los anatomistas postvesalianos. El «cómo funcionan» por los que siguieron el derrotero de Harvey. Pero el «por qué son cómo son» quedará aún sin responder. De las respuestas que se han dado, vamos a ocuparnos en el próximo capítulo.

HACIA LA COMPRENSIÓN RACIONAL DE LAS FORMAS POR EL ESTUDIO DE SU GÉNESIS

A) ONTOGENIA

La forma, que abarca la figura y la estructura de las unidades biológicas, entre ellas el hombre, puede llegar a conocerse, como ya hemos dicho, mediante su observación directa cuando con técnicas, como las de disección, se ponen al descubierto y conseguir así una noción arquitectónica y tridimensional de las mismas.

Medios instrumentales, auxiliares del ojo y cada vez más potentes (lupa, microscopio de luz, microscopio electrónico), han ampliado ese conocimiento de las figuras y de las estructuras, pero sin permitir salir por sí solos de esa noción arquitectónica. Es más, en algunas ocasiones se perdía una dimensión, pues el uso del microscopio de luz y del electrónico requiere que el objeto a analizar sea preparado previamente en cortes fi-

nos y sólo nos proporciona una visión de la superficie de sección, perdiéndose la dimensión de profundidad. Las técnicas de reconstrucción tridimensional, clásicas entre las anatómicas, restituían esa tercera dimensión, que tampoco se pierde en la observación de piezas con la lupa o con el microscopio electrónico de barrido. En realidad estos medios instrumentales son los que han servido de fronteras no precisas para separar los campos de la Anatomía macroscópica, la Anatomía microscópica y la Histología, todas ellas Ciencias Morfológicas.

El experimento adecuado, al estilo de los iniciados por HARVEY, ha dinamizado las formas con la asignación de una función, y ha desgajado otra ciencia, la Fisiología, que surgió como una necesidad sentida por los morfólogos a quienes o bien no satisfacía una descripción fría y estática de las figuras y de las estructuras o bien empezaban a dudar del cuerpo doctrinal de Galeno. Este, al que ya se le había comprobado errores anatómicos «sin que el cadáver estuviera equivocado», también pudo cometerlos en sus explicaciones fisiológicas. Recordemos que Harvey era Profesor de Anatomía.

Pero para comprender las formas, no basta un conocimiento espacial de la figura y de las estructuras, ni tampoco el de la función que realizan, aunque con ésta se dinamizan aquéllas y adquieren un sentido. La comprensión de las formas requerirá indagar en el origen de las mismas. Ahora bien, las estructuras, los órganos y los aparatos, forman parte de una unidad, indivisible y coherente, que es el ser vivo. Será necesario, por lo tanto, indagar en primer lugar sobre la generación y la formación de ese ser, portador de aquellas estructuras, órganos, etc.

¿Cómo se forma el individuo? ¿Cómo se engendra el hombre? Es ésta una pregunta que formulan los niños, apenas tienen uso de razón, y que debió preguntársela la Humanidad en su infancia, y debió estimularla a observar y no a conformarse con respuestas mágicas. Creo que podemos afirmar que la reproducción sexual, es decir, la relación entre una causa (acto sexual de la pareja) y el efecto (embarazo, parto y nacimiento del nuevo individuo) debió ser conocida por los humanos, al menos, desde que se hicieron agricultores y ganaderos. Pero la primera respuesta, conlleva a nuevas preguntas. Si para la ge-

neración de un individuo, de un individuo humano, se requiere una relación sexual entre el varón y la hembra, otra pregunta, de las muchas que podrán plantearse, es sobre la materia que aporta cada uno de los padres para la formación del nuevo ser. ¿Quién aporta más, el varón o la hembra? ¿Aportan por igual? ¿Cuál es su naturaleza y su origen?

Estas preguntas han tenido respuestas muy diversas, que conocemos por la Historia. Se han formulado en todos los tiempos, han originado discusiones apasionadas, y su respuesta adecuada ha requerido un avance tecnológico grande y el conocimiento de la teoría celular. Pero sea la respuesta como la unión íntima de dos cuerpos en el acto sexual o sea la fusión de dos células para formar una sola, origen del individuo, la respuesta no hace más que requerir nuevas preguntas.

Pero volvamos de nuevo a las preguntas formuladas y a sus *respuestas históricas*, aunque de ellas demos solamente un esbozo panorámico.

Para los pueblos de la Antigüedad, el papel del padre y el de la madre en el acto de engendrar un niño no siempre fue igual de importante. Hubo pueblos que atribuían esta virtud sólo al padre, otros sólo a la madre y otros, que consideraban una participación por igual del padre y de la madre.

En cuanto a la materia que cada progenitor aportaba para la formación del nuevo ser, en íntima relación con la importancia de su participación, fue también motivo de muchas discusiones, sobre todo la correspondiente a la mujer. Se consideraba que cada uno de ellos aportaba una simiente líquida, de cuya unión se engendraba el embrión.

La *simiente del varón* se identificó con el espermatozoide, cuya procedencia exacta era desconocida. HIPÓCRATES pensó que se originaba en la médula espinal o en el cerebro, vehiculándose a través del riñón o del testículo.

Quizás esta opinión hipocrática haya influido hasta muy recientemente y haya sido uno de los motivos de la exageración de los resultados nefastos sobre la salud, en especial sobre la salud mental, de aquellos varones que han abusado de la vida

sexual, teniendo en cuenta el desgaste «material» que tal actividad debía suponer para el sistema nervioso.

Para ARISTÓTELES el esperma estaba constituido por sangre de la más pura. Veamos, pues, que en estas creencias no se erraba en cuanto a la acción fecundante del esperma, pero se estaba muy lejos aún de conocer su verdadero papel, como líquido portador de los espermatozoides.

Muchas más dificultades y consecuentemente más interpretaciones y opiniones muy diversas, ha habido para desentrañar el origen y la naturaleza de la *simiente materna*. HIPÓCRATES creía que procedía de secreciones vaginales. DEMÓCRITO se aproximó casi a la realidad, pues intuyó la existencia de órganos internos parecidos a los testículos del varón, en donde se formaría la simiente femenina. HERÓFILO fue el primero en descubrir las glándulas genitales de la mujer, aunque no reconoció en ella el lugar de producción de huevos, o sea, su papel de ovarios. GALENO también describe estas glándulas; ignora igualmente su función ovárica y las denomina *testículos femeninos*.

Vamos ahora a abrir un paréntesis para insistir sobre esta falta de reconocimiento de la glándula genital femenina como verdadero ovario; como órgano depositario de los huevos, reconocimiento que hubiera podido hacer avanzar este campo de la Biología, máxime teniendo en cuenta que los antiguos conocían esta función de la glándula genital de las hembras ovíparas, como la gallina, y también conocían que el polluelo se desarrollaba en el huevo. Sin embargo no supieron trasladar ese conocimiento a las hembras vivíparas, como la mujer, quizás por haberse desarrollado toda una filosofía de la sangre, que ejerció una influencia extraordinaria, aun sobre las mentes más preclaras. Dentro de esta filosofía de la sangre, ha habido un hecho tan notorio y tan fascinante de la fisiología femenina, cual es el de la menstruación, de la que prácticamente se han ocupado todas las religiones, que desvirtuaron por otros cauces la correcta interpretación de la «simiente femenina» y de la formación del embrión.

Ni VESALIO (1543) ni FALOPIO (1562), que describieron una serie de vesículas en el *testículo femenino*, relacionaron éstas

con los huevos del ovario de la gallina. Un siglo después, fue STENON (1667) el primero en concebir que las glándulas genitales femeninas de unos peces vivíparos presentaban huevos, y unos años más tarde Regnier de GRAAF (1672) identificó como tales las vesículas vistas por Vesalio y por Falopio en el «testículo de la mujer» y éste pasó a ser considerado ya como ovario, productor de esa simiente femenina.

Hay que aclarar que las vesículas, identificadas como huevos, como óvulos, por DE GRAAF (desde entonces conocidas como folículos de Graaf) son estructuras en las que efectivamente se encierra el óvulo, pero constan de otras muchas formaciones. No obstante, de Graaf, aun a pesar de este error más que disculpable para la técnica de aquel entonces, tiene, junto a Stenon, el mérito extraordinario de haber asignado el papel que le correspondía a la glándula genital de la mujer. A partir de ahora, la mujer iba a adquirir una importancia extraordinaria en la generación del individuo, máxime porque unos años antes a los descubrimientos de Stenon y de Regnier de Graaf, ese anatomista del que ya hemos hablado, William HARVEY (1651) hace célebre un aforismo, el «ex ovo omnia», todos los seres proceden de huevos, ya que él disecando animales hembras de varias especies algo después del apareamiento con sus respectivos machos, había observado que los embriones jóvenes se presentaban como huevos. Con estos hallazgos y con los de los espermatozoides, hechos en el mismo siglo XVII, se abre una guerra, incruente pero apasionada, de la que daremos breve cuenta, entre animaculistas y ovistas, lucha por la supremacía del varón o de la hembra en la formación de un nuevo ser.

Pero es preciso cerrar el paréntesis e hilvanar de nuevo nuestro relato, que se desvió cuando hablábamos de la intuición de DEMÓCRITO sobre el origen de la simiente femenina en unos órganos internos de la mujer, semejantes a los testículos del varón, hecho que, como ya hemos dicho, no fue demostrado hasta el siglo XVII de nuestra era. Hasta entonces, la opinión más extendida sobre la materia que la mujer aportaba para la generación de un hijo fue la que sostuvo ARISTÓTELES, que proba-

blemente se inspiró en PITÁGORAS. Uno y otro afirmaron que la simiente de la mujer era su propia sangre menstrual.

Por lo tanto, aunque muy alejados de la realidad, los antiguos sostenían que el nuevo ser se genera por la unión de dos simientes líquidas, la del varón y la de la hembra, y ya sabían que el lugar de su desarrollo era el útero. Ni que decir tiene que por razón de su exterioridad conocían perfectamente el órgano de la cópula y que el «culto fálico» fue muy común en las religiones de la Antigüedad.

Pero surgían nuevas preguntas *¿Qué ocurre con esas semillas en el interior del cuerpo materno? ¿Cómo se forma el cuerpo del embrión? ¿Cómo se desarrollan todos sus órganos? ¿Cuáles son los factores determinantes de la formación de los órganos?*

Ante todo hay que decir que alguna de esas preguntas aún no tiene una contestación satisfactoria, si bien es cierto que en los últimos tiempos los avances de la Biología y de la Genética moleculares han resuelto muchas de las incógnitas. Los antiguos tenían que responder con especulaciones filosóficas y teológicas. Entre ellos parece que había consenso unánime en considerar que el cuerpo del embrión se formaba por la coagulación de ambas simientes después de su fusión. Pero en ese coágulo, ellos intuían que debían desarrollarse todos los órganos, pues prácticamente el recién nacido es un hombre en miniatura. ¿No sería el embrión, acaso, una miniatura todavía más pequeña, con todos los órganos preformados? Es curioso que esta *teoría de la preformación*, de la que es forzoso hablar, y más adelante nos extenderemos sobre ella, no es suscitada hasta muchos siglos después de Cristo, precisamente por los ovistas y los animaculistas. En modo muy particular podría calificarse como preformista la teoría sostenida por DEMÓCRITO y seguida por HIPÓCRATES y por su escuela, y por EPICURO, según la cual cada una de las simientes de los progenitores estaría constituida por partículas procedentes de todas las partes del cuerpo de aquéllos, con lo que es de suponer que las partículas desarrollarían en el coágulo embrionario los órganos a medida que éste crecía.

PITÁGORAS afirmaba que el embrión se desarrollaba de acuerdo con las leyes de la armonía. ARISTÓTELES estudió el desarrollo del embrión de pollo en el huevo y observó que los órganos no aparecen al mismo tiempo, sino unos antes y otros después, siendo el corazón el primero en aparecer; fue el primer *epigenetista*. En cuanto a los factores determinantes del desarrollo embrionario, su teoría se basa en su concepción filosófica. El huevo contiene en potencia al pollo, y en cada momento esta potencia se expresa en una forma actual. Para Aristóteles, la simiente materna representa la materia, mientras que la simiente paterna es la forma, la *entelequia*, término este último que DOLLANDER y FENART (1975) traducen con expresión moderna como «energía autónoma eficazmente actuante».

V. SUÁREZ CASAÑ, en una curiosa obra titulada «Conocimientos para la vida privada», en el capítulo de «Fenómenos sexuales», expresa exagerada pero muy gráficamente las concepciones aristotélicas del siguiente modo:

«Aristóteles reprodujo, modificándola, la idea de Pitágoras, y por una ingeniosa metáfora, hizo de la matriz un verdadero taller de estatuaria, en que la mujer suministra el mármol, el hombre es el escultor, y el embrión vendría a representar la estatua».

Con todo lo expuesto en este capítulo podemos tener una noción del estado de los conocimientos sobre el desarrollo embrionario, previos a la aparición de la obra de MONTAÑA DE MONSERRATE, en la cual se ocupa muy extensamente del tema y justifica el porqué lo hace. En esta justificación resalta de inmediato el sentido aplicativo que quería dar a su libro. Nos dice: «...y por esta razón trataremos en este libro de la generación del hombre y de su nacimiento según que conviene a los médicos y cirujanos».

Los conocimientos sobre la generación del individuo, sobre las simientes paterna y materna, así como los factores que intervienen en el desarrollo embrionario y un esbozo muy simple de la organogénesis, son tratados por este autor específicamente en la segunda parte de su «Libro de la Anathomia del hombre» y en el «Sueño del Marqués». Las explicaciones giran alrededor

de lo que antes he llamado *filosofía de la sangre*, de fuerte influencia galénica, y en las concepciones aristotélicas, a pesar de la confesión de Montaña de Monserrate de que en estos temas no ha seguido ni a Aristóteles ni a Galeno ni a Avicena.

Filosofía de la sangre. Su relación con las concepciones embriológicas de Montaña de Monserrate.

Será conveniente que expongamos, de acuerdo con la lectura del libro de Montaña de Monserrate, lo que hemos denominado *filosofía de la sangre*, la cual transporta los espíritus natural, vital y animal. Bajo el término de «sangre» se engloba algo más de lo que hoy entendemos como tal. El propio autor nos lo aclara:

«Y entiendo aquí por sangre aquella massa de humores que se halla dentro de las venas, la qual está compuesta de quatro géneros de humores que son sangre pura cólera flema, y melancolía que son los quatro humores naturales de los quales juntos se mantiene todo el cuerpo».

Y toda la obra de Montaña de Monserrate está impregnada de esta filosofía, no solamente en la parte que especula sobre la generación del hombre y de su nacimiento y de las causas necesarias de la muerte, sino también en la primera parte que es la más puramente anatómica. Precisamente en ésta hace alusión a los llamados *miembros principales* del cuerpo humano, que son aquellos que engendran algún principio necesario para la vida del hombre o para la conservación de la especie. Como tales considera el *corazón*, que engendra el espíritu vital, necesario para las obras de la vida y que en el relato del sueño nos dice que es el mismo espíritu genitivo, representado por el arquitecto que construye la fortaleza en el interior del útero; el *cerebro*, engendrador del espíritu animal, necesario para el sentimiento y el movimiento; el *hígado*, formador de la sangre y probablemente del espíritu natural; y, por último, el *testículo*. En éste se forma la simiente y, nos dice el autor, que según algunos se forma el espíritu genitivo, que él mismo identifica con el espíritu vital. Por lo tanto, la simiente masculina, formada en el testículo, es la *causa eficiente* de la formación del nuevo ser, tal como defendía Aristóteles.

La sangre está compuesta de los cuatro humores, tres de los cuales pueden hallarse puros fuera de las venas, que no en ellas, aunque la sangre en ninguna parte se halla pura. En el cuerpo humano hay dos clases de sangre, de las que se engendra y se mantienen todas las partes de aquél. Una de ellas es la «*sangre venal*», sangre gruesa terrestre, según expresión del autor; la otra es la *sangre arterial*, que es una sangre sutil, que se forma por la depuración y filtración de la *sangre venal* a través de los poros del corazón. De las dos clases en que, a su vez, puede subdividirse la sangre arterial, una de ellas es la «fermentada con la simiente del varón en la madre de la muger». Como simiente verdadera (solamente la del varón) entiende la «sangre pura arterial que sobra del mantenimiento de los miembros sólidos preparada en los vasos seminales, y cozida y perfeccionada en los testículos». En esta simiente del varón abundan los espíritus vitales. La otra clase de sangre arterial es la que no está mezclada ni cocida con la simiente del varón.

Queda bien claro que la sangre es la que engendra y las que conserva las distintas partes del cuerpo. Es más, los *miembros simples*, o sea, aquellas partes del cuerpo que no constan de «diferentes naturalezas» y que en cualquier sitio que se analicen son siempre identificables, se dividen de acuerdo con la «materia» de que se engendran. MONTAÑA DE MONSERRATE distingue un total de nueve «miembros simples» (nervios, venas, arterias, cuerdas, ligamentos, huesos, ternillas, carne y gordura). Todo el cuerpo humano está compuesto de estos miembros. La clasificación de los mismos está basada en esta «filosofía de la sangre» y nos ayuda a comprender todas las ideas sobre la generación del individuo y sobre la formación del cuerpo.

Unos de estos miembros simples, los por él denominados sanguíneos (también sólidos y habituales) se forman de la sangre venal pura, y son solamente la «carne» y la «gordura». Los siete restantes, llamados seminales, proceden de la sangre arterial fermentada con la simiente del varón en el útero de la mujer, pero fermentada «con bastante fermento». Dejando aparte las consecuencias prácticas que ello tiene en el ejercicio de la Medicina (las partes seminales no pueden «consolidar verdadera-

mente» si se cortan en la edad adulta, pues en este momento el «fermento está casi agotado»), la conclusión es muy simple: la *materia* de que se forma el cuerpo es la «sangre venal pura» y la sangre arterial fermentada con la simiente del varón.

* * *

Esbozada así la «filosofía de la sangre», que lo explica todo, es fácil comprender las exposiciones y elucubraciones sobre la generación del individuo, sobre el mantenimiento y el crecimiento del cuerpo, sobre la conservación de la vida y otros temas que MONTAÑA DE MONSERRATE trata en su segunda parte del libro o en animada discusión con el marqués.

Para él los miembros que sirven para la generación de la criatura son tres: «los testículos y la verga del hombre, y la madre de la muger». Como anatomista conoce la arteria y la vena espermáticas, pero con ellas se hace «un reboltillo», que denomina «vaso seminal preparatorio» que debe su nombre a que en dicho vaso se prepara la sangre, y una vez preparada el testículo, a partir de ella, elabora la simiente, «que lleva consigo el espíritu genituo la qual simiente se comunica al lugar de la generación que es la madre, mediante los vasos seminales y la verga». Hay que añadir que además del vaso seminal preparatorio, describe un «vaso seminal delatorio», que debe corresponder al conducto eyaculador, ya que lo define como «un caño» que desemboca en el cuello de la vejiga por «un agujerito que sale a rayz de la verga».

Los ovarios, que él denomina «testículos de la madre» (repetimos que el término madre es sinónimo al de útero), no participan en la procreación.

En la primera parte del libro, en el Capítulo X, que es donde trata de los miembros de la generación, MONTAÑA DE MONSERRATE, tan preocupado siempre de las utilidades y oficios de los órganos, no le asigna función alguna a los «testículos de la madre», en la breve descripción que hace de éstos. Ello no es de extrañar, pues con anterioridad hemos expuesto que la función ovárica no fue descubierta hasta un siglo después de la pu-

blicación de esta obra. En el «sueño del Marqués», éste inquiere de Montaña la utilidad de la «simiente de la muger», indicándole que probablemente no servirá para nada, puesto que todos los miembros se forman de la sangre de la mujer y de la simiente del varón. El le expone una serie de opiniones que se han dado sobre el papel de esa simiente, pues según unos puede servir de materia, según otros de «eficiente» en la generación y según aún unos terceros de materia y «eficiente». Incluso alude a Galeno, para el cual «los panículos que embueluen la criatura se engendran della».

Pero en lo que quiero llamar la atención es que habla de una simiente de la mujer, que es «sangre arterial cozida en alguna manera», de la que no aclara su procedencia, si bien pudiera sobreentenderse que el origen de la tal simiente fueran los «testículos de la madre». Y digo esto, que parece contradecir lo que antes dije sobre el silencio absoluto que Montaña observa en cuanto a la utilidad de los «testículos de la madre», porque de ellos nacen también «vasos seminales preparatorios y delatorios como en el varón», y ya sabemos que en éste los primeros vasos son los que preparan la sangre para que el testículo masculino elabore una simiente. ¿Se sospechaba ya en tiempos de MONTAÑA DE MONSERRATE una posible intervención de los ovarios en la formación del embrión? Posiblemente fuera así, pero como hemos visto el propio Vesalio que había descrito ya unas vesículas en las gónadas femeninas, no supo desentrañar su significado. Es más, el papel de la simiente de la mujer es minusvalorado por Montaña, que le contesta al marqués «que no es verdaderamente simiente, porque no tiene perfecto cozimiento ni tiene aquella sustancia y templança que tiene la simiente del varón, y por esto no puede servir como fermento».

El cuerpo del embrión se desarrolla en la «madre» de las mujeres, en razón a esta «filosofía de la sangre». La mujer tiene más sangre que el hombre; la prueba de ello es que le sobra y tiene que expulsarla cada mes por el útero, excepto cuando está embarazada. La consecuencia lógica es que este exceso de sangre, no eliminado durante el embarazo, contribuye a la formación del embrión. Aún hay otras razones por las que las

mujeres abundan más en sangre que los varones: una de ellas es una cierta «flaqueza de calor natural» y otra un «defecto de ejercicio».

Expuestos ya la materia de la que se forma el cuerpo del embrión (la «sangre venal pura» y la sangre arterial fermentada con la simiente del varón) y el lugar donde se engendra («la madre de la muger»), MONTAÑA DE MONSERRATE pasa a considerar los factores que intervienen en estos fenómenos.

La causa primera es Dios, pero la causa inmediata (formador de la criatura) es el «espíritu genitivo», que está contenido en la simiente del varón y en la sangre de la mujer, aunque es mucho más puro el de aquél que el de ésta. Los doctores —nos dice Montaña— no están conformes en qué cosa sea este «espíritu genitivo», el cual ha de tener «grande arte y entendimiento práctico» puesto que es capaz de hacer «fábrica tan prima y delicada». Pero a pesar de la disconformidad, Montaña opina que ha de ser el mismo espíritu vital, «mediante el qual se conserua la vida y no hay por qué buscar otro artífice nuevo pues en la conseruación de la vida y en el remedio de las dolencias haze este espíritu obras tan admirables y tan ciertas al que bien las considera, como son las obras de la generación del cuerpo».

Este artífice —bien espíritu genitivo o bien espíritu vital— se preocupa inmediatamente —¡cómo no!— de atraer sangre arterial y venal, para formar los miembros sólidos, pero lo primero que engendra con esta sangre es un panículo envolvente del embrión, el saco coriónico, que él denomina secundina. En ella empieza a construir de inmediato venas y arterias, que conectan con las venas y arterias del útero. El panículo no es parte de la criatura —hoy diríamos que es un anexo— y crece como una planta a medida que crece la criatura. Describe a continuación la formación de tres troncos, dos venas y una arteria (los vasos umbilicales) que envían raíces en la secundina que conectan con los vasos del útero. Véase la preocupación inmediata del «artífice» de asegurar el aporte de sangre al embrión. Estos tres troncos están cubiertos con su panículo y forman un vaso que es el «ombliigo», lo que hoy llamamos cordón umbili-

cal. Más tarde aparecerá el amnios, el alantoides —que él llama «alancoydes»— y el uraco para cubrir otras necesidades.

Montaña tiene, por lo tanto, unos conocimientos bastante aceptables con respecto a los anexos fetales, pero como es lógico lo desconoce todo respecto a la morfogénesis del propio cuerpo del embrión. Una vez más repetimos que este desconocimiento está más que justificado para la época en que escribe su obra, ya que aun después de formulada la teoría celular se sostenía que el «blastema embrionario» (el «primitivo cuerpo del embrión» o materia del mismo) era una masa homogénea que carecía de estructuras. Las células aparecían en ese blastema por «generación equívoca», es decir, «por paulatina conversión de la masa primitivamente indiferenciada en diferenciada organización celular de la materia germinal, y así lo admitirán todos hasta que veinte años más tarde (a la formulación de la teoría celular por SCHLEIDEN y SCHWANN) Rudolph VIRCHOW... pudo demostrar con gran copia de hechos que las células proceden siempre de otras células y que, en consecuencia, su generación no es «equívoca», sino «unívoca». *Omnis cellula e cellula* (LAÍN ENTRALGO, 1974). Es decir, que la primera expresión de la formación de un nuevo ser es la formación de una primera célula, el cigoto, resultante de la fusión del óvulo y del espermatozoide. Veamos, pues, a cuántos años de distancia se encontraba MONTAÑA DE MONSERRATE para poder formular una correcta descripción de la formación del cuerpo embrionario. No obstante, él intentará explicarlo a su modo y «conforme a la sentencia de Ypócrates confirmada por la experiencia que el cuerpo humano aunque sea hembra o varón no tarda más de quarenta y cinco días en formarse él y todos sus miembros». En dicho tiempo ocurren tres estadios o mudanzas «en el preñado muy señaladas de las cuales hace mención Ypócrates en su libro de natura humana aunque por estar el libro muy corrupto no se puede bien atinar en lo que dize y da lugar a que cada uno diga lo que se le antoja». En el primer estadio la simiente del varón, recibida en el útero, hierve y se convierte en espuma, pero todavía tiene forma de simiente. En el segundo estadio es cuando ya viene gran cantidad de sangre a la simiente, que se cuaja y se convierte en naturaleza de carne, en cuyo seno está incluida la si-

miente, pero no hay formado ningún miembro. En el tercer tiempo, la criatura está ya formada, pero aún no puede moverse.

Durante estos tres estadios, el producto de la gestación tiene vida como planta, «es a saber que tiene virtud para mantenerse y crecer, pero aún no es animal porque no siente ni se mueve...». Estos tres períodos tienen una duración de treinta a cuarenta y cinco días, pues parece ser que el cuerpo de varón se forma «más presto que el de la muger», pero en el máximo de 45 días la naturaleza no se ha olvidado de formar los miembros exteriores, como son los testículos, la verga, los brazos y las piernas. A pesar de ello, repetimos que el embrión, según Montaña, es como una planta. Aún añade un cuarto tiempo, «en el qual la criatura está crecida y sus miembros tienen bastante compostura y templança para gozar de vida sensitiva, y entonces la criatura se mueve, y siente a lo menos con el sentido del tacto».

* * *

La obra de MONTAÑA DE MONSERRATE es anatómica, pero su preocupación por una explicación racional y lógica, de acuerdo con la lógica y la razón del pensamiento fisiológico y filosófico de su tiempo, hace que trascienda la pura descripción analítica. En ella hay respuestas al «qué» y al «cómo» son las formas, a su génesis, al «por qué» del crecimiento y de la conservación de los distintos miembros del cuerpo humano, al «para qué» de los mismos, al «porqué» de la muerte, a «cuál» es la participación de los padres en la generación del nuevo individuo, etc. Su Anatomía, por supuesto, es descriptiva pero también funcional, ontogenética y aplicativa, si bien desde el punto de vista actual es erróneamente funcional, erróneamente ontogenética y erróneamente aplicativa. Se fundamenta en un sistema cerrado y falso, pero muy coherente, que lo explica todo por la «filosofía de la sangre», de los humores que ella contiene y que la integran y por los «espíritus» que ella misma transporta y transforma.

* * *

Ovistas y animaculistas. ¿Preformación o epigénesis?

Pero ya en tiempos de Montaña de Monserrate, la doctrina galénica, cimiento de su obra, comenzaba a ser desmantelada y la teoría de la circulación de la sangre de Harvey y la implantación del método experimental, de las leyes de la mecánica de Galileo y la consecutiva consideración de contemplar el cuerpo de los seres vivos (y también el del hombre) como un mecanismo, acabarían pronto por convertirla en un recuerdo histórico. Por lo tanto las preguntas referentes a la génesis de las formas del cuerpo humano, en las que se basa la perfecta comprensión de los mismos, no tenían respuestas satisfactorias.

¿Por qué nuestras formas, todas nuestras estructuras que nos organizan en una unidad viva, son como son? ¿Cómo se forman estas estructuras, es decir, cómo se forma el germen embrionario y cómo a lo largo del embarazo se organiza hasta llegar a ser primero un embrión, después un feto, después un recién nacido, más tarde un niño y luego un adulto? ¿Cuál es la participación del padre y de la madre en el acto de la procreación?

Las respuestas, basadas en la «filosofía de la sangre», no eran válidas. Las preguntas resultaban de nuevo un estímulo a la inteligencia humana. Por otra parte, el método experimental había arañado en la costra que ocultaba la verdadera participación de la mujer en el acto de la procreación. El *ex ovo omnia*, lanzado a todos los vientos por HARVEY en el año 1651, y el descubrimiento de que la gónada femenina es a modo de un «saco de huevos», no sólo en las hembras ovíparas sino también en las vivíparas, y con ello el descubrimiento de la función ovárica de los «testículos de la madre», condujeron a sobrevalorar el papel de la mujer en la generación del nuevo ser. Pronto entramos en este problema, que nos llevará a detenernos en la polémica entre *ovistas* y *animaculistas*, que quedó resuelta a lo largo del siglo XIX, y en la querrela entre *preformacionistas* y *epigenetistas*, cuyas últimas batallas aún se están librando, a pesar de que ya podemos adelantar que la victoria final es de los primeros.

La Biología tiene deudas de reconocimiento por los avances científicos que le han facilitado seres vivos, tales como el perro, el gato, el cobayo, la rata blanca, la mosca del vinagre (*Drosophila melanogaster*), el estafilococo y el bacteriófago. Muy pronto estará en deuda con el embrión humano vivo, conseguido en países extranjeros por medio de los abortos. Y desde hace muchos años, está en deuda con el embrión de pollo. Su desarrollo ya fue observado por ARISTÓTELES, quien, como ya hemos dicho, fue quizás el primer epigenetista, es decir, uno de los primeros en sostener que los órganos y las estructuras aparecen a lo largo del desarrollo embrionario y que no están en el germen desde el momento de la fecundación; él sostuvo que el primer órgano que aparece en el embrión de pollo es el corazón, quizás por el impacto que supone observar sus latidos.

HARVEY (1651) también por sus estudios sobre el embrión de pollo se había definido como epigenetista. Pero la EPIGÉNESIS no responde, de acuerdo con las leyes de la mecánica, a una pregunta clave: ¿cómo el huevo contiene esas formas y estructuras que se desarrollan a lo largo de la ontogénesis?

No es de extrañar que a pesar de toda la autoridad científica de Harvey no fuera seguido como epigenetista, máxime cuando años antes, Fabricius d'AQUAPENDENTE (1625) en un derroche de imaginación, tan sólo igualado por HARTSOEKER, y también en el embrión de pollo, daba unas descripciones de su germen que respondían prácticamente al «por qué» se forman las estructuras. En efecto, d'Aquapendente observando el germen del embrión de pollo con aquellos rudimentarios microscopios (que no obstante representaban un gran adelanto técnico con respecto a épocas anteriores) lo había descrito y lo había dibujado como una miniatura minúscula y casi perfecta de un pollo adulto. Y si era así, todo el problema del «cómo» se forman las estructuras y los órganos estaba resuelto. Todos ellos estaban preformados en el germen embrionario. De este modo, y casi al mismo tiempo surgió la *teoría de la preformación* y se formó el *bando de los ovistas*.

Aunque ya lo hemos insinuado, seamos más explícitos en la exposición de la teoría que sostenían los ovistas. Estos defendían que en el ovario de las hembras, y entre ellas la mujer, se

encontraban los huevos (u óvulos), y a su vez en cada uno de éstos estaba contenido el futuro ser de tamaño minúsculo, pero totalmente preformado. *Los ovistas eran preformacionistas*. El semen de los machos, y en la especie humana el semen del varón, representaba solamente el papel de estímulo desencadenante para el crecimiento de esa diminuta figurilla que el óvulo encerraba.

Para muchos, estas concepciones adquirieron el carácter de *dogma de fe científica* y se convirtieron en fanáticos ovistas, tales como científicos de la categoría de SPALLANZANI (1785). La declaración pública del dogma y el triunfo de los ovistas fue el descubrimiento de la *partenogénesis* por Charles BONNET (1740).

Los varones habíamos pasado a desempeñar un papel muy secundario en la generación de nuestros hijos. Ya no se trataba solamente del hecho muy importante de que la madre llevara en su seno y durante nueve meses el fruto de la concepción, sino que el óvulo de ella, y *solamente su óvulo*, era el contenedor del nuevo ser. Como consecuencia en el ovario de Eva estaba contenida toda la Humanidad (Antonio VALLISNIERI) y y todos éramos realmente hermanos, nacidos de hermanas aunque en generaciones distintas.

* * *

Pero éste era uno de los bandos. Frente a él se constituyó otro, tan fanático como él, que también se fundamentaba en la teoría de la preformación. Fue el *bando de los animaculistas*, para quienes el homúnculo, la miniatura del hombre, estaría contenida, no en el óvulo de la mujer, sino en unos «animáculos», los espermatozoides, que los primeros microscopistas habían observado en el semen, y que, si bien fueron desdeñados por los ovistas que los consideraron como parásitos del líquido espermático, alcanzaron una importancia extraordinaria. Ello fue debido a la imaginación de otro microscopista del siglo XVII, HARTSOEKER, el cual comparte con VAN HAMM la gloria de su descubrimiento, aunque la mejor descripción y los mejores dibujos de espermatozoides fueron los llevados a cabo por LEEU-

WENHOEK. Hartsoeker no sólo los descubrió, sino que además «vio» en lo que es la cabeza del espermatozoide, la figura de un homúnculo; un verdadero hombrecillo, acurrucado en posición fetal, y mostrando en su cabeza la fontanela bregmática. No se trataba de parásitos del semen como postulaban los ovistas; los espermatozoides, pequeños pero verdaderos animales como los denunciaban sus ágiles movimientos, eran los responsables únicos de la generación de nuevos individuos que en ellos estaban contenidos y preformados. El huevo de las hembras solamente servía de nutrición al nuevo ser. Según los animaculistas, también todos los hombres que han existido son verdaderos hermanos, pero ¡qué gran error considerar que estaban contenidos en los ovarios de Eva! Toda la Humanidad había estado encerrada en los testículos de Adán. *El machismo estaba a salvo.*

Ovistas y animaculistas ha habido durante los siglos XVII, XVIII y parte del XIX. Fue necesario corregir el error de DE GRAAF sobre su identificación de la vesícula ovárica con el óvulo (lo que hizo VON BAER, 1827, al demostrar que éste se encuentra en el interior de aquélla); formular la teoría celular (SCHLEIDEN, 1838 y SCHWANN, 1839); identificar este óvulo como una célula (SCHWANN, 1839); asimismo desmentir, como aún afirmaba RASPAIL la creencia de que los espermatozoides eran simples infusorios o residuos orgánicos o productos de la descomposición del semen, sino también que debían ser considerados como células (KÖLLIKER, 1841) elaboradas en los testículos; fue necesario también observar una y otra vez que los espermatozoides penetran en el óvulo (hecho que había sido denunciado ya en el año 1840 por BARRY, y que fue puesto en duda por casi todos los biólogos, hasta que llegó a ser una evidencia); ver la unión de los dos pronúcleos, el del óvulo y el del espermatozoide, es decir, el descubrimiento de la *anfimixis* (FOL, 1877); comprender el significado genético de los núcleos celulares; descubrir y describir la meiosis (VAN BENEDEN, 1883) durante la gametogénesis. Fue necesario que éstos y otros muchos hallazgos tuvieran lugar para llegar a comprender el exacto papel que desempeñan cada uno de los progenitores en la formación de un nuevo ser, consistente en esencia en aportarle a través de los

pronúcleos del espermatozoide y del óvulo un número haploide de cromosomas y con ellos el material genético hereditario, que le hará desarrollarse como un individuo de su especie.

Se está ya en condiciones de comprender *cómo se forma el germen embrionario en los seres de reproducción sexual*. Se trata de la fusión de dos células para formar una sola, que a su vez se dividirá muchas veces hasta que por divisiones sucesivas de las células hijas, resulte ese conglomerado de millones y millones de células que constituye la entidad que es el individuo pluricelular.

El cuerpo humano es, al igual que el de los seres pluricelulares, un conglomerado enorme de células de origen celular, organizado en órganos, aparatos y sistemas, pero constituyendo un todo, una unidad funcional, coherente e integrada. Más adelante esbozaremos, aunque sea esquemáticamente, algunos de los estadios intermedios entre esa célula única, el *huevo* o *zigoto*, con que comienza a existir todo metazoo que se reproduce sexualmente, y un hipotético estadio del desarrollo prenatal en el que el embrión podría ser considerado como un homúnculo, tal como lo imaginaban los primeros preformacionistas. Pero ahora resaltemos el hecho, aunque con ciertas reservas, de que *la hora cero de la vida de cada individuo humano, la hora cero de la formación de nuestro cuerpo*, suena con la fusión del pronúcleo del espermatozoide con el del óvulo. En ese momento somos una esferita de tamaño tan reducido que 200 de ellas cabrían holgadamente en un milímetro cúbico.

Hoy día nos parecen ridículas la lucha entre animaculistas y ovistas y la teoría de la preformación, formulada a base de un homúnculo que sólo tiene que crecer, tal como la defendieron muchos investigadores del siglo XVII y principios del XVIII (d'AQUAPENDENTE, MALPIGHI, SWAMMERDAM, VALLISNIERI, HARTSOEKER, etc.); e, incluso, la menos burda, que sostuvieron los preformacionistas de finales del siglo XVIII para los que en el embrión no preexistían los órganos, sino solamente unos esbozos de los mismos que mediante modificaciones progresivas a lo largo del desarrollo embrionario adquirirían su forma definitiva (HALLER, 1774). Hoy se sabe que el papel del padre y de la madre en la generación de un nuevo ser, es igualmente importante

en cuanto la dotación genética que le aportan, y si la balanza tuviera que inclinarse por uno de ellos sería a favor de la madre por la razón muy obvia del hospedaje, nutrición y cuidado del producto de la concepción durante los nueve meses de la gestación, y por la menos obvia de una posible participación del citoplasma en la herencia, citoplasma que en el cigoto es ofrecido exclusivamente por el óvulo.

Cierto es, y repito, que la preformación y la querella entre ovistas y animaculistas nos parecen, a nosotros, hombres de hoy, bizantinas, y máxime cuando todos sus defensores debían conocer la teoría epigenetista de Aristóteles y de Harvey. Ciertamente es, y vuelvo a repetir, que el triunfo del «homúnculo preformado» se debió en parte a la imaginación de un d'Aquapendente o de un Hartsoeker, pero sólo en parte. El rechazo de la epigénesis de Aristóteles, y en consecuencia y como contrapartida el entusiasmo por la preformación, se debió también a que la epigénesis aristotélica se fundamentaba en la *generación equívoca*, es decir, que de lo informe e inanimado podía surgir un ser vivo. A este propósito ya hemos comentado un artículo de LAÍN ENTRALGO (1974), en el que a propósito del origen de la vida, según la tesis de Oparin y los muchos trabajos de investigación que ésta ha suscitado, es muy factible que el primordium de la vida en la «Tierra juvenil» —según la expresión teilhardiana— surgiere por *generación equívoca*, aunque la célula sea de generación unívoca: el «*omnis cellula e cellula*» de Virchow.

Pero la aceptación de la generación equívoca de Aristóteles no se refería a un primordium de vida, sino que él admitía que el limo de los ríos generaba embriones de rana, y la carne putrefacta larvas de mosca. En el siglo XVII, la generación espontánea de ranas, ya era difícil de creer; pero aún existía el pleno convencimiento de que la carne en descomposición generaba espontáneamente larvas de mosca. Por eso cuando REDÍ demostró que tal generación era imposible; que si la carne se mantiene en frascos cerrados no aparecen larvas; y que en definitiva *todo ser vivo procede de otro ser vivo* («*omne vivum ex vivo*») se desestimó la epigénesis de Aristóteles, se desatendió la de Harvey y se cimentó el edificio de la preformación.

«Vino a pensarse, por tanto, que lo informe no puede producir espontáneamente formas vivientes; o, con otras palabras, que la forma del animal está contenida en el embrión, y la del vegetal en la semilla: la bellota contendría una diminuta encina, y el huevo de gallina un mínimo polluelo» (MARÍAS y LAÍN ENTRALGO, 1968).

Un impacto: la epigénesis de Wolff

Pero ya muy entrado el siglo XVIII, C. F. WOLFF (1759) demostró hasta la evidencia, en su obra «Theoria generationis», que en el huevo de gallina no había ningún polluelo preformado, sino que a partir de una masa informe, el blastema germinativo, aparecen «glóbulos» y «vesículas» (probablemente núcleos celulares); más tarde, se forman unas hojas (las hojas embrionarias), que sufren movimientos y modificaciones en el transcurso del desarrollo; una de ellas se transforma en un tubo, que Wolff ya identificó como tubo digestivo; a la vez se va perfilando el cuerpo del embrión, irreconocible en los primeros momentos; en aquellas hojas surgen engrosamientos más o menos localizados, que ulteriormente evolucionan hacia órganos y sistemas. Wolff demostró hartamente la gradual y progresiva complejidad desencadenada a partir de aquel blastema originario aparentemente informe. En terminología actual podríamos decir que WOLFF habría descubierto un enriquecimiento de la información inicial depositada en el blastema embrionario. La teoría epigenética de Wolff en resumen viene a decirnos que nada hay preformado, que todo se construye gradual y progresivamente, ya que a lo largo del tiempo aparecen nuevas estructuras y nuevas propiedades no contenidas en el huevo.

LAÍN ENTRALGO (en MARÍAS y LAÍN ENTRALGO, 1968) *considera la epigénesis wolffiana como vitalista, dentro de un grupo que él llama vitalismo espontáneo o productivo, pues para dar una explicación formal a su teoría debe invocar una «fuerza vital» de los seres animados, que a su vez es reactiva —capaz de responder específicamente a estímulos externos— y productiva, o expresado con sus palabras, «capaz de producir espontánea-*

mente, actuando sobre la materia inorgánica, formas biológicas adecuadas a la situación exterior y más o menos nuevas».

El impacto de la teoría epigenética de Wolff sobre la Ciencia biológica de su tiempo fue grande, sin que ello significara la deserción total del campo preformacionista. En primer lugar, despertó la curiosidad y el interés de muchos hombres de ciencia hacia el estudio y observación de las hojas que aparecen en el desarrollo embrionario y de las ulteriores evoluciones que sufren. La posibilidad de ver la evolución y el desarrollo de unos órganos a partir de unas hojas simples, como había postulado Wolff, ofrecía mayor atractivo que la observación del simple crecimiento de un órgano que ya estaba constituido, según los preformacionistas, desde el mismo acto de la fecundación o, incluso con anterioridad, en una u otra de las células germinativas.

La terminología embriológica se enriquece con nuevos términos (hojas germinativas, ectodermo, endodermo, mesodermo, etc.) como resultante de la adquisición de nuevos conocimientos (más importante que el de los términos), favorecida además por nuevos adelantos del microscopio que ahora proporcionaba mejores imágenes y mayores aumentos.

Nacimiento de la Embriología como Ciencia formal.

Este nuevo impulso hace surgir la Embriología como Ciencia formal, hecho que no es brusco, pues interés por problemas embriológicos había sido sentido por los investigadores del siglo XVII y XVIII. Pero es a finales de este siglo y principios del XIX, cuando se multiplican los estudios de esta índole. Y por ello cuando aparece la monumental obra de ERNST VON BAER, en donde se recapitulan todos los conocimientos previos y se exponen las muchas y muy importantes contribuciones del propio autor, la Embriología se desgaja como Ciencia propia, aunque hermanada con la Morfología. Por ello no es de extrañar que muchos consideren a VON BAER el padre de la Embriología.

La morfogénesis comenzó a ser conocida. Es cierto, y no podía ser de otra manera, que la Embriología empezara por ser descriptiva y comparativa. En esos momentos coincide con el

interés extraordinario por la Anatomía Comparada, sentida por hombres de la talla de Vicq d'Azyr, Cuvier, E. G. Saint Hilaire, Oken, etc., algunos de los cuales hicieron aportaciones embriológicas de gran importancia. Es también en estos momentos cuando se acuña el término «Morfología», debido a Goethe, que sintió gran atracción por los problemas de esta ciencia. Es el momento de auge de la Morfología idealista, de la búsqueda con ahínco y tesón de unos «planes de construcción» de unos «planes de organización», ideales a los que se ajustara la diversidad de las formas vivas que la Naturaleza nos brinda. El esfuerzo de estos naturalistas ha sido justamente apreciado y valorado por JACQUES MONOD (1972), en su famoso libro «El azar y la necesidad». En él leemos:

«Había una ambición platónica en la búsqueda sistemática de las invariantes anatómicas a la que se consagraron los grandes naturalistas del siglo XIX, tras Cuvier (y Goethe). Quizá los biólogos modernos no siempre reconocen el genio de los hombres que, bajo la estupefaciente variedad de las morfologías y de los modos de vida de los seres vivos, supieron descubrir si no una forma única, al menos un número finito de planos anatómicos, cada uno de ellos invariante en el seno del grupo que él caracteriza».

La Embriología comparada —y aun la simplemente descriptiva— ofrece una nueva perspectiva para intentar resolver los problemas que los morfólogos idealistas tenían planteados (fundamentalmente la búsqueda de un plan ideal de organización) y los afanes de aquellos naturalistas que, deseosos de poner un cierto orden en la diversidad de las formas vivas, intentaban una clasificación natural y racional de los grupos animales.

Por supuesto, que la Embriología no puede proporcionar todos los datos para establecer los planes anatómicos ideales, pero la Ontogenia de los seres vivos demuestra en muchas ocasiones la existencia de estructuras que las formas adultas ya no presentan, y que han servido a los taxonomistas para la inclusión de un determinado ser dentro de un grupo insospechado por la anatomía de las formas adultas. Hay que añadir además, *la gran semejanza de las fases del desarrollo embrionario de los más diversos animales*. Parte de estos conocimientos eran

ya conocidos por el propio von Baer, y a base de ellos, se permitió afirmar que a lo largo de la embriogénesis animal aparecen primero los caracteres generales que éste comparte con los otros animales que constituyen un amplio grupo, y posteriormente los caracteres más especiales, que permiten al animal encasillarlo en otro grupo más reducido. Por ejemplo, un determinado animal del phylum de los Cordados (al que pertenecen seres tan dispares como el amphioxus y el hombre) desarrollará primero la notocorda (que en el adulto quedará convertida en una «cuerda dorsal» fibrosa, como ocurre en el amphioxus, o dará lugar a la columna vertebral ósea, como en el caso del hombre). Si ese ser, dentro del phylum de los cordados, es de la clase (grupo taxonómico más reducido) de los mamíferos, con posterioridad a la formación de la notocorda, en el embrión se desarrollarán los pelos y las mamas. Estas observaciones fueron elevadas a rango de ley, la *ley de von Baer* que podría ser formulada así:

«*Los rasgos más generales que son comunes a todos los miembros de un grupo de animales, se desarrollan en el embrión antes que los caracteres más especializados, que distinguen a los varios miembros del grupo*» (BALINSKI, 1965).

La ley de von Baer fue un preludio de la más difundida *ley biogenética de Müller-Haeckel*.

Las primeras fases del desarrollo embrionario

Muy pronto, y aun en tiempos de von Baer, los conocimientos sobre el desarrollo embrionario se iban a engranar y a beneficiar de la teoría celular. El propio von Baer, como ya hemos dicho, fue quien deshizo el error de DE GRAAF sobre la vesícula que lleva su nombre (foliculo de Graaf) en cuanto que ésta no representaba el «huevo» sino que, como tal, había que considerar al óvulo, contenido en ella (VON BAER, 1827). Año más tarde, como también hemos referido, SCHWANN (1839) afirmó, y así es, que el óvulo es una célula y KÖLLIKER (1841) añadiría que también lo es el espermatozoide.

La concepción de la *fecundación* como fusión de las dos células germinativas, fue descubierto, negado como tal, vuelto a

descubrir y a afirmar, en repetidas ocasiones a lo largo de las décadas centrales del siglo XIX, pero yo creo que no adquirió carta de naturaleza hasta que la célula fue considerada no solamente como unidad estructural del cuerpo de todos los seres vivos y como unidad funcional, sino también como unidad genética, es decir, hasta que Virchow sentenció que toda célula procede de otra célula.

Los avances de la Embriología y de la Citología, ya a finales del siglo XIX, permitían considerar que el cuerpo de todos los seres vivos que se reproducen sexualmente, y por lo tanto el cuerpo humano, comienza siendo (como también hemos dicho, pero ahora detallaremos algo más) una pequeña célula (el *zigoto* o huevo), que entra en un período de activación muy pocas horas después de haberse constituido por la fusión del espermatozoide y del óvulo. Esta activación consiste, fundamentalmente pero no exclusivamente, en una rápida división celular por mitosis (fase de segmentación). En efecto, el cigoto se divide en dos células hijas (*blastómeras*), y desearía que retuviéramos en la mente esta primera división para poder entender los problemas y las soluciones que la Embriología experimental ha querido aportar para resolver el viejo debate entre epigenetistas y preformacionistas. Estas dos primeras células hijas se dividen, a su vez, y pasamos por un estadio de cuatro células. Nuevas divisiones, todas ellas muy rápidas y sin permitir el crecimiento del citoplasma pero sí la sucesiva duplicación del ADN, conducen a la constitución de una esferita, formada por un conglomerado de células, llamada *mórula*, cuyo diámetro es sensiblemente igual al del cigoto y, por lo tanto, al del óvulo. El citoplasma ovular originario no ha crecido, sino que se ha repartido entre las células hijas. En esta fase del desarrollo (*fase de segmentación*), el fenómeno más aparente es el de la rápida división celular, aunque ya puede iniciarse una citodiferenciación, y en cuanto al aspecto morfológico sólo hay que destacar el paso de una célula única al de un conglomerado de pequeñas células. En la especie humana, todos estos procesos transcurren en los cuatro o cinco primeros días de la vida del producto de la concepción y mientras éste recorre la trompa uterina.

Este conjunto esférico de pequeñas células, en el que insistimos que no es posible distinguir nada que se parezca a una diminuta figurilla humana, cae en la luz del útero. Ciertamente es que mientras tanto la oquedad interior ha aumentado y el conjunto se ha transformado en una estructura esférica (que en los mamíferos recibe el nombre de *blastocisto* y en los animales inferiores suele llamarse *blástula*), que tiene una pared de una sola capa de células, excepto en un punto en que hay un acúmulo de ellas (masa celular interna o embrioblasto) que serán precisamente las que formen el cuerpo del embrión y algunos anejos fetales. Esta estructura se pone en contacto con la mucosa del útero y en el sitio donde contacta, emite por proliferación de su pared unos cordones celulares (en realidad, cordones sincitiales), que como si fueran raíces penetran en el interior de aquella mucosa y, para expresarlo de modo gráfico, la «arrastran» hacia el interior de la mucosa uterina. En la especie humana, a partir de este momento, el embrión y sus anejos estarán «incrustados» en esta mucosa, que le asegura el riego sanguíneo procedente de la madre (circulación útero-lacunar que posteriormente será útero-placentaria). En todas estas fases no hay prácticamente génesis de formas. Se trata de un *período premorfogenético*.

Pero casi inmediatamente que el huevo (término que aún puede ser empleado correctamente) penetra en el endometrio, aquel acúmulo celular que hacía prominencia hacia la luz del blastocisto, entra en una fase de cambios rápidos que conducen a la formación de las tres hojas embrionarias (el ectodermo, el endodermo y el mesodermo), que ya describiera el epigenetista Wolff y cuya formación, como es lógico, no pudo relacionar con el inicial blastema embrionario a través de una división celular del mismo. A esta fase de formación de las hojas (o *gastrulación*) en la que ya son visibles y patentes algunas formas (las mismas hojas) hay embriólogos que la denominan *período de morfogénesis primordial*.

Inmediatamente, y de modo continuo, se entra en una fase del desarrollo embrionario, en que ya es visible el plan de organización del individuo, con la formación del esbozo del tubo digestivo, demarcación del cuerpo embrionario, su metameriza-

ción y formación del tubo nervioso, hecho este último que permite denominar *néurula* a esta fase. Se trata del *período de morfogénesis secundaria*, al que continuará una *fase de organogénesis*, en el que aparecen los esbozos secundarios de los órganos, ya que los primarios pueden ser considerados como partes muy extensas de las hojas embrionarias. La organogénesis es el *período morfogenético definitivo*.

(En la subdivisión en fases y períodos de estos primeros momentos del desarrollo, nos hemos guiado por el texto de DOLLANDER y FENART, 1975).

Retorno a la preformación

Hemos creído oportuno esbozar las primeras fases del desarrollo embrionario con el fin de que se puedan comprender algunos de los muchos experimentos que se llevaron a cabo sobre el huevo, sobre las blastómeras, sobre las gástrulas o néurulas, etc., que han contribuido a conocer los mecanismos de la morfogénesis, si bien hay muchos problemas de la mecánica del desarrollo para los que aún no se ha hallado soluciones satisfactorias. Y hemos de adelantar —luego lo expondremos más detalladamente— que el primer experimento que utilizó un germen embrionario, estaba planteado para demostrar la validez de la teoría preformacionista, resurgida de sus propias cenizas hacia las últimas décadas del siglo pasado.

Durante ese siglo, la epigénesis había prevalecido sobre la preformación. Para la mayor parte de los biólogos de aquel entonces, era evidente que ni las hojas embrionarias ni mucho menos los esbozos de los órganos, estaban contenidos en el cigoto, célula cuya estructura con los nuevos adelantos, no sólo del microscopio sino también de la microtomía, era bien conocida. Este conocimiento permitía descartar la existencia en su citoplasma de algo que pudiera ser identificado como un futuro órgano del embrión.

Pero la epigénesis tenía que apoyarse forzosamente en la existencia de una fuerza vital, muy parecida al arquitecto de Montaña de Monserrate que se aposentaba en la matriz de la mujer embarazada y al principio creador defendido por Aristó-

teles. Y los vientos filosóficos y científicos del siglo XIX no soplaban en esta dirección. Así es que empezaron a perfilarse nuevas formulaciones alrededor del viejo preformacionismo. Desde luego que ni los miembros ni las distintas partes del embrión estaban preformadas en el cigoto, pero en su citoplasma había partículas y gránulos, que cualitativamente podían ser distintos y por lo tanto podían representar si no esbozos al menos las localizaciones previas de los distintos órganos y partes del futuro cuerpo embrionario. El huevo podría concebirse como un *mosaico de localizaciones germinales*, en donde «las formas no están preexistentes pero preexisten los materiales que han de constituir las formas» (DOLLANDER y FENART, 1975). Así se plantea el *prelocalizacionismo* de HIS (1874), que en realidad es un neopreformacionismo. Ello significaba que los esbozos de los órganos, de los aparatos y de los sistemas estaban predeterminados en el citoplasma del huevo y, por lo tanto, en la primera división celular cada una de las blastómeras debía llevarse el material necesario para formar la mitad del cuerpo del embrión.

La aplicación del método experimental en Embriología y nacimiento de la Embriología causal.

Para demostrar esta hipótesis, o dicho con otras palabras, para que el triunfo del preformacionismo fuese rotundo, era necesario aplicar el método experimental. Esto es lo que hizo ROUX (1885), el padre de la Embriología experimental, que fue rápidamente seguido por una legión de investigadores, que condujeron la Embriología por otros derroteros distintos al de la descripción y al de la comparación. A partir de entonces, los embriólogos, con sus experimentos, se han esforzado en llegar a comprender las causas, los factores y los mecanismos que se engranan en los distintos fenómenos morfogenéticos. Junto a la Embriología descriptiva y a la Embriología Comparada, nace la *Embriología causal*, como la denominó BRACHET en el año 1916.

El *primer experimento de Roux* fue destruir con una aguja al rojo una de las dos primeras blastómeras del huevo de rana, y observar la evolución de la blastómera viva. Si el neopreformacionismo llevaba razón, la blastómera superviviente sólo ten-

dría que formar la mitad de un embrión de rana. En efecto, esto es lo que ocurrió, y con ello Roux parecía haber demostrado experimentalmente el prelocalizacionismo de His, la nueva formulación de la vieja teoría de la preformación. Dos años más tarde, estos resultados eran confirmados por un experimento similar en el huevo de ascidia, realizado por CHABRY (1887). Ello confirmaba la *teoría del mosaico*: el material citoplasmático no era uniforme ni uniformemente estaba distribuido. Cuando se produce la primera división celular, cada blastómera se lleva distintas partes de aquel material y, en consecuencia, queda ya determinado su destino.

Pero el triunfo de la predeterminación, proclamado tras el experimento de Roux, iba a ser efímero. Uno de sus discípulos DRIESCH (1891), siguiendo este camino experimental ya iniciado, separó y aisló las dos células hijas resultantes de la primera división del huevo del erizo de mar, y observó que cada una de ellas originaba un cuerpo embrionario de tamaño algo menor que el obtenido en condiciones normales. Sus resultados eran totalmente opuestos a los de Roux (obtención de un embrión completo, no de un hemiembrión), si bien es cierto que no había aplicado el mismo método experimental (separación de blastómeras, no destrucción de una de ellas) ni había elegido la misma especie animal (erizo de mar y no rana). Sus resultados indicaban que en los experimentos de aislamiento de las blastómeras, éstas eran capaces de regular el material citoplasmático, reordenarlo y crear las condiciones iniciales del cigoto; el destino de la blastómera no está determinado de antemano, y si normalmente así ocurre, es porque ella «en cierto modo sabe» que a su lado está la otra blastómera. Obsérvese que cada célula tiene más potencia de la que normalmente desarrolla. La potencia real de una blastómera es formar la mitad del cuerpo; pero su aislamiento ha demostrado que la potencia total es mayor que la real, que la que desarrolla normalmente.

El aislamiento de las blastómeras primeras fue realizado también en otras especies animales (en el tritón por ENDRES, 1895; HERLITZKA, 1896; SPEMANN, 1901, 1903), incluido el huevo de rana, el primer material experimental que utilizó Roux. (En 1933, SCHMIDT separó las dos primeras blastómeras resul-

tantes de la división del huevo de rana y consiguió, al igual que Driesch en el erizo, que cada una de ellas desarrollara un embrión completo). Herlitzka proclamó el fracaso de toda teoría preformacionista.

La *epigénesis* había triunfado otra vez, ahora de la mano de Driesch. De nuevo era necesario recurrir a la entelequia aristotélica, a una fuerza vital reguladora de los procesos morfo-genéticos. Es más, se llegó a la conclusión de que las leyes que rigen los seres vivos son distintas a las que regulan la materia inanimada. Driesch fundó el «neovitalismo», radicalmente antimecanicista, y abandonó sus estudios biológicos por la enseñanza de la filosofía.

La Embriología causal acumula rápidamente una serie de hechos y conocimientos, que poco a poco crean un voluminoso cuerpo de doctrina sobre los factores determinantes de los procesos del desarrollo embrionario. Se observa que existen, de acuerdo con los resultados de la experimentación, dos tipos distintos de huevos.

Unos son capaces de reordenar su material citoplasmático cuando se aíslan sus dos primeras blastómeras y regular este material para formar un ser completo; son los huevos regulativos o isotropos, tales como el del erizo del mar, el del tritón y, según el experimento de Schmidt, el de la rana.

Otro tipo de huevos tendría su material citoplasmático desuniformemente distribuido (anisotropía) y al ser separadas experimentalmente sus dos primeras células hijas, se repartirían desigualmente el material, quedando así determinada en su destino; cada una de ellas, una vez aisladas, originarían monstruosidades en forma de hemiembriones o de embriones parciales. Estos son los huevos en mosaico o anisotropos, como el de la ascidia, utilizado en el experimento de Chabry.

En la actualidad se ha demostrado que la facultad reguladora se pierde con el avance del desarrollo y que depende de la especie animal. Es más, los huevos en mosaico pueden tener también capacidad reguladora, pero en estadios previos al de la segmentación e, incluso, al de la fecundación. Así lo demostró DALCQ en la ascidia, dividiendo no el huevo, sino el óvulo virgen

en dos fragmentos que eran fecundados inmediatamente, con lo que consiguió en muchos de los casos obtener dos cuerpos completos. Por el contrario, si una gástrula de tritón (cuyo huevo es regulativo) se divide en dos mitades (tal como hizo HOLTFRETER, 1931), se originan dos embriones monstruosos y parciales. Ello es señal evidente de que en la fase de gastrulación se ha perdido ya la función reguladora, que es lo mismo que decir que cada mitad de la gástrula del tritón está ya determinada; su destino está fijado y se desarrollará exclusivamente como mitad del cuerpo. Por lo tanto, su potencia real se ha igualado a su potencia total. Por ello, DOLLANDER y FENART (1975) concluyen que el mosaicismo no se opone a la regulación, sino ésta a la determinación, y es función del tiempo.

Como es lógico el aislamiento de las primeras blastómeras de los mamíferos, requiere muchos cuidados técnicos y es mucho más difícil que la llevada a cabo en anfibios y en aves por razones tan obvias como las de la fecundación interna (que comparte con las aves) y desarrollo embrionario en el seno materno. Pero se ha practicado con éxito y se ha podido observar en experimentos llevados a cabo en ratas (trabajos de Nicholas y Hall, Tarkowski; Seidel y Mintz, citados por DOLLANDER y FENART, 1975) y ratones que, si se aíslan las blastómeras en el estadio de cuatro células, el desarrollo ulterior se detiene en la fase de blastulación, pero si el experimento se efectúa en el estadio de dos blastómeras muchas veces se consigue que cada una de ellas se convierta en un individuo completo y viable. En la especie humana la formación de los gemelos verdaderos (univitelinos) podría ser explicada por un mecanismo semejante al de estos experimentos.

El factor espacio y el factor tiempo son decisivos en las secuencias morfogénicas, como ya en parte se puede deducir de lo que hemos expuesto. En cuanto al primer factor, Driesch lo anunció en una frase que se ha convertido prácticamente en un aforismo de la Embriología causal: *el destino de una parte del embrión es función del lugar que ocupa en el todo.*

También el factor tiempo ha quedado destacado en lo anteriormente dicho. Pero su importancia fue resaltada por una

serie de investigaciones, a cuya cabeza colocamos sin duda alguna a HANS SPEMANN, galardonado con el premio Nobel del año 1935 en reconocimiento a sus aportaciones a la Embriología causal. Junto a él habría que mencionar toda una pléyade de investigadores de primera fila como Mangold, Seidel, Holtfreter, Balinsky, Hertwig, etc., y en España Orts Llorca y sus discípulos. Se han utilizado las más variadas técnicas: las ya mencionadas del aislamiento y de la destrucción de blastómeras, resecciones de una parte del embrión, trasplantes, marcas coloreadas, cultivos, radioisótopos, fusión de varios huevos (incluso de especies distintas con la obtención de quimeras), etc. En muchas ocasiones, y ahora cada vez más, la curiosidad del investigador ha traspasado toda frontera y no ha dudado en utilizar material humano. En el año 1953, SHETTLES publicó un trabajo sobre la fertilización *in vitro* de un huevo humano, y dos años más tarde (SHETTLES, 1955) describía una mórula humana desarrollada también en cultivos.

Spemann, en una serie ininterrumpida de trabajos (cuyas conclusiones más importantes fueron recopiladas en la monografía «Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung», publicada en 1936), describe una serie de fenómenos, tales como los de *inducción* y *competencia*, que han contribuido de modo decisivo a la comprensión de los procesos epigenéticos (sí, epigenéticos) de la morfogénesis. Sus colaboradores e investigadores de otras escuelas han completado estos conocimientos.

Un ejemplo tomado de los experimentos iniciales de SPEMANN (1901), puede facilitarnos la comprensión de estos fenómenos. El globo ocular es un órgano muy complejo, en cuya constitución intervienen varios esbozos procedentes de dos hojas embrionarias. Cronológicamente lo primero que se forma es la vesícula óptica, procedente del diencefalo, la cual se sitúa en la vecindad del epiblasto cefálico. Poco tiempo después la región epiblastica, vecina a la vesícula óptica, se engruesa, se invagina y se transforma en cristalino. Ello quiere decir que en condiciones normales, el esbozo del cristalino (*placoda del cristalino*) se formará en una zona de la región cefálica del epiblasto, inmediatamente vecina a la vesícula óptica, y no en

otro sitio. Spemann demostró que si la vesícula óptica se extirpa, no se forma la placoda del cristalino, o sea, que aquélla debe ejercer una acción determinante de cambios morfogenéticos del epiblasto vecino, que conducen a la formación del cristalino. Spemann denominó *inducción* a este tipo de acciones que ejercen los esbozos de los órganos sobre zonas vecinas.

La inducción quedó corroborada con los resultados de otro experimento, consistente en transplantar la vesícula óptica a la región ventral del embrión; se vio que el ectodermo próximo a la vesícula óptica, ahora transplantada, formaba un cristalino, en un lugar, en donde en condiciones normales nunca hubiera aparecido.

Años después describía otra importante inducción: la *inducción neurogénica* (formación del tubo nervioso por inducción de la notocorda) y aun otro hecho más importante: la existencia de una *inducción primaria*, es decir la presencia de un pequeño territorio, el labio dorsal del blastoporo de la gástrula, que extirpado y transplantado a otra gástrula, era capaz de inducir la formación de casi todo un embrión huésped. Con este experimento se podía conseguir la formación de un monstruo, consistente en dos cuerpos unidos (como si se tratara de hermanos siameses), uno de los cuales era el desarrollado por la gástrula receptora, y el otro el inducido en ésta por el injerto de ese pequeño territorio (experimento de SPemann y MANGOLD, 1924). A ese pequeño territorio, el labio dorsal del blastoporo, se le dio el nombre de *organizador*.

La inducción era, pues, un fenómeno de importancia extraordinaria en los cambios morfogenéticos. Podía ser definida como la acción de un esbozo (o de un injerto) sobre un territorio vecino, que provoca una modificación de la capacidad morfogenética de este territorio.

Si nos fijamos en la definición y en el citado ejemplo de la vesícula óptica transplantada a la región ventral de un joven embrión, podremos darnos cuenta de que la capacidad morfogenética de un determinado territorio es mayor que las posibilidades que desarrolla. El destino normal del ectodermo ventral del embrión es convertirse en piel del abdomen, pero tiene una posibilidad tan extraña a su destino, como la de formar un

cristalino bajo los influjos de una vesícula óptica transplantada en su vecindad. Durante cierto tiempo, ese epiblasto es *competente* para formar algo distinto a lo que normalmente desarrolla. Ciertamente es que si el trasplante de la vesícula se realiza en un embrión más viejo, su *competencia* para formar un cristalino, se habrá perdido; su destino estará ya determinado. ¡Otra vez el vocablo *determinación*, que antes oponíamos al de *regulación*, y ahora al de *competencia*!

Pero con todo no podríamos aún explicar los mecanismos del desarrollo. Los experimentos llevados a cabo en la formación del globo ocular contribuirían a su mejor, pero no total, conocimiento. Hemos visto la inducción del cristalino por la vesícula óptica, pero aquél a su vez induce la formación de la córnea y la conversión de aquella vesícula en retina. *¡Toda una cadena de inducciones, en los que esbozos de órganos inducidos por otros, son a su vez inductores de unos terceros y así sucesivamente!* La detención de esa cadena de inducciones por un agente bloqueante en un eslabón puede ser causa de malformaciones congénitas; al menos puede ser la explicación mecánica de esas malformaciones. El órgano «B» es el efecto del «A», y la causa del «C». La organogénesis estaba explicada: a partir de una inducción primaria, que era aquel labio dorsal del blastoporo de la gástrula (que SPEMANN denominó organizador), toda una serie de inducciones secundarias, terciarias, etc., que determinaban la ordenada aparición en el espacio y en el tiempo de los esbozos de los órganos. Estos aparecían en los territorios que durante un período corto de tiempo eran «competentes» para formarles, y en la proximidad del inductor.

La morfogénesis no cabe duda de que es epigenética: aparecen nuevos órganos y nuevas propiedades por la acción de otros creados precedentemente. El tiempo es un factor importante, y creo que hemos repetido hasta la saciedad la importancia que juega la vecindad, el espacio, «el lugar que ocupa la parte en el todo».

Se investigó afanosamente en la naturaleza de la inducción. Llegó a demostrarse que era química, pero de las varias sustancias que se han propuesto, hoy parece demostrado que se trata

de proteínas, y su acción entra de lleno en el campo de la Genética molecular.

El papel de la inducción se continúa prácticamente durante todo el desarrollo, si bien es cierto que no ya a partir de organizadores. Otros muchos agentes son los que relevan a éstos, en su función de ejercer una acción morfogenética. Y entre dichos agentes, unos de los más importantes son las hormonas. Es cierto que su acción no es superponible en todo a la de la inducción: las hormonas suelen ser más específicas, pueden tener funciones distintas a las morfogenéticas y actuar a distancia. Pero lo que no cabe duda es que tienen también una indudable acción morfogenética. Está demostrado que la ejercen en la vida prenatal (induciendo, por ejemplo, la diferenciación sexual de las gónadas) pero continúan ejerciéndola después del nacimiento. Las hormonas son las responsables del crecimiento, de la aparición de los caracteres sexuales y de toda una serie de cambios morfogenéticos que modelan nuestro cuerpo.

Triunfo final de la preformación

Pero cuando ya el triunfo de la epigénesis parecía definitivo; cuando ya Driesch, Spemann y otros muchos habían podido demostrar experimentalmente la naturaleza epigenética de la morfogénesis, los avances de la genética mendel-morganiana y los recientes de la Bioquímica, de la Biología y de la Genética moleculares han dicho su última palabra: *la Ontogenia es preformacionista*. Todo está preformado, todo está inscrito en el genoma. Lo que el futuro individuo ha de ser está codificado en el núcleo del cigoto. De esto no cabe duda. En revancha, la Filogenia es epigenetista.

B) FILOGENIA

La Ontogenia de los seres vivos, de la que hemos hablado en el último capítulo, es la *historia del desarrollo del individuo*, que en su acepción más restringida se refiere exclusivamente a su desarrollo embrionario, pero en su más amplia y justa debe extenderse a toda la vida individual. Toda nuestra vida es, en realidad, un desarrollo ontogenético. Su estudio contribu-

ye a la comprensión científica de las formas de nuestro cuerpo; la morfología del adulto es la consecuencia actual de toda una serie secuencial de cambios morfo-genéticos, que siguiéndolos en sentido retrógrado conduciría al estado inicial unicelular. La simple Embriología descriptiva o la sofisticada Embriología causal, cuando no son comparativas, ofrecen una explicación de las formas de los individuos solamente a nivel intraespecífico.

Desde Lamarck la *historia del desarrollo de la estirpe* (no la mera historia individual, sino la de un grupo natural de seres vivos, como por ejemplo la especie) se sospecha que forma una secuencia continua que, si es seguida retrógradamente, conduce al *ancestro*, al antepasado común. HAECKEL, en su «*Generelle Morphologie*» (1868), propuso para esta historia de la estirpe un nuevo vocablo, el de Filogenia (en realidad, el que él propuso fue el de Filogénesis). Esta propuesta llevaba implícita la intencionalidad de comparar el nuevo término y su concepto con los de Ontogenia. Su intencionalidad se puso bien de manifiesto en la formulación de la *ley biogenética de Müller-Haeckel*: «La Ontogenia es una recapitulación de la Filogenia».

Preocupación fundamental de la Filogenia es el estudio de las relaciones de parentesco entre las especies y diseñar sus *árboles genealógicos*. La confección de tales árboles fue iniciada por Lamarck, proseguida con apasionamiento por Haeckel y, en la actualidad, es la base de toda buena clasificación de los grupos naturales de seres vivos.

En la «Salutación inaugural» al I Simposio Internacional de Zoofilogenia, celebrado en nuestra Universidad en el año 1969, el prof. SALUSTIO ALVARADO rindió sentido homenaje a Lamarck: resaltó su gran intuición al considerar que los grupos actuales de seres vivos son el «resultado histórico de transformaciones anatómicas y fisiológicas experimentales, en el curso de los largos tiempos geológicos, por uno o unos pocos antepasados comunes de organización elemental». Y continuó diciendo:

«Esta idea, al parecer tan sencilla, lleva consigo una formidable carga de explosivos biológicos. Implica nada menos que la vigencia de una serie de fenómenos bióticos cuya realidad está

hoy día incontrovertiblemente confirmada, a saber: a) el parentesco entre las diversas formas vivientes que existen en la actualidad y que han existido en el pasado (teoría de la Descendencia); b) la variabilidad hereditaria de los seres orgánicos (teoría del Transformismo); c) el enriquecimiento en complejidad y perfección de las formas vivientes a lo largo de los tiempos (teoría de la Evolución propiamente dicha)».

La Filogenia se esfuerza por hallar una explicación a la diversidad multicolor de las formas vivas. En el campo de la Zoología, al que nos referimos exclusivamente, hay animales con morfologías muy diversas. La Anatomía Comparada había intentado ya buscar un orden en esa diversidad, y había introducido términos como los de miembros *homólogos* y *análogos* de animales de grupos diferentes. La Morfología idealista, de un modo más especulativo, buscaba también el orden en la diversidad de las figuras y de las estructuras. Para ella la posibilidad explicativa era que los muy diversos planes de organización de los seres vivos actuales derivaron de uno o unos pocos arquetipos.

Los morfólogos idealistas defendieron en ocasiones la concepción de una unidad de plan, esencialmente el mismo en su principio, pero variable en las partes accesorias, como ya expuso a finales del siglo XVIII Etienne Geogfroy Saint-Hilaire, y que era defendido igualmente por Vicq D'Azyr. PIVETEAU (1967), recoge un amplio párrafo de la «Historia Natural» de Buffon en el que se expresa ese sentir de la unidad de plan, y que transcribimos a continuación:

«... que se considere que el pie de un caballo, en apariencia tan diferente de la mano del hombre, está sin embargo compuesto de los mismos huesos, y que tengamos en la extremidad de cada uno de nuestros dedos el mismo huesecillo en herradura como el que termina el pie de este animal; y se podrá juzgar si esta semejanza escondida no es más maravillosa que las diferencias aparentes, si esta uniformidad constante y este diseño seguido desde el hombre a los cuadrúpedos, de los cuadrúpedos a los cetáceos, de los cetáceos a las aves, de las aves a los reptiles, de los reptiles a los peces, en los que las partes esenciales como el corazón, los intestinos, la espina dorsal, los sentidos, etc., se encuentran siempre, no parece indicar sino que al crear los ani-

males, el Ser supremo no ha querido emplear más que una idea, y variarla al mismo tiempo de todas las formas posibles, a fin de que el hombre pudiese admirar igualmente tanto la magnificencia de la ejecución como la simplicidad del designio».

La Filogenia sigue otro camino al de la Morfología idealista y al de la Anatomía comparada (a pesar de que ésta es uno de sus pilares fundamentales) en la búsqueda de un orden. Para la Filogenia las relaciones lógicas de los grupos naturales de animales —sobre todo en grupos que presenten más semejanzas entre sí— podrían ser debidas a parentescos. Si era así, ello significaba que procedían a lo largo del tiempo de antepasados comunes y, admitida esta premisa, había que deducir que la descendencia de esos ancestros se había diversificado y consecuentemente habían sufrido transformación. Por lo tanto, cualquier animal actual era el resultante de la transformación de una serie de antepasados extintos, parte de cuyos restos habían quedado como testigos de un pasado en la piel de nuestra madre Tierra. Prueba de ello eran los muchos restos fósiles que la Paleontología había desenterrado y estudiado. La Paleontología era otro pilar fundamental de la Filogenia, de tanta importancia como la Anatomía comparada (la cual ahora extendía su campo comparativo al nuevo material paleontológico) y como la Embriología que prestaba ya todos sus amplios conocimientos. A su vez, la Taxonomía, la ciencia de la clasificación, se apoyaría cada vez más en la Filogenia.

Por cierto que la *Taxonomía* también había contribuido de modo decisivo en poner orden en la diversidad; en encasillar los seres vivos en grupos jerarquizados, bien utilizando la clave dicotómica y, por tanto, clasificando aquéllos por los caracteres diferenciales (*sistemas artificiales de clasificación*); o bien englobando en un determinado grupo todos aquellos seres vivos que compartieran más caracteres semejantes (*sistemas naturales del Linneo*). La preocupación de los taxonomistas de todos los tiempos ha sido siempre la de distinguir y describir animales y vegetales, para clasificarlos y para asignarles un determinado nombre.

LINNEO con sus *sistemas naturales de clasificación* y sus *sistemas de nomenclatura binominal* (el nombre genérico y el nom-

bre específico) marcó las pautas iniciales de la Taxonomía moderna. Se forma así una jerarquía de categorías ascendentes de los grupos naturales, cada uno de los cuales engloba a todos los de categoría inferior. La jerarquía de categorías de los grupos, propuesta por Linneo, fue la siguiente: imperio, reino, clase, orden, género, especie y variedad.

En la actualidad toda unidad viviente para estar bien clasificada debe ser referida a los siguientes grupos (que no se ajustan a los de Linneo, porque hubo necesidad de buscar categorías adicionales): especie, género, familia, orden, clase y phylum.

Si bien el hombre en su totalidad, según algunos pensadores (Max Scheller) es «un proyecto aparte de la naturaleza», no hay inconveniente en que sea considerado como un animal al que el zoólogo se verá en la necesidad de colocarle en el justo y correspondiente puesto de la clasificación del reino animal. Sabemos que formamos una sola especie, el *Homo sapiens*, denominación ésta que nos dio el propio Linneo.

* * *

A continuación referimos los distintos grupos naturales en que puede ser encasillado el hombre desde el de menor categoría jerárquica (género, que es el grupo inmediato superior a la especie) hasta el de jerarquía más elevada (reino) según la Taxonomía actual.

Género	Homo	
Familia	Homínidos	
Superfamilia	Hominoides	
Suborden	Antropoides	
Orden	Primates	
Infraclase	Euterios	(Verdaderos mamíferos, en contraformas).
Subclase	Terios	Posición de los marsupiales y otras (en contraposición con ciertas formas muy notables, ya extintas, semejantes a unos reptiles, también extintos).
Clase	Mamíferos	
Subphylum	Gnatostomatos	(Animales con columna vertebral y verdaderos maxilares, en los que se incluyen mamíferos, aves, reptiles, anfibios y la mayoría de los peces).

Phylum	Cordados	(Todos los animales con columna vertebral y sus afines).
Subreino	Metazoos	(Todos los animales excepto las esponjas y los animales unicelulares que forman subreinos aparte).
Reino	Animal	(Todos los animales).

(A. J. CAIN: «Las especies animales y su evolución», 1970).

De antemano conviene aclarar dos hechos en relación con la clasificación antropológica del hombre; está en litigio la denominación de los subgrupos comprendidos entre el suborden y la familia, ambos incluidos. ROSTAND y TÉTRY (1972), en su obra «L'Homme. Initiation à la Biologie» afirman que *no es exagerado decir que en las clasificaciones antropológicas hay un cierto caos*. Ellos mismos, al clasificar el suborden de los simios (que ya no es denominado *de los antropoides*, como en la de Cain), lo subdividen en *platirrinos* (los monos del Nuevo Mundo) y los *catarrinos* (monos del Antiguo Mundo). Estos últimos, a su vez, forman dos grupos: el de los *cinomorfos* y el de los *antropomorfos* o *antropoides*. Obsérvese que los antropoides constituyen en la clasificación expuesta por Rostand y Tétry, un grupo de categoría inferior al de suborden, y en él engloban dos familias: la de los *hilobátides* (el gibón) y la de los *póngidos*, y en esta última se incluyen el orangután (*Pongo pymaeus*), el chimpancé (*Pan troglodytes*), el gorila (*Gorilla gorilla*) y el hombre. Así pues hay que denunciar un nuevo desacuerdo entre las dos clasificaciones: en una (la de Cain) se habla de la familia de los homínidos, mientras que en la otra (la de Rostand y Tétry) de la familia de los póngidos. En un artículo de SÁNCHEZ CASCO (1971), en el que se resalta la importancia teórica de las *translocaciones roberstsonianas* de los cromosomas sobre la evolución, menciona los trabajos de Goodman referentes a los estudios inmunológicos en Primates. Estos permitieron a Goodman formular una clasificación, en la que los grandes simios se agrupan en tres subfamilias: la de los hilobátidos, la de los póngidos (en donde sólo incluye al orangután) y de la de los *homínidos*; la última comprende tres géneros: *Pan*, *Gorilla* y *Homo*.

El desacuerdo lleva implícito algo más profundo que el de una mera denominación o subdivisión de los grupos; presupone que los taxonomistas no han hallado todavía un conjunto de rasgos semejantes y diferentes o al menos, no se han puesto de acuerdo en la importancia de éstos, para buscar el «justo puesto» de hombre en determinados niveles de la escala zoológica. Hay coincidencia de pareceres en considerar que el hombre es un Primate, o sea, un animal que presenta determinadas características comunes con otros y que permiten diferenciarle de otros muchos. Más adelante hablaremos de ellas. Pero el desacuerdo que acabamos de comentar, no puede servir de base a la opinión sostenida por algún anatomista de otros tiempos, como Owen, para quien el cuerpo del hombre no podía ser comparado morfológicamente con el de los animales.

El otro hecho, que es necesario poner en claro en relación con la clasificación de Cain, es que no alude a la Filogenia del hombre. No es un árbol genealógico, pues no ofrece las relaciones de parentesco ni nos conduce a nuestros antepasados del reino animal. No obstante, una clasificación de este tipo, que expresa el esfuerzo del zoólogo en distinguir rasgos de semejanza entre diversos animales y características diferenciales con otros, prejuzga unas relaciones lógicas, fácilmente traducibles en relaciones de parentesco. A este propósito dice el propio CAIN (1970).

«Y hay que hacer notar también que la construcción de una clasificación natural no implica necesariamente la existencia de teoría alguna sobre la naturaleza de las relaciones entre los grupos incluidos en ella. Las aves, por ejemplo, pueden reconocerse como un grupo natural estrechamente relacionado con los reptiles y los mamíferos, sin que por ello se tenga que postular la existencia de un antepasado común o de alguna teoría especial sobre la descendencia. Por eso el gran botánico Hooker, amigo de Darwin, pudo aceptar la teoría de la evolución sin tener que operar cambio alguno en su tareas taxonómicas. Se limitó meramente a postular la descendencia de un antepasado común en lugar de la 'afinidad' o de la 'semejanza arquetípica' para explicar las semejanzas entre los grupos naturales».

En cierto modo, el taxonomista actual ha heredado aquella preocupación por los planes de organización de la Morfología

idealista. Al buscar las relaciones de semejanza entre los grupos animales muy diversos, admite la posibilidad de encasillar a varios de ellos con aparentes diferencias entre sí, en un determinado plan de organización. La diferencia con los morfólogos idealistas es en cuanto a la explicación actual, que ve en el ancestro el poseedor de ese «plan de organización ideal», el cual transmite a sus descendientes. Estos son a modo de copias modificadas de su antecesor pero con indudables semejanzas entre ellas, en razón de su parentesco.

Limitándonos al mundo animal, estos planes, o mejor expresado, estos grandes grupos, en donde se incluyen animales muy diversos que tienen estructuras semejantes por probable descendencia de un antecesor común, son los *filos* (phylum). FINGERMAN (1972) habla de diez filos principales, que comprenden el 99,26 % de las especies conocidas, y de otros ocho filos menores de invertebrados, que abarcarían las restantes.

Por ello no es raro que otros biólogos propongan diferentes (hasta cinco) grados o niveles de organización de los animales, o que aún haya quienes, en un deseo de simplificar toda la diversidad zoológica, vuelvan de nuevo a los arquetipos corporales, propios de la Morfología idealista. Así SHARP (1973), en una pequeña obra con destino fundamentalmente a estudiantes de Medicina, describe en su segundo capítulo los planes corporales de los metazoos, que son los siguientes: 1) *animales con dos capas celulares* (como los celentéreos); 2) *animales con tres capas* (como, por ejemplo, los gusanos planos o platelmintos); 3) *animales con tres capas celulares y una cavidad corporal* (los anélidos); 4) *animales que poseen una columna vertebral* (que comprende desde los ciclostomos a los mamíferos, y entre éstos, el propio hombre).

La intención de Sharp, como ya hemos dicho, es la de simplificar, pero si se incluyen unos cuantos —no muchos— planes intermedios, que son a modo de eslabones organizativos entre algunos de los propuestos por este autor, tendríamos casi la totalidad.

Hay otro hecho que conviene resaltar en todo tipo de clasificación, de niveles de organización o de planes arquetípicos. Cada uno de los superiores posee una mayor parte de las es-

estructuras que ha sido adquirida por los inferiores. Expliquémoslo con ejemplos. Los celentéreos, que son animales cuyo cuerpo posee dos capas celulares, forman éstas a base de un ectodermo y de un endodermo. Cuando damos el salto a los «animales con un cuerpo organizado a base de tres capas celulares», como los platelmintos, la tercera capa que adquieren como característica distintiva es el mesodermo, pero las otras dos continúan siendo el ectodermo y el endodermo, que ya aparecieron en los celentéreos.

La complejización mayor, a base de adquirir nuevas estructuras y funciones, pero conservando la de los animales inferiores, ha dado pie a expresiones como «inventos evolutivos» y «ventajas evolutivas», expresivas de un sentido de utilidad de la nueva estructura para el ser que la posee.

El libro «Evolución y Diversidad Zoológicas» de FINGERMAN (1972) está lleno de alusiones a estas *ventajas evolutivas* y a su permanencia en los filos superiores. Si la simetría bilateral aparece primero en los platelmintos, el autor nos explicará la utilidad que ello representa sobre los de simetría radial, como los celentéreos. La simetría bilateral, además de permitir la señalización de una serie de planos corporales como el dorsal y el ventral, y de extremidades como la cefálica y la caudal, abre el camino para la cefalización y para la aparición de animales de gran movilidad, que permitirán una alimentación por rapacidad, mucho más eficaz que la que obtienen los animales sedentarios. Por ello, el autor justificará que una vez adquirida la simetría bilateral, sea ésta una de las características de los animales pertenecientes a filos superiores al de los platelmintos, en donde apareció por vez primera. Y tan es así que si en los equinodermos sorprende el hecho de la desaparición de la simetría bilateral, sustituida por una simetría radial pentamérica, ello significará que la última ha sido adquirida secundariamente, pues las larvas de los equinodermos poseen simetría bilateral.

Desde luego es éste un hecho sorprendente y cierto. Resulta maravilloso comprobar, por ejemplo, que la estructura de los cilios o flagelos, tal como ha quedado demostrado por el mi-

croscopio electrónico, es la misma de los protozoos a los mamíferos.

Pero tan maravilloso y sorprendente como el significado de «ventaja evolutiva» y aparentemente en contradicción con ésta es el hecho de que, si las nuevas adquisiciones estructurales y funcionales representan una utilidad, hayan persistido hasta nuestros días, después de millones y millones de años de la lucha por la vida, animales que carecían de tales ventajas. En realidad, lo que parece paradójico es que esas formas vivas, que nosotros consideramos inferiores, se paseen por la faz de la tierra varios centenares de millones antes que el primer homínido prometeico, y que muy posiblemente nos sobrevivan. Se afirma que el alacrán fue el primer animal terrestre, y ha sido el que ha sobrevivido a las pruebas atómicas de los franceses en las islas del Pacífico. TORRIS (1975) en su «Ensayo sobre la hominización» expresa, resaltándolo aún más, el pensamiento que acabamos de esbozar sobre la perfecta adaptación al medio de animales con niveles inferiores de organización. Dice textualmente:

«Y no le negaremos la razón de entrada en el sentido de que si nos atenemos a la vida en tanto que tal, con las características que creemos haber descubierto en ella, nada nos impide afirmar que la más ínfima de las bacterias realiza su programa vital con la misma perfección que el hombre, incluso podríamos afirmar que lo realiza mejor, ya que la bacteria ha permanecido inalterable durante miles de millones de años mientras la supervivencia humana sigue siendo problemática al cabo de varios cientos de milenios, y ya existen poderosas razones para pensar que el hombre no durará demasiado, mientras que los insectos y los microbios seguirán viviendo hasta que se produzca la extinción o la empirosis del calor terrestre».

Arboles genealógicos

La Filogenia participa del «modus operandi» de la Taxonomía; busca agrupar a los animales por sus caracteres semejantes, pero en sus afinidades indaga, como ya hemos dicho, una posible relación de parentesco. A partir de aquí, se afana por encontrar entre los restos fósiles que le proporciona la Paleontología (o bien entre los llamados fósiles vivientes) un antepa-

sado común, el ancestro, que es un ser con una adaptación general a un nicho ecológico.

Cuando a lo largo del tiempo, y por diversas circunstancias, el tal nicho se pulveriza en otros varios, éstos son invadidos por descendientes del ancestro y se adaptan a los nuevos ambientes, pero son descendientes transformados, que suelen constituir sistemas comprometidos con el ambiente. Así se forman especies con una cierta especialización. Este proceso de diversificación, que supone la emergencia de seres de un grado superior, es llamado por Cuénot cladogénesis; es equivalente a la concepción de radiaciones adaptativas de Simpson. El ancestro, por el contrario, es un sistema libre, abierto a todas las informaciones; el número de individuos en cada especie ancestral es escaso, por lo que sobre sus demos pudo actuar la deriva genética. En ellos puede haber especiación pero sin especialización. Son la base del proceso, que Rensch llamó anagénesis (véase para estas cuestiones el artículo de CRUSAFONT, 1971).

En realidad, el diseño de un árbol genealógico, o lo que es lo mismo, la reconstrucción filogenética de una especie animal o de un grupo natural de mayor categoría, consiste en situar en las ramas de un hipotético árbol, la especie o grupos emparentados, y en la rama troncal, el antepasado común. A su vez éste formará parte de otra ramificación, cuyas diferentes radiaciones confluyen en otra rama troncal. Se puede hablar de un árbol genealógico de los primates, otro de los mamíferos placentarios, etc. En su conjunto forma un frondoso árbol, cuyos troncos inferiores se pierden en las capas geológicas más profundas y en el más remoto pasado.

En ocasiones, hay dos o más ramas troncales, de las que son subsidiarias grupos naturales de animales con muchas afinidades entre sí, que debiera sugerirnos un punto de confluencia y, por lo tanto, un ancestro común. No obstante, algunas de esas ramas troncales descienden por el árbol de la vida, siempre paralelas, sin parecer juntarse nunca, como si, a pesar de la semejanza de los animales situados en sus distintas ramificaciones, sus orígenes fueran distintos. Se plantean así los problemas y las discusiones sobre el *monofiletismo*, el *difiletis-*

mo y, a veces, el *polifiletismo* de algunos grupos naturales. Son problemas difíciles de resolver, porque la madre tierra no ha conservado todos los eslabones de esa cadena o todavía los tiene ocultos. Por ello, no es de extrañar que la Filogenia haya sido terreno apropiado para la especulación y, en ocasiones, víctima de engaños conscientes, que contribuyeron a desacreditarla. A pesar de ello, gracias a la labor seria de un gran número de biólogos, vocacionalmente dedicados por el indudable atractivo de la Filogenia; gracias también a los avances tecnológicos y a la ayuda prestada por otras Ciencias (que le prestan datos sobre poblaciones y ambientes, datos inmunológicos y serológicos, de estudio de los cariotipos, etc.) «la Filogenia pierde —como ha dicho Grassé— su carácter hipotético y tiende a convertirse en una ciencia exacta». *Hoy día un sistema natural de clasificación de los seres vivos es en rigor su filogenia* (ALVARADO, GADEA y DE HARO, 1971).

La «lectura» del árbol genealógico expresa nuestros orígenes. En la exuberante ramificación de los mamíferos placentarios, nosotros, el grupo humano, estamos situados en una de sus ramas, la cual representa a un grupo natural, al Orden de los Primates. Obsérvese que la taxonomía se convierte en Filogenia. En el árbol de los Primates, el hombre actual es una de sus últimas ramificaciones, pero hermana de otras. Una serie de eslabones ancestrales que podríamos considerar como puntos de divergencia ascendente, nos conduce a la rama troncal de todos los primates, en la que hallaremos un *insectívoro arborícola*. Con él iniciamos nuestras características evolutivas de Primates, que compartimos con el chimpancé, el gorila o el pequeño tití.

Muy resumidas, tales características son una adaptación a la vida arborícola (tipo de vida que nosotros abandonamos más tarde, pero que «ha marcado nuestro cuerpo»), una tendencia a la cefalización y, aunque parezca paradójico, la conservación de rasgos primitivos. Entre los últimos, hemos de destacar la conservación de un tipo arcaico de extremidades pentadáctilas y la persistencia de la clavícula, como consecuencia del hábitat arborícola de nuestros remotos antepasados; nues-

tro estómago simple, el hígado lobulado, la disposición de la tráquea y de los bronquios son ejemplos viscerales de otros tantos rasgos primitivos (ROSTAND y TÉTRY, 1972). No somos animales superespecializados: nuestra mano, instrumento de nuestra inteligencia, eficaz por la función adquirida por el pulgar (que es otra tendencia evolutiva de los primates) de poder oponerse al resto de los dedos, es, a pesar de todo ello, una mano no especializada desde el punto de vista evolutivo.

Habíamos dicho que la rama troncal de los primates es un insectívoro arborícola, que nos conduce a otro ancestro: un insectívoro arcaico, que está en el tallo de donde divergen todos los Ordenes de mamíferos placentarios. La placenta, otra adquisición con ventaja evolutiva (y prueba de ello es el éxito de todos los mamíferos placentarios) nos emparenta, junto con otros muchos caracteres, con animales como el elefante, la foca o la ardilla.

Nuevos eslabones ancestrales, en este descenso rápido y esquematizado por nuestro árbol genealógico, nos llevaría a unos pequeños mamíferos de la Era mesozoica, probablemente del Período Jurásico, con los cuales franqueamos la frontera entre el estadio reptiliano y el estadio mamífero. Con aquellos arcaicos mamíferos, ensayamos con éxito la homeotermia, la adquisición de pelos y de mamas y, probablemente hasta la misma placenta. Aparecieron en una época, en que la tierra, el mar y el aire, eran dominados por los reptiles. Alguien ha denominado a los mamíferos «animales con futuro» (por sus tendencias evolutivas cerebrales), y así es; pero en los momentos de su aparición pocos hubieran podido adivinar este futuro y que hubieran triunfado en competencia con los reptiles por el dominio de la Tierra.

Los mamíferos mesozoicos de los que procedemos (probablemente *pantotéridos*) se enlazan con ancestros reptilianos. Durante el *estadio reptiliano*, el primero de los vertebrados que tuvo un gran éxito en tierra firme, el gran logro evolutivo fue el *huevo oleidoico*, autosuficiente, que permitió la total liberación de la «esclavitud» al medio acuático, no sólo durante la vida adulta (que ya había sido conseguido por los anfibios) sino también durante la embrionaria.

Todos sabemos que el embrión de los reptiles (y también el de las aves) se desarrolla en el interior de su huevo, en donde durante la embriogénesis se forma una cavidad llena de líquido, la cavidad amniótica, cuyas paredes constituyen el amnios, la cual suple al hábitat acuático, imprescindible en el desarrollo embrionario de los anfibios. El líquido que encierra la cavidad amniótica es el artificio que utilizó la Naturaleza para liberar al embrión reptiliano de su necesidad de desarrollarse en el seno de las aguas. Si bien los mamíferos placentarios no son ovíparos, la viviparidad ha incorporado entre sus procesos morfogénéticos la formación de amnios, de la cavidad y del líquido amnióticos, en cuyo interior el embrión humano se desarrolla como «un pez en su pecera».

Insistimos una vez más en la persistencia de cualquier dispositivo estructural y consecuentemente funcional, que represente un éxito evolutivo. Los reptiles actuales, las aves y los mamíferos proceden de formas reptilianas muy pretéritas que se reproducían por huevos y por lo tanto organizaban ese amnios. Pues bien, estas tres clases de vertebrados forman el gran grupo de los amniotas; el amnios es un carácter semejante que comparten las tres clases y permite diferenciarle de los anfibios y de los peces actuales, cuyos antepasados no alcanzaron el estadio reptiliano. Anfibios y peces son englobados en el grupo de los anamniotas, de los que carecen de amnios.

Por debajo de nuestros ancestros reptilianos, encontraríamos un estadio de anfibio, en donde se adquirió la tetrapodia terrestre y los vertebrados iniciaron ya con cierto éxito su aventura de la invasión de la superficie terrestre.

La tetrapodia quedó también incorporada al plan de organización de todas las clases de vertebrados que derivaron de los anfibios. Tetrápodos son todos los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos actuales, aunque algunas formas reptilianas o mamíferos pisciformes, en sus estadios adultos, parezcan desmentir esta afirmación. También ellos son tetrápodos con vestigios de esas extremidades atrofiadas secundariamente en algunos estadios adultos, y con formación embrionaria de las mismas en todos.

Esas extremidades o la respiración aérea, que permitieron la incursión terrestre a los primitivos anfibios, no aparecieron de pronto. Entre nuestros ancestros, hay un grupo de peces, que a su plan de organización habían incorporado unos muñones carnosos en el segmento proximal de sus aletas pares, y una especie de pulmón. Este último le permitía la respiración aérea, pero como vivían obligadamente en el agua, poseían también branquias. Tales peces (*crosopterigios*, del género *osteolepis*) parece como si estuvieran preparando el futuro de los vertebrados.

A propósito de estas cuestiones, PIVETEAU (1967) dice:

«El pulmón no se ha conservado evidentemente por fosilización, pero la existencia de la respiración pulmonar está confirmada por la presencia, en la bóveda palatina, de narinas internas. En el género *osteolepis*, por ejemplo (y esto es cierto para todos los demás *osteolepiformes*), la región anterior (etmoidal) del cráneo está formada por una masa de tejido óseo vesiculoso en la que está excavada, a cada lado, una pequeña cavidad esférica que encierra el saco olfativo. Este se comunica con el exterior por la narina externa, y con la cavidad bucal por la interna; el aire penetra en el pulmón. Vemos así que el pulmón estaba formado en los vertebrados que vivían normalmente en el agua. Los *osteolepiformes* poseían además, como los otros vertebrados acuáticos, verdaderas branquias. Tenían, pues, doble respiración, la branquial y la pulmonar».

Así como la respiración pulmonar se preparó en el medio acuático, también el origen de los miembros terrestres, como ya hemos dicho, tiene sus antecedentes en peces (en los mismos *crosopterigios*, por ejemplo). La Naturaleza ha sido siempre a modo de un laboratorio donde se han ensayado múltiples estructuras que para el organismo no ofrecían gran utilidad en relación con su hábitat, pero que no eran incompatibles con su fisiología.

En muy especiales circunstancias algunos de estos ensayos demostraron ser muy eficaces para la adaptación de los organismos a nichos ecológicos diferentes a los habituales. Así ocurrió con las aletas de muñón carnoso y con el saco pulmonar, ensayadas en el medio acuático, y que demostraron toda su utilidad en la superficie terrestre. A partir de esos «modelos

de prueba», la Naturaleza ha creado nuevos modelos y muy diversos, de los que disfrutaban los actuales vertebrados terrestres. De la contemplación retrospectiva de los «modelos de prueba» y de su relación con la utilidad de los modelos actuales, podría deducirse un sentido finalista de la evolución. Ello sería erróneo por todo lo anteriormente expuesto. Aquí podríamos afirmar con Monod, que el *azar creó esos dispositivos*, sin pensar en una utilidad ulterior (dispositivos que persistieron porque sin ser útiles tampoco eran nocivos) y la *necesidad los repitió y los perfeccionó*, cuando algunos de los seres que los poseían fueron enfrentados con circunstancias ecológicas distintas y hasta adversas, en donde aquellos ensayos estructurales sí eran de utilidad.

* * *

Más hacia las raíces del árbol genealógico, y saltándonos —como también antes lo hemos hecho— muchos eslabones intermedios, encontramos unos peces (*placodermos*) que ensayan por vez primera una mandíbula articulada. He aquí otro dispositivo que queda incorporado a todos los descendientes, a todos los grupos que desde ahí se ramifican.

Con los agnatos, otro eslabón inferior, se inició por vez primera el plan vertebrado. Más hacia abajo encontraríamos cordados primitivos (tal vez parecidos al *amphioxus*), hemicordados y, aun a niveles inferiores, enlazaríamos con los orígenes invertebrados.

Como se ve nuestra intención no es hacer un *dendrograma detallado*, ni entrar en discusión sobre nuestro más remoto origen. Nuestra intención, al seguir este camino retrógrado, es insistir sobre la adquisición de estructuras que representaron una ventaja evolutiva, que quedaron incorporadas a los planes de organización de los animales que forman el árbol genealógico de los vertebrados, de los mamíferos, de los primates, por donde ha transcurrido la Filogenia del hombre, y que nos ayuda a comprender que nuestro cuerpo se haya enriquecido con todos los caracteres que hemos indicado (columna vertebral, con los

agnatos; mandíbula articulada con los placodermos; ensayos de respiración pulmonar y esbozos de extremidades con los crosopterigios; tetrapodia terrestre, con los anfibios; amnios con los reptiles, etc.).

Si en todos estos estadios evolutivos, no hemos creído oportuno ser excesivamente detallistas; nos hemos saltado eslabones importantes; hemos analizado muy superficialmente los dispositivos que iban incorporándose a nuestro plan de organización, a esa morfogénesis filogenética; porque lo que pretendíamos, y volvemos a insistir, era simplemente señalar ese enriquecimiento de estructuras y de funciones que en cada nivel superior del árbol genealógico hace que la organización de los seres ahí situados, sea más compleja que la de niveles inferiores; si, como decimos, en todos esos estadios evolutivos no hemos hecho un análisis riguroso, menos lo haremos en aquellos inferiores, que nos conectan con los invertebrados.

Hemos de suponer que en esta línea descendente hemos adquirido la metamería, las tres hojas blastodérmicas (ectodermo, endodermo y mesodermo) y una cavidad corporal (el celoma), a partir de estadios inferiores, en los cuales algunos de las características mencionadas no habrían hecho su aparición: estadios triblásticos, pero sin celoma, anteriores estadios diblásticos (como las actuales medusas).

Y de ahí otro gran salto, difícil de entender. El de la pluricelularidad al de la unicelularidad; de la individualidad de grado segundo (que representan los metazoos) al de la individualidad de grado primero (protozoos). ¿Cómo fue posible franquear esa barrera? Se acepta (pero también se discute) que probablemente fue por una tendencia que algunos seres unicelulares actuales (protozoos flagelados como el *Volvox*) muestran todavía: la de formar colonias esféricas huecas, que recuerdan la blástula embrionaria.

Esta hipótesis de un origen colonial (véase a este propósito el trabajo de GRASSÉ, 1971) relacionado con todo lo anteriormente dicho, daría una validez actual a la ley biogenética de Müller-Haeckel. La historia de la estirpe humana, su Filogenia, habría seguido los mismos pasos que la historia de su desarrollo embrionario, su Ontogenia. Habríamos iniciado *nuestra hora*

cero como stirpe como una sola célula. Ya dijimos en la Ontogenia, que *esa hora cero* comienza con la fusión del pronúcleo del espermatozoide con el del óvulo, para formar una sola célula, el cigoto. Si aceptamos la teoría colonial como iniciación de la pluricelularidad, podríamos decir que durante un momento de la Filogenia, nuestra especie, después de haber sido un cigoto, se ha estructurado de modo semejante al del blastocisto embrionario. Más tarde, las reconstrucciones filogenéticas nos hacen pasar por estadios diblásticos, triblásticos, triblásticos y cavitarios, etc., propios también de nuestro desarrollo embrionario.

* * *

Además de la teoría colonial, se especula sobre una teoría sincitial para explicar ese gran salto del estadio unicelular al pluricelular. Según esta última, en el citoplasma de algunos protozoos debieron formarse varios núcleos celulares (constitución de un sincitio o plasmodio); y una ulterior proliferación de la membrana celular distribuyó cada uno de ellos en un compartimento citoplasmático. Del protozoo multinucleado se pasó a un conglomerado celular (metazoo). Los que combaten esta teoría, además de otras razones, alegan que no se conoce ningún ser vivo pluricelular que efectúe así sus primeras fases del desarrollo embrionario. *¡Otra vez la Ontogenia al servicio de las hipótesis filogenéticas!* No obstante, tampoco hay argumentos sólidos para ser fanáticos de la teoría colonial.

Por otra parte, hay otras muchas cuestiones poco aclaradas en relación con el origen de los metazoos. Entre ellas, si este salto se ensayó una sola vez, dos o más, o sea, que hay defensores del monofiletismo, del difiletismo y del polifiletismo. ALVARADO, GADEA y DE HARO (1971), que en el I Simposio Internacional de Zoofilogenia revisaron parte de los muchos problemas que esta Ciencia tiene planteados, y sin inclinarse por uno u otro bando, a propósito del monofiletismo de los protozoos dicen:

«Apoyan el *monofiletismo* que cuenta con buen número de partidarios, varios hechos incontrovertibles, entre los que merecen ser recordados los siguientes: 1) El tipo general de la orga-

nización celular, con centriolo exonuclear, etc. 2) El ciclo biológico diploide, con reducción meiótica durante la gametogénesis. 3) Los espermatozoides típicamente flagelados, salvo raras excepciones (Crustáceos, Nematodos, etc.) explicables como procesos adaptativos. 4) La diferenciación, a partir inmediatamente de los primeros blastómeros, de estirpes celulares características, en particular de células nerviosas y musculares. 5) Separación precoz de las estirpes celulares germinal y somática».

Pero todos están de acuerdo, que los metazoos proceden de seres unicelulares, ya sean defensores del monofiletismo, del difiletismo o del polifiletismo metazoario, ya especulen sobre una agrupación colonial o una organización sincitial. Es como si la historia de la estirpe del hombre reclamara, al igual que su historia individual, un origen celular, un cigoto primigenio, fecundado por la Tierra en sus entrañas, y aún más allá, habríamos de ver nuestro origen en la materia misma, iniciando la formación de moléculas cada vez más complejas y preparando el nacimiento de la Vida en nuestro planeta. Lo reclama así la misma materia de que estamos constituidos, pues nuestro cuerpo, en último término, es una realidad ilusoria en el espacio y en el tiempo, estructurada por átomos y por moléculas, regidos por leyes físico-químicas, que durante una fracción escasa de tiempo (el de la vida individual) juegan a desafiar el segundo principio de la Termodinámica.

Filogenia causal

La Filogenia busca esas relaciones de afinidad y en lo que sea posible la genealogía de seres. Ha demostrado que el transformismo es una realidad; que todos los seres vivos formamos una sola familia; pero *se puede hacer Filogenia* sin necesidad de buscar las causas de los cambios. Puede haber una Filogenia pura, comparable a una Embriología descriptiva. Sabemos que ni el mismo Lamarck, que aunque no inventó el vocablo fue el padre de la Filogenia, no se contentó con diseñar los árboles genealógicos y con proclamar el transformismo. El quiso explicar las causas, y al no ser sus explicaciones ni satisfactorias ni correctas, sus teorías no prevalecieron sobre las de Cuvier que postulaba la fijeza de las especies y las creaciones sucesivas.

Por lo tanto, ya en el mismo momento de su nacimiento, la Filogenia quiso ser *Filogenia causal* al igual que la Embriología se hizo también causal.

Lamarck nos diría que la función hace al órgano, que cuando el medio ambiente cambia, el organismo tiene necesidad de adaptarse y es capaz, movido por esa necesidad, de transformar un órgano preexistente o de adquirir uno nuevo; que los caracteres adquiridos por esta adaptación serían transmitidos por herencia a los descendientes. No cabe duda de que cometió grandes errores, pero tuvo también aciertos geniales, entre los que destacan los reseñados por el Prof. Alvarado y su insistencia sobre el de la adaptación al medio ambiente. El ser vivo no es un sistema cerrado: es un sistema abierto a todas las influencias del medio que contribuye, por otros mecanismos distintos a los expuestos por Lamarck, a configurar su morfología y sus funciones. El hombre hará más: como ser vivo estará en interrelación con el medio, pero como ser inteligente procurará cambiarlo y a veces hasta extremos tan peligrosos que provocan desequilibrios biológicos.

La Filogenia se hizo causal, pero las causas propuestas por Lamarck, determinantes de los cambios anatómicos y fisiológicos de los seres vivos, eran especulaciones no demostrables por el método experimental. El triunfo del transformismo se demoró medio siglo. Todos sabemos el éxito extraordinario de la teoría propuesta por DARWIN en el año 1859 en su libro «El origen de las especies por la selección natural», cuyo inmediato antecedente fue la sesión científica de la Linnean Society de Londres, celebrada el primero de julio de 1858, en la que Darwin y Wallace pronunciaron sus célebres conferencias, que marcaron un hito en la concepción de la Biología. Desde aquel día la creación independiente de las especies y su inmutabilidad fue sustituida por su transformación a lo largo de los tiempos —tal como propusiera Lamarck— y por la admisión de que cada especie puede evolucionar y dar origen gradualmente a otras nuevas. El éxito se debió a una explicación plausible de las causas que intervenían en el cambio y transformación de las especies. También sabemos todos que para ello Darwin propuso, a base

de muchos ejemplos observados en la Naturaleza, que la Vida era una constante lucha de los individuos por la existencia y que en esta lucha sobrevive el más apto. La Naturaleza selecciona de este modo entre las múltiples variedades que presentan los individuos de una especie, aquellos que ofrecen las características más apropiadas para adaptarse al medio. Prueba de ello es que el número total de individuos de una determinada especie suele mantenerse relativamente constante de una generación a otra y, por regla general, en cada generación una pareja engendra una gran cantidad de descendientes, muchísimos de los cuales sucumben en esa lucha por la vida antes de llegar a reproducirse. Por lo tanto cualquier variación entre los hermanos descendientes de una pareja (o, expresado quizás en palabras más ajustadas al caso, entre los individuos de una generación), variación anatómica o fisiológica que, por pequeña que fuere, representara una ventaja para el individuo, quedaría conservada y sería transmitida a la generación siguiente. De generación en generación estos pequeños cambios ventajosos se acumularían y la especie iría transformándose gradualmente. Debemos insistir una vez más sobre esa concepción de Darwin: la Naturaleza, al igual que hacen los ganaderos, selecciona a los individuos para conseguir un «producto más dotado» en su lucha por la vida.

Desde entonces, la *selección natural* es considerada como una de las causas de la evolución, como una de sus fuerzas elementales. Las otras fuerzas elementales (véase SAVAGE, 1964) son la mutación y la variación de los individuos de una misma especie, así como la deriva genética. Pero Darwin cometió errores, derivados del desconocimiento que por aquel entonces existía sobre los fenómenos de la herencia.

Las leyes de la herencia, formuladas correctamente por Mendel, publicadas en una revista de poca difusión, fueron olvidadas por completo; su éxito y difusión sólo se logró en los últimos años del siglo pasado y primeros del presente.

Uno de los errores de Darwin fue la descripción del mecanismo de actuación de la selección natural: el objeto de esta selección, según él, fue el individuo; la lucha por la existencia era una lucha entre organismos individuales. Hoy se sabe que

no es así; la selección natural actúa sobre el material genético, sobre el *genoma*, pero ni siquiera sobre los genes que posee un individuo, sino sobre todo el *banco genético* de una población biológica. Sobre ese conjunto de genes, la Naturaleza presiona para favorecer la reproducción de las combinaciones genéticas que muestran mayor eficiencia adaptativa al medio ambiente. Es cierto que la selección natural es la guía de la evolución, pero si durante varias generaciones el medio ambiente no varía, esa misma selección favorece el equilibrio genético, y éste es incompatible con la evolución. Obsérvese que la selección natural es fuente de cambio, pero puede ser también la causa de la invariabilidad de las especies a lo largo de los tiempos si las condiciones del medio permanecen constantes.

La Naturaleza ofrece constantemente ejemplos de la actuación de la selección natural como la causa de la supervivencia de las combinaciones genéticas más adaptativas. Entre estos ejemplos tenemos uno que puede ser considerado como clásico; es el llamado *melanismo industrial*, estudiado muy bien por KETTLEWELL (1955, 1956 y 1958). Muy resumidamente expuesto, el fenómeno del melanismo consiste en el sorprendente incremento numérico de la variedad oscura de la mariposa *Biston betularia* que se observó en las regiones fabriles de Inglaterra a partir de la industrialización. Con anterioridad a ella los ejemplares de esta variedad oscura eran muy apreciados por los coleccionistas, pues por su escaso número eran considerados como ejemplares raros. La transformación sorprendente de esta mariposa podría ser interpretada de acuerdo con las teorías lamarckianas como una necesidad sentida por el organismo para adaptarse al medio ambiente y adquirir así una tonalidad oscura que sería transmitida a la generación siguiente.

Los experimentos de Kettlewell demostraron, por el contrario, que el melanismo industrial era uno de los ejemplos que mejor demostraba la acción de la selección natural. En este caso la supervivencia de los individuos de la mariposa oscura se debía a que los pájaros, que se alimentaban de ella, veían mejor a los ejemplares claros, cuya presencia destacaba más sobre el fondo negruzco de los troncos de los árboles, que a los de la va-

riedad oscura. La supervivencia aseguraba la reproducción de los individuos oscuros, o dicho con otras palabras, la presión selectiva favorecería las recombinaciones genéticas que tendiesen a producir fenotipos de la variedad oscura.

La *mutación* es otra de las causas de la evolución. MONOD (1972) le da una importancia extraordinaria. Sabemos que se trata de un cambio, a veces muy leve, en la molécula ADN. Esos cambios ocurren al azar y «ya que constituyen la *única* fuente posible —escribe Monod— de modificaciones del texto genético, *único* depositario a su vez de las estructuras hereditarias del organismo, se deduce necesariamente que sólo el azar está en el origen de toda novedad, de toda creación en la biosfera».

Pero es posible que otras alteraciones del material genético, más drásticas que las de la mutación, hayan intervenido en la evolución de las especies. Una de estas causas podría ser una cierta anomalía estructural de los cromosomas denominada *translocación robertsoniana* que es un cambio recíproco de fragmentos entre dos cromosomas acrocéntricos no homólogos. Hoy son varios los autores (CHU y BENDER, 1962; HAMERTON y col., 1963; KLINGER, 1963), que piensan que esta anomalía cromosómica haya intervenido en la evolución citogenética de las especies y muy concretamente en la de los homínidos.

Esta hipótesis ha surgido como consecuencia del estudio comparativo de los cariotipos de los monos con el del hombre (véase ROSTAND y TÉTRY, 1972 o SÁNCHEZ CASCOS, 1971). Independiente del número diploide de cromosomas de cada especie de mamíferos, parece ser que la cantidad de ADN en todos ellos es similar. En el grupo de los primates, el estudio de los cariotipos ha demostrado que *Tarsius* (formas tarsioideas se encuentran en el árbol genealógico de los grandes simios y del hombre) posee el más alto número diploide de cromosomas ($2n=80$) y muchos de ellos son acrocéntricos. Por el contrario, el gorila y el chimpancé solamente tienen 48 cromosomas, y el hombre 46; entre los tres existe una gran semejanza citogenética. Teóricamente podría admitirse que estas tres especies habrían procedido de *Tarsius*, por reducción de su dotación cromosómica a base de sucesivas translocaciones robertsonianas entre los cro-

mosomas acrocéntricos completadas por sucesivas inversiones (SÁNCHEZ CASCOS, 1971).

* * *

Otra de las fuerzas evolutivas es la *deriva genética*, descrita por WRIGHT (1931), por lo que también se conoce con el nombre de «efecto Sewall-Wright». Esta actúa solamente en poblaciones muy pequeñas (de ahí su importancia, que ya hemos comentado, en el proceso de anagénesis) en las cuales una mutación, que no sea letal pero que forzosamente no tenga que representar un carácter útil, puede quedar fijada a las generaciones posteriores por simple azar. Vamos a explicarlo con un ejemplo sencillo. Si uno de los integrantes de una pareja es afecto de una mutación, y esa pareja tiene diez hijos, puede ocurrir, según las leyes de la herencia, que el alelo mutante no aparezca en ninguno de ellos (en cuyo caso no tiene consecuencias evolutivas) o que los diez sean heterocigotos y, por tanto, en todos ellos se haya fijado la tal mutación; y entre estos dos casos extremos, toda una gama de posibilidades intermedias. Cuanto mayor sea el número de hijos que hayan adquirido en su genoma esa mutación, tanto mayores serán las posibilidades de transmisión a la generación siguiente y de que quede fija en la población.

Este hecho no puede darse en poblaciones muy numerosas, donde una mutación no útil (aunque no sea nociva) será barrida por la selección natural, que ejerce una fuerte presión, como ya hemos dicho, para favorecer las combinaciones genéticas que producen caracteres mejor adaptados a su medio. La deriva genética puede fijar caracteres no adaptativos. Tal vez este efecto sea el responsable de la aparición de esas estructuras que no siendo de utilidad para el ser que las posee, no son incompatibles con su fisiología.

LOS SERES VIVOS SON MAQUINAS QUIMICAS

La Ontogenia y la Filogenia han moldeado nuestro cuerpo; ellas nos ayudan a comprender el «por qué nuestro cuerpo es como es», tanto consideremos a éste como una «fábrica» o como una máquina regida por las leyes del movimiento. La moderna Bioquímica y la reciente Biología molecular afirman, no sin razón, que todos los seres vivos son máquinas químicas. Este concepto es uno de los básicos, que MONOD (1972) desarrolla en el «El azar y la necesidad». Para este autor, los seres vivos son máquinas químicas, que constituyen unidades funcionales y coherentes que se construyen a sí mismas. Estos procesos de morfogénesis espontánea y autónoma reposan «en último lugar en las propiedades de reconocimiento estereoespecífico de las proteínas; es, pues, de orden microscópico, antes de manifestarse en estructuras macroscópicas». En el capítulo V de la mencionada obra, dedicado a la Ontogénesis molecular, Monod intenta demostrar tales afirmaciones.

El autor francés se refiere a la ontogenia de las proteínas globulares. Hoy sabemos que el ADN contiene la información que especifica el número y el orden secuencial de los aminoácidos que integran una proteína, es decir, su estructura primaria. Esta podemos concebirla como una fibra desplegada y como tal está desprovista de toda actividad biológica. Las propiedades funcionales de las proteínas vienen determinadas por sus estructuras de orden superior, tales como la terciaria (o configuración tridimensional) y la cuaternaria (o asociación con otros polipéptidos, similares o diferentes). A la fibra desplegada de una proteína, es decir, a su estructura primaria, en teoría le son accesibles miles de configuraciones distintas (estructuras terciarias), pero solamente una o unas pocas son escogidas. Monod denomina pequeño milagro epigenético al hecho de que la infor-

mación contenida en el ADN parece enriquecerse gratuitamente con propiedades nuevas que aparecen en las estructuras terciarias y cuaternarias de las proteínas.

No obstante, dado un conjunto de condiciones constantes (pH, concentración salina, temperatura) es teóricamente posible calcular las estructuras de orden superior a partir de la primaria. Las dificultades matemáticas para este tipo de cálculos son enormes; pero ya hay intentos publicados de hacerlo mediante computadores electrónicos*. En resumen, la Ontogenia molecular es preformacionista, pues si bien el ADN sólo determina la estructura primaria de una proteína, sus estructuras de orden superior en condiciones constantes del medio están, a su vez, teóricamente determinadas por la primaria. Desde el punto de vista de la Morfología, en este instante me interesa resaltar que la configuración tridimensional de la proteína globular es la que le confiere su actividad biológica. He aquí, actualizada, la gran importancia del estudio de la forma a nivel molecular.

* Agradezco el asesoramiento que me ha prestado el Dr. Battaner en este capítulo.

A MODO DE RESUMEN

En los capítulos anteriores, hemos revisado las diversas respuestas que a lo largo del tiempo se han dado a una serie de preguntas claves en relación con el estudio de las formas del cuerpo humano.

Hemos dicho que la observación directa de las formas, puestas de manifiesto por la técnica de la disección, se ha plasmado en un *concepto arquitectónico* de nuestro cuerpo, que se inició con Vesalio. Los datos de observación —datos analíticos obtenidos por aquella técnica—, liberados de todo dogmatismo galénico, son posteriormente reordenados y muestran la «fábrica humana» como un conjunto de tejidos, órganos, aparatos y sistemas. Anatomistas contemporáneos de Vesalio, como Montaña de Monserrate, aun participando de ese concepto arquitectónico, animan la descripción del hecho anatómico, con funciones y aun se atreven a postular las causas de la morfogénesis, que identifican con las de la conservación de las distintas partes y miembros del cuerpo, pero fundamentadas en las especulativas concepciones galénicas.

Más tarde, Harvey abre un nuevo sendero en el estudio de las formas del cuerpo humano, con la aplicación del método experimental. El hecho anatómico se anima con la función. El cuerpo humano se concibe como una máquina, regido por las leyes del movimiento. Es la *Anatomía animata*, que pasará a ser una Ciencia nueva, la Fisiología.

Los avances técnicos del microscopio abrirán nuevas brechas y culminarán con la teoría celular. El cuerpo humano es un conglomerado de pequeñas unidades, las células, que se ordenan en tejidos, órganos, etc.

Cada vez son más precisas y satisfactorias las respuestas al «*cómo son las formas*» y «*cómo funciona nuestro cuerpo*».

Pero concebido como un edificio estático o como una máquina, nuestro cuerpo comienza a ser comparado con el de otros animales y el de éstos entre sí. Este hecho tan simple, el de la comparación, es fuente de nuevas inquietudes, a veces con el exclusivo objeto de hacer clasificaciones; en otras ocasiones con la pretensión de hallar unas semejanzas arquetípicas. En todas estas inquietudes bulle un deseo: el de buscar un orden en la múltiple diversidad estructural de los seres vivos. La Anatomía Comparada, la Morfología idealista y la Taxonomía se afanan en esa búsqueda.

Pero el «*porqué de nuestras formas*», «*el porqué las formas de nuestro cuerpo son como son*» quedaba sin respuesta satisfactoria. Había que recurrir a la causa eficiente, al espíritu vital, al espíritu genitivo o al arquitecto aposentado en el útero de la mujer y que con inteligencia práctica toma de la sangre los elementos que necesita para construir aquella fortaleza, que soñara el marqués y le relatara a Bernardino Montaña de Monserate. A lo largo del capítulo correspondiente hemos pasado revista a la querrela entre ovistas y animaculistas, que luchaban por la supremacía de la hembra o por la del varón en la concepción de un nuevo ser. Hemos revisado también la polémica entre preformacionistas y epigenetistas. Los aportes de la Citología, unidos a los conocimientos de la Embriología descriptiva y comparada, nos han conducido al concepto del cuerpo humano, que inicia su vida como individualidad de primer orden, o sea, como una célula. Es el cigoto, que contiene en su genoma todas las posibilidades estructurales y funcionales del cuerpo, que a partir de aquél se desarrolla. De esta forma tan depurada, la Ontogenia se nos revela inicialmente preformacionista, aunque los procesos morfogenéticos ulteriores muestren un enriquecimiento en propiedades y funciones que hacen cada vez más compleja su organización. La historia del desarrollo del individuo, su morfogénesis ha contribuido extraordinariamente a dar respuestas a esa pregunta clave: «*el porqué las formas de nuestro cuerpo son como son*».

Pero la respuesta habrá de ser completada bajo otro punto de vista: la historia del desarrollo de la estirpe, la Filogenia. En el esquemático y precipitado descenso que hemos hecho por

nuestro árbol genealógico, hemos podido comprender, aunque haya sido superficialmente, que en cada peldaño encontrábamos entre nuestros antepasados organismos más simples; y en el último nos aguardaba una sorpresa: toda la diversidad zoológica, toda la frondosidad de las ramas que forman la copa del árbol, deben haber procedido de un ser unicelular, de una especie de cigoto primigenio, término que es metafórico, pues con él no queremos indicar más que su característica unicelular. La Filogenia, en contraposición con la Ontogenia, es epigenetista; es un continuo despliegue de nuevas adquisiciones estructurales y funcionales, a modo de invenciones evolutivas, que se acumulan en los seres situados en las ramas más altas, y hacen más complejos a estos organismos. Hemos comparado estadios evolutivos filogenéticos con distintas fases de la embriogénesis. De esta comparación, hemos podido deducir que la ley biogenética de Müller-Haeckel es vigente, aunque no con la formulación tan categórica de sus autores. La Ontogenia es una recapitulación de la Filogenia, aunque se trata de una recapitulación reducida y modificada. Las causas del cambio fueron analizadas en el capítulo que titulábamos «Filogenia causal».

En la generación de nuevos individuos o en el nacimiento de nuevos grupos naturales de animales hemos admitido una generación unívoca. Todo ser vivo procede de otro ser vivo; toda célula procede de otra célula, son aforismos que hemos repetido con frecuencia. No obstante, al querer profundizar en nuestra Filogenia, por debajo del estadio unicelular, vislumbramos la posibilidad de que nuestro origen fuera la materia misma, en cuyo caso el barro con que formó Dios a nuestro padre Adán, adquiriría el valor de un símbolo. Este salto de la materia inerte a la materia animada, o sea, la generación equívoca, que fue formulada como tesis por Oparin, es objeto de comprobación experimental por un gran número de investigadores. Hay otro salto que también se presenta lleno de conjeturas: el de la unicelularidad a la pluricelularidad. Y, por último, el salto decisivo: el que representa la adquisición del pensamiento; el que ha hecho que el hombre sea considerado como un proyecto aparte de la Naturaleza.

Hemos resaltado la gran importancia que la Morfología ha

tenido en todos estos estudios. Ciertamente es que el morfólogo no ha pretendido nunca tener el *secreto de la vida*. Es posible que éste sea revelado a los bioquímicos y a los biólogos moleculares. En el apasionante libro de MONOD (1972), «El azar y la necesidad», los seres vivos son descritos como *máquinas químicas*, que constituyen unidades funcionales y coherentes y que se construyen a sí mismas. «En un sentido, muy real, —nos dice— es a este nivel de organización química que yace, si es que hay uno, el secreto de la vida. Y sabiendo no sólo describir estas secuencias, sino enunciar la ley de ensamblaje a la que obedecen, se podría decir que el secreto ha sido penetrado, la *ultima ratio* descubierta». Se refiere a las secuencias de los aminoácidos en las proteínas globulares, a su estructura primaria, que está codificada en el ADN. Estas uniones secuenciales definen una estructura fibrosa y muy flexible, que por pliegues sobre sí misma puede adquirir miles de conformaciones diferentes, pero entre todas ellas, «una sola es de hecho escogida y realizada». En ese momento, en el que la molécula proteica ha adquirido su morfología en el espacio, es cuando revela sus funciones específicas. Creo que es un buen punto final para acabar esta lección, con ese elogio a la importancia de la forma, esbozado por Monod, aunque dicho elogio haya sido escogido de un ejemplo de la Morfología molecular.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARADO, R.; GADEA, E. y DE HARO, A. (1971): *Aspectos actuales de la Zoofilogenia*. Actas del I Simposio Internacional de Zoofilogenia. 19-47. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Salamanca.
- BALINSKY, B. I. (1965): *Introducción a la Embriología*. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- CAIN, A. J. (1970): *Las especies animales y su evolución*. Editorial Labor, S. A. Barcelona.
- CRUSAFONT, M. (1971): *Sistemas vitales*. Actas del I Simposio Internacional de Zoofilogenia. 93-107. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Salamanca.
- DOLLANDER, A. y FENART, R. (1975): *Eléments d'Embryologie. I. Embryologie générale comparée et humaine*. 3^e édition. Flammarion Médecine-Sciences. Paris.
- DRIESCH, H. (1891): *Entwicklungsmechanische Studien*. I-II, Z. wiss. Zool. 53, 160-182.
- ENDRES, H. (1895): *Ueber Anstich- und Schnürversuche an Eiern von «Triton taeniatus»*. Jber. Schles. Ges. vaterländ. Kultur. 73.
- FINGERMAN, M. (1972): *Evolución y Diversidad Zoológicas*. Editorial Interamericana. México.
- CRASSÉ, P. P. (1971): *Les protozoaires sont-ils les ancêtres des métazoaires?* Actas del I Simposio Internacional de Zoofilogenia. 65-92. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de Salamanca.
- HAMERTON, J. L.; KLINGER, H. P.; MUTTON, D. E. y LANG, E. M. (1963): *The Somatic Chromosomes of the Hominidae*. Cytogenetics, 2, 240.
- HOLTFRETER (1931): *Potenzprüfungen am Amphibienkeim mit Hilfe der Isolationsmethode*. Verh. Deutsch. Zool. Gesell., 35, 158-166.
- KETTLEWELL, H. B. D. (1955): *Selection Experiments on Industrial melanism in the Lepidoptera*. Heredity, 9, 323-342.
- KETTLEWELL, H. B. D. (1956): *Further selection experiments on Industrial Melanism in Lepidoptera*. Heredity, 10, 287-301.
- KETTLEWELL, H. B. D. (1958): *A Survey of the frequencies of Biston betularia and its two melanic forms in Great Britain*. Heredity, 15, 51-72.
- KLINGER, H. P. (1963): *The Somatic Chromosomes of some Primates*. Cytogenetics, 2, 140.

- LAÍN ENTRALGO, P. (1974): *El romanticismo y la ciencia de la naturaleza (y 4). De la filosofía romántica de la naturaleza a la ciencia natural positiva (y II)*. Jano, 156, 9-14.
- LONGMORE, D. (1971): *Cardiología actual*. Ediciones Guadarrama, S. A. Madrid.
- LÓPEZ PIÑERO, J. M. (1974): *La disección y el saber anatómico en la España de la primera mitad del siglo XVI*. Cuadernos de Historia de la Medicina Española. XIII, 51-110.
- MARIAS, J. y LAÍN ENTRALGO, P. (1968): *Historia de la Filosofía y de la Ciencia*. Ediciones Guadarrama, S. A. 4.ª edición. Madrid.
- MONOD, J. (1972): *El azar y la necesidad* (Ensayo sobre la Filosofía natural de la Biología moderna). Barral Editores. Barcelona.
- MONTAÑA DE MONSERRATE, B. (1551): *Libro de la Anathomia del Hombre*. Edición del original por el Instituto Bibliográfico Hispánico. Año 1973. Madrid.
- PIVETEAU, J. (1967): *De los primeros vertebrados al hombre*. Editorial Labor, S. A. Barcelona.
- ROSTAND, J. y TÉTRY, A. (1972): *L'Homme. Initiation à la Biologie*. Librairie Larousse. Paris.
- ROUX, W. (1885): *Ueber die Bestimmung der Hauptrichtungen des Frosch-embryo im Ei und über die erste Theilung des Froscheies*. Breslauer ärztli. Zeitschr. 1-54.
- SÁNCHEZ CASCOS, A. (1971): *Translocaciones robertsonianas en el hombre*. Bol. Fund. Jiménez Díaz, III/10, 553-556.
- SAVAGE, J. M. (1964): *Evolución*. Compañía Editorial Continental. 1.ª edición. México.
- SCHMIDT, G. A. (1933): *Schnürungs- und Durchschneidungsversuche am Amphibienkeim*. Roux Arch., 129, 1-44.
- SHARP, J. A. (1973): *Cells, organs and animals*. Edit. Blackwell Scientific Publications. Oxford.
- SHETTLES, L. B. (1953): *Observations on human follicular and tubal ova*. Amer. J. Obstet. Gynec., 66, 235-247.
- SHETTLES, L. B. (1955): *A morula stage of human ovum development in vitro*. Fertil and Steril, 6, 287-289.
- SPEMANN, H. (1901/1903): *Entwicklungsphysiologische Studien am Tritonei*. I, II, III. Roux Arch. 12, 224-264, 15, 448-534, 16, 551-631.
- SPEMANN, H. (1936): *Experimentelle Beiträge zu einer Theorie der Entwicklung*. 1, 296. Berlin, Springer ed.
- SPEMANN, H. y MANGOLD, H. (1924): *Ueber Induktion von Embryonalanlagen durch Implantation artfremder Organisatoren*. Arch. mikr. Anat. Entw. mech., 100, 599-638.
- TORRIS, G. (1975): *Ensayo sobre la hominización*. Edit. Madrágora. Barcelona.
- WRIGHT, S. (1931): *Evolution in Mendelian populations*. Genetics, 16, 97-159.

X640398447

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA



6404230923