

## TEMA DE ESTUDIO: ESTATUTO DEL EMBRION HUMANO Y FECUNDACION IN VITRO

### El comienzo de la vida humana

**J. L. Velayos**

*Catedrático de Anatomía. Dept. Morfología.*

*Fac. Medicina. U. A. M.*

**L. Santamaría**

*Profesor Titular de Histología. Dept. Morfología.*

*Fac. Medicina. U.A.M.*

Definir la vida es difícil, al menos desde el punto de vista semántico, aunque no imposible. Y ello porque lo más fácilmente observable y definible son las cualidades propias de todo ser vivo, como son la absorción, la asimilación, la excreción, la excitabilidad, la reproducción y otras, como es la renovación de los materiales fisicoquímicos que constituyen el ser vivo: renovación continua, ininterrumpida, que hace que al cabo del tiempo, los materiales componentes de ese ser sean ya otros, y que a pesar de lo cual ese ser vivo concreto siga siendo el mismo. Se trata de un sorprendente dinamismo biológico, detectable en cualquier ser vivo desde su origen.

Ese dinamismo, que no es más que la vida misma, comienza con la unión del espermatozoide y el óvulo, mecanismo que se da en todos los animales sexuados, y unido naturalmente a la atracción y unión sexuales normales. Y antes de fusionarse los gametos ha de transcurrir un tiempo de diferenciación y maduración de las células sexuales en el interior

del aparato genital correspondiente, proceso que en el hombre se denomina de espermatogénesis y espermiogénesis, por el que se forman cantidades enormes de células sexuales; y que en la mujer es rítmico y limitado, ovogénesis, de modo que a lo largo de su vida maduran unos cuatrocientos óvulos. El óvulo humano es una célula de grandes dimensiones, de unas 200  $\mu$ m de diámetro, con una gran cantidad de materiales de reserva.

Son depositados en la vagina humana entre trescientos y quinientos millones de espermios, embebidos en un medio líquido segregado por las glándulas accesorias, que permite mantener su motilidad característica, dada por la cola del espermatozoide; y que dura de tres a cuatro días, mientras que la capacidad fecundante del espermio dura de uno a dos días. Los espermatozoides han de salvar una serie de barreras mecánicas y químicas antes de alcanzar la trompa uterina, de modo que solamente los suficientemente dotados la alcanzarán: entre 300 y 500. El pH vaginal es ácido, perjudicial para los espermatozoides; y el líquido seminal es un amortiguador de tal acidez. Por otra parte, parece ser que los líquidos seminales estimulan la contracción de la zona superior de la vagina, lo que ayuda al ascenso de los espermatozoides. Posiblemente el orgasmo provoca contracciones uterinas. Pero antes de llegar al útero (donde se realiza la fecundación en algunos mamífe-

ros), los espermios han de atravesar el tapón mucoso cervical, que en los momentos centrales del ciclo es menos espeso. En el útero el pH es alcalino, pero a este nivel los espermatozoides han de nadar contra corriente, en su transcurso por las paredes uterinas; y en la trompa, los movimientos natatorios de los espermios, unido a las contracciones anulares tubáricas y a los movimientos de los cilios de las paredes de la trompa, que provocan contracorrientes, hace que los espermatozoides sigan avanzando; y precisamente las corrientes descendentes en el interior de la trompa sirven de estímulo de orientación a los espermatozoides.

Camina los espermatozoides a una velocidad de 3 - 3.5 mm./minuto, lo que, en relación a su longitud (50 a 60 %m) y a la distancia que han de recorrer, y comparándolos con las dimensiones de un hombre adulto, equivaldría al recorrido de una distancia de unos 170 km. en media hora a tres cuartos de hora.

Previamente, el óvulo ha sido desprendido del ovario y después captado por la trompa, en parte debido al aumento de la actividad muscular del orificio fimbriado de la trompa en la cavidad abdominal, y en parte motivado por las corrientes ciliares de la trompa, que impulsan al óvulo, el cual es captado en consecuencia por las franjas tubáricas.

De los numerosos espermios depositados en la vagina, sólo cuatro a cinco millones logran llegar al endocérvix. Muchos de éstos se van a quedar detenidos en las criptas cervicales, conservando allí su motilidad durante unos tres días y en algún caso hasta siete días, subiendo los espermios en sucesivas oleadas hacia las trompas. Sin embargo, el total de espermatozoides que llegan hasta la

trompa es solamente de 300 a 500. Algunos mueren fagocitados en su camino ascendente, y otros son expulsados con el desplazamiento de los líquidos del tracto genital. De esos espermatozoides que alcanzan la trompa sólo uno penetrará en el óvulo, y así, de dos elementos celulares al borde de la muerte (el espermatozoide y el óvulo) va a surgir una nueva vida, con un impulso vital que puede durar muchos años.

Para que el espermatozoide penetre en la célula femenina, ha de sufrir un proceso de capacitación, lo que implica una pérdida de moléculas superficiales y una reorganización de las partículas de las membranas de la cabeza (proceso que se verifica en el tracto genital femenino y no en las vías genitales masculinas). La capacitación es previa a la reacción acrosómica, la cual es facilitada por los fluidos foliculares y por la propia envuelta ovular, o zona pelúcida. Implica una serie de fusiones membranosas en la cabeza del espermatozoide debidas a cambios en la permeabilidad al ion calcio, lo que va a permitir el paso de diversas enzimas, como la acrosina, con actividad lítica; todas ellas intervienen en la penetración por parte del espermatozoide no sólo del propio óvulo sino, previamente, de la corona radiante y de la zona pelúcida. El contacto del espermatozoide con la zona pelúcida dura unos quince minutos, estableciéndose una unión que es específica, ya que este envoltorio del ovocito presenta receptores exclusivos para los espermios de su especie; además, por parte del espermatozoide existen proteínas de unión así mismo específicas, que se unen a los receptores ovulares correspondientes. En el ratón se han descrito tres tipos de receptores en la zona pelúcida; uno es la ZP3, glucoproteína con

una secuencia de aminoácidos en un 67% igual que en la especie humana; es codificada por un determinado gen; se une a la membrana plasmática del espermio intacto; cada espermatozoide se une a decenas de miles de receptores ZP3. Parece ser que precisamente es la ZP3 la que induce la reacción acrosómica. Existen además otros receptores, como son los ZP2 y ZP1. En concreto, los ZP2 tienen que ver con la membrana acrosómica interna, entrando en funcionamiento después de los ZP3, es decir, una vez que la membrana plasmática del espermio se disgrega. Los espermios se unen a la zona pelúcida de óvulos no fertilizados; en cambio, no se adhieren a los cigotos.

El espermio se abre paso a través de la zona pelúcida por acción de sus lisinas, y en concreto de la acrosina. Parece ser que la penetración de la zona pelúcida dura en la especie humana unas 7.5 horas. Una vez atravesada la zona pelúcida, el espermatozoide se pone en contacto con la membrana vitelina, constituida por moléculas de glucoproteínas, que constituyen también zonas de fijación para el espermio, aunque la especificidad es menos clara. Se forma una protuberancia o cono de fertilización en la superficie ovular y sucede una progresiva fusión de las membranas de las dos células; de esta manera da comienzo el proceso de la fecundación. El cono de fecundación se retrae, lo que, junto con la formación de vellosidades en la superficie ovular, ayuda a la entrada del espermatozoide en el interior de la célula femenina.

En el erizo de mar (y probablemente también en el hombre) enseguida ocurre una obstrucción rápida de la polispermia, (penetración de múltiples espermios) que no es más que una despolarización rápida (paso de un

potencial de -70 mV a 10 mV), que impide la entrada de más espermatozoides, lo cual se produce en 2 - 3 segundos, y dura unos 60 segundos. Enseguida se pasa al proceso de obstrucción lenta de la polispermia, por salida en oleadas de iones de Ca de la célula femenina, lo que provoca una reacción cortical en el óvulo, con liberación de gránulos al espacio perivitelino; así, la membrana vitelina se transforma en membrana de fecundación, formándose una capa hialina que impide el paso de nuevos espermatozoides. Además, por acción de la ovoperoxidasa, hay un desprendimiento de  $H_2O_2$ , que es nocivo para los espermatozoides. Se va formando un líquido perivitelino, en donde se alojan los corpúsculos polares que se desprenden en el momento de la entrada del espermatozoide. Se produce además un "endurecimiento" de la zona pelúcida, que impide el paso de más espermios.

Hay, pues, un proceso de despertar del óvulo, que es lo que se denomina activación ovular, con cambios en la membrana que se propagan desde el cono de fertilización, y un rápido incremento en las necesidades de oxígeno y una aceleración en los intercambios iónicos, para iniciarse enseguida el proceso de síntesis de proteínas propias de la especie.

Entra todo el espermatozoide en el óvulo, y en su interior se mueve muy lentamente; aumentan las dimensiones de su núcleo (que está en la cabeza) por el paso de sustancias químicas ovulares a su interior. Los dos pronúcleos se van acercando hacia el centro, para fusionarse las cromatinas de ambos, con lo que la carga genética nuclear ahora es la suma de la aportada por el padre y la madre.

El momento de la fusión de los dos pronúcleos es el acontecimiento culminante de la

fecundación, proceso que, desde que se inicia, dura unas once horas. La célula resultante de la fecundación o cigoto es ya distinta del óvulo y del espermatozoide; en su interior se da una gran producción de energía, proceso biológico de una gran intensidad, manifestación de la vitalidad del cigoto. Enseguida, como una consecuencia de esa gran actividad metabólica, el cigoto se empieza a dividir; es el proceso de la segmentación, que aunque al principio es más rápido y cada vez más asincrónico, de seguir a la velocidad con que se instaure, daría lugar al cabo de poco tiempo a un ser con un número de células igual al del adulto; y es que hasta el momento del nacimiento se producen 41 generaciones celulares, y muy pocas más tendrán lugar desde el nacimiento hasta el final de la vida. Por eso, la velocidad del proceso de segmentación es progresivamente menor. La primera división se realiza a las 24 - 30 horas; después, habrá una división cada 10 -12 horas. A veces, la segunda división no se hace cronológicamente igual. En la primera división se distingue una célula mayor o macrómera y otra menor o micrómera. De la primera derivará el cuerpo embrionario, y de la menor, los anejos. Siguiendo las divisiones, al cuarto día del desarrollo el embrión tendrá unas 12 a 16 células, hablándose ya de mórula, período en que las células están muy trabadas entre sí, por la compacción y compresión entre ellas, que se empieza a observar ya en la fase de ocho células. Las células superficiales constituyen la masa celular externa, y las profundas, la masa celular interna, que por su situación, segregarán un líquido que se dirige hacia el centro de la mórula; entran también líquidos uterinos, con lo que la masa celular interna es rechazada hacia un extremo, ha-

blándose de embrioblasto, mientras que las demás células quedan periféricas, y se habla en este caso de trofoblasto, distinguiéndose así una blástula, con un polo embrionario y otro abembrionario.

Pasados cuatro días después de la fecundación, el cigoto ha sido transportado desde el tercio externo de la trompa hacia el interior de la cavidad uterina y al cabo de una semana aproximadamente a partir de la fecundación (20 - 21 día del ciclo) , se implanta en el espesor de la pared del útero y comienza a desarrollarse grandemente, gracias a la nutrición más abundante que le aporta la pared uterina, preparada a estos efectos adecuadamente. En el momento en que se implanta, el nuevo ser tiene la forma de blástula. A nivel del polo embrionario, las células tapizantes de la blástula, mediante una actividad lítica especial, disgregan y corroen la pared uterina, al mismo tiempo que van proliferando e invadiendo el espesor de la misma. Al tiempo que suceden estos fenómenos, en la masa celular que quedó rechazada en uno de los polos de la blástula, se organizan dos capas celulares: la capa ectodérmica y la endodérmica, que constituyen el cuerpo embrionario. A los nueve días, la blástula está totalmente empotrada en el endometrio y se cierra la herida con un tapón de fibrina. Aparece la membrana de Heuser y una cavidad vitelina primitiva. Pero poco a poco las células endodérmicas van cubriendo a la membrana y se va a formar un saco vitelino secundario o definitivo, y la estructura responsable de la formación del tejido conjuntivo y sus derivados -mesoblasto- se divide en somato y esplanopleura.

Hacia el día 14 del desarrollo aparece una diferenciación mesodérmica denominada lí-

nea primitiva. A partir del nódulo de Hensen (engrosamiento cefálico de la línea primitiva) surge una invaginación a modo de dedo de guante, situada entre las dos hojas embrionarias, o prolongación cefálica, que tras múltiples avatares se transformará en la notocorda, estructura fundamental para la inducción del sistema nervioso central, entre otras estructuras.

Gran parte de los procesos del desarrollo están regidos por la acción de la notocorda, que planifica y organiza en gran medida la morfogénesis. Los fenómenos morfogenéticos están regidos a su vez por los mecanismos correspondientes a la interacción por vecindad entre células próximas. Por otra parte, la morfogénesis no es más que el resultado de la activación diferencial de los genes, y este proceso va a originar la síntesis y modulación de multitud de factores proteicos, que, a distancia, o lo que es más común, de modo local, van a desencadenar, regular, y, cuando sea preciso, inhibir los procesos de diferenciación, crecimiento y desarrollo, incluidos bajo el nombre genérico de morfogénesis. Lógicamente, todos estos fenómenos no quedan exclusivamente regulados por el embrión, pues también la madre interviene a través de acciones hormonales e incluso probablemente por la acción de factores de crecimiento. De todos modos, aunque la intervención del organismo materno sea muy importante, no quiere decir esto que su actuación sea exclusiva y que ejerza un total dominio sobre el desarrollo embrionario, de manera que la existencia del nuevo ser no pueda considerarse en sí misma y con una autonomía, relativa, pero al mismo tiempo real; más aún, se puede afirmar, que el embrión, ya desde su más temprana etapa de evolución, influye poderosamente

te en la adecuación del organismo materno para su óptimo desarrollo; hay que tener en cuenta que el trofoblasto, de origen totalmente embrionario, no es solamente un órgano nutricional sino también una estructura endocrina cuyas secreciones hormonales actúan de modo determinante sobre la madre.

La ontogenia, el desarrollo, es un conjunto de fenómenos que, desde que se disparan repentinamente en el momento de la fecundación no se interrumpirán hasta el momento de la muerte. Se pasa de unos a otros períodos insensiblemente. No se puede olvidar que los períodos que por razones de estudio se establecen médicamente, tanto en el curso del desarrollo como a lo largo de toda la vida son, simplemente, diferentes aspectos de lo que en esencia constituye la característica fundamental de todo ser vivo: la capacidad de adaptación a las necesidades del momento y del ambiente, y la de reaccionar como un todo, como una unidad. En la observación de lo que pasa en cualquier ser vivo, animal o vegetal, salta a la vista esa unidad temporal, biográfica, que permite decir que ese ser, aun cuando al cabo del tiempo haya renovado totalmente sus materiales constituyentes y haya cambiado su aspecto, es el mismo. La ontogénesis es un proceso continuo, homogéneo, sin fisuras. No hay solución de continuidad entre unas y otras etapas de la vida. El sucederse de los acontecimientos forma parte de una biografía una e indisoluble que comienza con la explosión vital que supone la fecundación y termina en el momento de la muerte, sea por un aborto, por un infarto, o por un accidente de tráfico. Por eso, los términos de cigoto, mórula, blástula, embrión, feto, neonato, niño, joven, adulto, anciano, son lo de menos. Lo destacable es esa unidad bioló-

gica, biográfica. De esta forma, el momento del parto no es más que un suceso biográfico de la vida del individuo, ya que los procesos de desarrollo continúan durante la infancia, siguen produciéndose fenómenos similares a los que ocurren durante los nueve meses de gestación, aunque progresivamente menos intensos; de hecho, el anciano tiene menos vitalidad que el cigoto.

Se trata de una vida autónoma porque ese ser toma del medio en que se encuentra todo lo necesario para su subsistencia, independientemente en muchos casos de que la madre esté desnutrida o enferma. Autonomía relativa que no es esencialmente diferente de la que tenemos nosotros, los adultos, que también dependemos del medio en que estamos ubicados: del aire, del alimento, de las relaciones sociales, etc. Eso explica que blastocistos transferidos a una cápsula suprarrenal masculina puedan desarrollarse hasta estadíos muy avanzados. El nuevo ser además autónomamente rige y controla sus propios procesos, gracias a la carga genética que dirige toda su actividad.

Aparte de que ha quedado desechada hace tiempo la antigua hipótesis según la cual la ontogenia es una recapitulación de la filogenia, se demuestra que ese ser es de la especie humana porque tiene una organización exclusivamente humana, distinta estructuralmente de las restantes especies animales. Así por ejemplo, desde el momento de la fecundación el nuevo ser está sintetizando las proteínas características de su especie. Además, contiene una carga genética, aportada por los gametos en el momento de la fecundación, que es la responsable de las diferencias del mismo con respecto a otros individuos de la misma especie, no sólo por lo que

se refiere al sexo o a los aspectos externos - el color de los ojos, la forma de su nariz, el modo de andar, la tonalidad de la voz, etc. - , sino también por lo que respecta a sus órganos internos; e incluso están ya marcadas determinadas disposiciones para enfermar, que no se pondrán de manifiesto en muchos casos hasta transcurridos muchos años después del nacimiento. La individuación se da, pues, desde el momento de la fecundación.

Ese ser, que está vivo y es autónomo, tiene por lo tanto, la condición de individuo de la especie humana. Se ha argumentado contra esta realidad el hecho de la posible formación de gemelos, al menos en las primeras semanas del desarrollo, diciendo que un individuo humano no lo es si se puede dividir, con lo que se confunde individualidad con indivisibilidad; y es que el problema de los gemelos no es tal: significa que el comienzo de la vida del hermano gemelo se hace por desprendimiento de un grupo de células de su hermano, y si ésto es así, lo único que cabe afirmar es que también en la especie humana, al igual que en otras especies animales y vegetales, se da la posibilidad de una generación distinta a la fecundación, por escisión; la diferencia con otras especies estribaría en que en el hombre, esta posibilidad queda limitada a etapas muy iniciales del desarrollo, mientras que en otros seres vivos se mantiene en la vida adulta. También se podría interpretar el fenómeno de gemelación como la manifestación externa de la presencia ya desde el principio de dos hermanos que comparten un mismo hábitat físico hasta que sucede la separación gemelar, si bien está última posibilidad parece bastante teórica y difícil de ser demostrada.

Naturalmente, la Medicina y la Embriología, se mueven en el ámbito de la metodología

de la ciencia biológica, y por eso, para poder afirmar que el cigoto es ya un ser personal hay que pasar a otro plano metodológico y echar mano de una afirmación filosófica: el hombre no posee otra modalidad de existencia que la de ser persona (ser individual de naturaleza humana) y si esa primera célula, el cigoto, tiene una naturaleza humana, porque su carga genética es humana, se deduce que debe ser persona. Esas son sus señas de identidad. Algunos argumentan que no es persona hasta que se derrolle el sistema nervioso central. Si fuera así, podríamos decir que hasta los seis o siete años de edad no habrá persona humana, pues hasta entonces no se ha completado el desarrollo de las conexiones nerviosas. Tampoco sería persona un individuo en coma; ni sería persona humana un individuo dormido o un sujeto afectado por una patología degenerativa del sistema nervioso en fase avanzada, si definimos a la persona humana como aquella que puede realizar operaciones intelectuales.

Otros argumentan que la condición humana se va adquiriendo de forma progresiva, pues al principio se trataría de una masa amorfa, hasta que al final ese ser tiene una forma humana, y en consecuencia hasta el final no sería persona humana. Pero aparte de que no hay ninguna barrera o límite claro entre los sucesivos procesos biológicos que se dan en el desarrollo, hay que decir que la forma, la morfología, no determinan a un ser humano, es más bien al contrario, la morfología (tomada ésta en su sentido más amplio, pues también se podría hablar de una morfología bioquímica) es la que viene determinada por la carga genética; con esto no afirmamos de ningún modo que la carga genética sea el principio informador vital que lo ani-

ma; el individuo humano es el todo que fenomenológicamente se puede constatar como tal, genoma más fenoma, pero en ese todo existe una jerarquía funcional donde el genoma determina, constituye al fenoma y a su vez este último modula, activa o desactiva al primero. También se dice que un individuo no es persona hasta que no es aceptado por los demás, argumento exclusivamente sociológico sin ninguna base científica.

Digno es lo que debe ser tratado con respeto y veneración. Y esa dignidad hay que aplicarla al hombre en toda su realidad biográfica, desde el comienzo de su vida, es decir, desde el momento de la adhesión del espermatozoide a la membrana ovular, o quizás, siendo más precisos, desde la fusión de los dos pronúcleos hasta la muerte. No hay ningún salto de calidad entre unas etapas y otras del desarrollo. El único salto cualitativo es el momento de la fecundación, en donde de dos células en la etapa terminal de su proceso de diferenciación (al borde de la muerte) surge una realidad nueva, distinta, con unos procesos vitales que forman un continuum, en el que se confunden el antes y el después.

### **Organos y funciones.**

Se suelen distinguir tres períodos en el curso del desarrollo: un período de prediferenciación, que abarca prácticamente el primer mes del desarrollo; un período embrionario, que ocupa el segundo mes y posiblemente parte del tercero, y el resto del tiempo es el período fetal. Hacia la terminación del desarrollo, en el período fetal, predominan los procesos de crecimiento y aumento del tamaño de los órganos, ya formados con an-

terioridad totalmente, e incluso se van adquiriendo nuevas funciones.

La frontera entre unos y otros períodos no se puede determinar. Son conceptos puramente convencionales.

La idea de pre-embrión es un concepto surgido hace unos años, que abarca los 14 primeros días del desarrollo, viniendo a coincidir su terminación con la aparición de la línea primitiva. El término en sí es aséptico, si no llevase consigo ninguna connotación, extrabiológica e incluso extracientífica; pero en general, los usuarios del término pre-embrión lo consideran como no humano, porque, por ejemplo, como dice Grobstein, en esa época es cuando se producen los gemelos.

En cuanto al desarrollo de los órganos, destacaremos algunos datos, que vienen a poner en evidencia, la planificación finísima y ontogénicamente orientada, teleológica, del desarrollo humano considerado como un todo continuo:

Antes de que se forme el corazón, en una determinada área del cuerpo embrionario, antes incluso de que el individuo tenga una forma corporal precisa se observa la aparición de proteínas contráctiles que son típicas de la musculatura cardíaca.

En la tercera semana del desarrollo comienza esbozarse el sistema nervioso central; sin embargo, la actividad bioeléctrica celular, propia de todo organismo vivo, está presente desde el inicio de la existencia, antes de empezarse a formar el sistema nervioso. Como el sistema nervioso central es importante en la especie humana, se empieza a formar muy precozmente. Tal es la importancia del sistema nervioso, que la zona encefálica del embrión y del feto ha de recibir una buena nutrición y, por tanto, una buena vasculariza-

ción. Será necesario que se establezcan una gran cantidad de conexiones nerviosas, conexiones que hasta los seis o siete años de edad no terminarán de conformarse totalmente. Todo esto explica que en los embriones y fetos y en los recién nacidos el tamaño del cráneo, que ha de albergar el encéfalo, sea proporcionalmente muy grande con respecto al tamaño de la cara.

Aún antes de haberse completado el desarrollo del sistema nervioso central, la capacidad de responder a los estímulos siempre está presente. El cigoto responde a su manera, y la blástula también, muchas veces con la muerte, si el estímulo es de tal intensidad que pueda desorganizar su estructura. En cuanto al movimiento, se observan reacciones de huida en embriones humanos de seis semanas; a las ocho semanas se observan movimientos de la cabeza ante las estimulaciones; a las doce ya está presente el reflejo de la deglución, y a las veinticuatro semanas del desarrollo se chupa el dedo. El feto eructa, y el diafragma se mueve a un ritmo de 40 a 70 contracciones por minuto, lo que parece indicar una preparación intraútero para la mecánica respiratoria del futuro. Y juntamente con la motilidad, necesaria por otra parte para el buen desarrollo del aparato locomotor, se van desarrollando los órganos de los sentidos.

Por lo que se refiere al cuello, en un principio no existe realmente, de modo que cabeza y tronco están unidos prácticamente, sin solución de continuidad; pero más adelante ocurrirá que la zona de transición entre cabeza y tronco se irá alargando progresivamente y, consecuentemente, las estructuras que van de la cabeza al tórax y del tórax a la cabeza sufrirán también elongación.

En cuanto al tronco, al principio tiene una



forma de C, muy incurvado, pero poco a poco se irá estirando, para adquirir una disposición apropiada para la futura posición erecta y para la bipedestación, características de la especie humana.

En el tronco se encuentran órganos vitales muy importantes, entre ellos el corazón, que empieza a latir muy tempranamente. Pronto se esboza el aparato digestivo, aunque probablemente no tenga función digestiva apreciable durante el desarrollo. El aparato respiratorio está organizado mucho antes del nacimiento, pues empiezan movimientos preparatorios para la respiración muy tempranamente. Los fenómenos excretores se desarrollan muy precozmente. Hay que tener en cuenta que tanto las funciones excretoras como respiratorias son realizadas sin embargo en la placenta.

En cuanto a las extremidades, nunca los miembros inferiores llegan a tener el mismo tamaño que los superiores, circunstancia que no se adquiere hasta el segundo año después del nacimiento. En el tercer mes ya están esbozadas las uñas de los dedos de manos y pies. A los dos meses del desarrollo, con una lupa pueden observarse las huellas dactilares.

Y se dan otros procesos y cambios en el curso del desarrollo, procesos todos ellos que son característicos y peculiares de cada individuo. No es igual el desarrollo de un individuo que el de otro individuo.

No se puede determinar la viabilidad en un momento exacto, ya que por otra parte, cada vez se están logrando mayores éxitos de supervivencia fuera del útero. No es irrazonable pensar que en un futuro, quizá no muy lejano, podrá lograrse que un ser humano pueda seguir su desarrollo perfectamente

fuera del útero en cualquier época del desarrollo.

En resumen, desde el momento de la fecundación tenemos un nuevo ser vivo, independientemente de las circunstancias en que la concepción de ese ser se haya producido y de la presencia o ausencia de determinadas alteraciones físicas o psíquicas del mismo. Su carga genética, sus propiedades inmunológicas, proteicas, etc., que se manifiestan desde el comienzo, lo caracterizan como de una especie concreta y con una individualidad irrepetible. Aun cuando esa unión de espermatozoide y óvulo no se realice en la trompa uterina, como es el caso de la fecundación "in vitro", tendremos un nuevo ser humano cuya vida comenzó en el momento de la fecundación y que en una secuencia sin solución de continuidad llegará hasta la vejez y la muerte, que por otra parte puede ocurrir violentamente o de forma natural en cualquier momento. Siempre, en cualquier caso, habrá muerto un ser humano.

### **Bibliografía**

Wassarman, P. M. (1987). The biology and chemistry of fertilization. *Science*, 235: 5553-560.

Consultar las últimas ediciones de los siguientes tratados: **Patten B.** (Human Embriology), **Arey L.** (Developmental Anatomy), **Roberts J.**: (Introducción a la Genética Médica), **Hamilton W & Mossman** (Human Embriology), **Greenhill J. & Friedman E.** (Biological Principles and Modern Practice of Obstetrics), **Luria S.** (Thirty Six Lectures in Biology), **Brash J.** (Human Embriology), **Thomas J.** (Introduction to Human Embriology), **Torrey J.** (Morfogénesis de los Vertebrados), **Simpson G. & Beck** (Life. An Introduction to Biology), **Hamilton WJ. & Mossman HW.** (Human Embriology), **Langman J.** (Embriología Médica), **Fitz Gerald MJT.** (Embriología Humana), **Moore KL.** (Embriología Clínica), **Moore KL.** (Embriología Básica).