

El embrión Humano

Ricardo Paniagua Gómez-Álvarez. Catedrático de Biología Celular . Universidad de Alcalá

Formación del blastocisto

Hacia el día 14 del ciclo menstrual femenino, del ovario se expulsa un óvulo que es conducido por la trompa de Falopio, cuya pared muscular lo impulsa hacia el útero.

Los espermatozoides pasan de la vagina al útero y continúan por las trompas uterinas, en cuya ampolla ocurre la fecundación, dando lugar al cigoto.

Unas 30 horas después de la fecundación, el cigoto por mitosis da lugar a dos células. Siguen la 2ª y 3ª divisiones mitóticas y a las 40-50 horas se alcanza la etapa de ocho células. Nuevas mitosis dan lugar a la *mórula*, cuyas células se denominan *blastómeros* y forman una esfera. En la *mórula* de 16 células se distingue una *masa celular interna (embrioblasto)*, que formará el *embrión*, y otra *masa celular externa* circundante (*trofoblasto*), que formará la placenta.

Conforme progresa la segmentación, la *mórula* desciende por la trompa de Falopio hacia el útero, que alcanza al 4º o 5º día. En el interior de la *mórula* se acumula líquido formándose una cavidad: el *blastocoele*. La *mórula* se ha convertido en *blástula* o *blastocisto* y tiene de 58 a 107 células. En un blastocisto de 107 células, ocho células grandes lo forman el embrioblasto y las otras 99 el trofoblasto.

El trofoblasto sobre el embrioblasto se introduce en la mucosa uterina, fijando el embrión. Así termina la primera semana.

Formación del embrión bilaminar

Al 8º día de la fecundación el blastocisto está parcialmente incluido en el tejido conjuntivo endometrial. El trofoblasto que recubre el embrioblasto forma un disco de dos capas: el *citotrofoblasto* (la más interna) y el *sincitiotrofoblasto* (la más externa). En el citotrofoblasto hay mitosis y estas células se añaden al sincitiotrofoblasto. En el polo opuesto (*polo abembrionario o vegetativo*), el trofoblasto apenas es una delgada capa, pero en los días siguientes el sincitiotrofoblasto se extiende hacia este polo recubriendo todo el embrión.

Las células de la masa celular interna del embrioblasto se convierten en dos capas que, en conjunto, forman el *disco germinativo o bilaminar*: la *capa germinativa endodérmica*, (la más interna) y la *capa germinativa ectodérmica* (la más externa). Las células ectodérmicas están inicialmente muy unidas al citotrofoblasto, pero, poco a poco, comienzan a aparecer pequeñas hendiduras, que se fusionan formando la *cavidad amniótica*. A lo largo del borde trofoblástico de esta cavidad se advierten células aplanadas: los *amnioblastos* (derivados probablemente del trofoblasto), que revisten la cavidad amniótica.

Hacia el 9º día el blastocisto se hunde por completo en el útero. En el sincitiotrofoblasto del polo embrionario (muy desarrollado) aparecen lagunas. En el polo vegetativo se separan células desde el citotrofoblasto y forman una capa: la *membrana de Heuser*, que se continúa con el endodermo y forma el revestimiento de la *cavidad exocelómica o saco vitelino primitivo*, que sustituye al blastocoele.

Hacia el 11º o 12º día las lagunas del sincitiotrofoblasto del polo embrionario se intercomunican. Como las células sincitiales erosionan el tejido conjuntivo y destruyen el endotelio de los capilares, la sangre invade las lagunas del sincitiotrofoblasto. De este modo, la sangre materna circula desde las arterias a las venas a través de las lagunas, estableciéndose la *circulación útero-placentaria*.

Del citotrofoblasto siguen separándose células que quedan por fuera de la cavidad exocelómica y forman el *mesodermo extraembrionario*. Éste queda limitado por el trofoblasto hacia fuera, y por el amnios y el saco vitelino primitivo hacia dentro. En este mesodermo se forman cavidades que, al

fusionarse, forman el *celoma extraembrionario*. Rodean por completo el saco vitelino y la cavidad amniótica. El mesodermo extraembrionario que reviste el citotrofoblasto se denomina *hoja somatopleural*; y el que recubre el saco vitelino se denomina *hoja esplacnopleural*. Hacia el final de la 2ª semana, en la porción cefálica, el endodermo muestra un pequeño engrosamiento llamado *lámina procordal*, donde el ectodermo y el endodermo están firmemente unidos entre sí.

Hacia el final del 12º día algunas células endodérmicas se extienden por el interior de la membrana de Heuser y continúan proliferando hasta cerrarse delimitando una nueva cavidad: el *saco vitelino secundario o definitivo*. El celoma extraembrionario está muy dilatado, se denomina *cavidad coriónica*, y reviste el interior del citotrofoblasto formando la *placa o lámina coriónica*. El único sitio donde el mesodermo extraembrionario atraviesa la cavidad coriónica es en el *pedículo de fijación* que une el embrión con el trofoblasto.

El trofoblasto del polo embrionario se ha desarrollado mucho. El citotrofoblasto forma columnas que empujan el sincitiotrofoblasto en el endometrio dando lugar a los *troncos de las vellosidades primarias*.

Formación de la línea primitiva, el mesodermo y la notocorda

En la 3ª semana se forma la *línea primitiva* en la superficie del ectodermo orientada hacia la cavidad amniótica. En el embrión de 15-16 días esta línea es un surco limitado por zonas algo salientes. Su extremo cefálico se llama *nudo primitivo o de Hensen* y es una elevación alrededor de una fosita (*fosita primitiva*). En un corte transversal por el extremo caudal del embrión se advierte una nueva capa celular entre las capas ectodérmica y endodérmica: la *capa germinativa mesodérmica*, originada a partir de las células ectodérmicas que comienzan a emigrar en dirección de la línea primitiva, se dirigen hacia el surco, se hunden y emigran entre el ectodermo y el endodermo. La emigración es en dirección lateral y cefálica hasta llegar a la *lámina procordal*. Las células que se extienden desde la fosita primitiva hasta la lámina procordal forman un tubo: la *prolongación cefálica o notocordal*. En la parte posterior del embrión el ectodermo y endodermo quedan también íntimamente unidos en la zona denominada *lámina o membrana cloacal*. Para el día 17º el ectodermo y endodermo están completamente separados por el mesodermo salvo en la lámina procordal y en la lámina cloacal.

Para el 18º día, el suelo de la prolongación notocordal se fusiona con el endodermo subyacente. La prolongación notocordal no es ya un tubo sino una lámina celular, que después se transforman en un cordón macizo: la *notocorda definitiva*.

La pared posterior del saco vitelino origina un pequeño divertículo: el *alantoides o divertículo alantoentérico*, que en el hombre y otros mamíferos es rudimentario y se considera un resto evolutivo.

El disco embrionario es aplanado y redondo. Poco a poco se alarga y para el 18º día tiene un extremo cefálico ancho y un extremo caudal angosto. El desarrollo de la porción cefálica se debe a las células que emigran desde la línea primitiva. Después del 19º día la línea primitiva experimenta regresión caudal y termina por desaparecer.

Formación de la placenta

Al comienzo de la 3ª semana, hay abundantes troncos de las *vellosidades primarias*. Cada una consiste en citotrofoblasto cubierto de sincitiotrofoblasto. Posteriormente, células del mesodermo extraembrionario se introducen en el centro de las vellosidades primarias que pasan a ser *vellosidades secundarias*. Al final de la 3ª semana, en el mesodermo de las vellosidades se han formado vasos sanguíneos y células sanguíneas. Es el tronco de las *vellosidades terciarias*. Durante la 4ª semana se advierten estas vellosidades en toda la superficie del corion. Los capilares de las vellosidades se ponen en contacto con los capilares que se desarrollan en el mesodermo extraembrionario o capa coriónica y en el pedículo de fijación. A su vez, estos vasos comunican con

el sistema circulatorio intraembrionario, conectando así la placenta y el embrión. Cuando el corazón empieza a latir en la 4ª semana, el sistema de vellosidades está preparado para proporcionar al embrión los nutrientes y el oxígeno necesario. Hasta entonces estas necesidades se satisfacen por difusión.

Entre tanto, las células del citotrofoblasto se introducen en el sincitiotrofoblasto suprayacente lo atraviesan hasta ponerse en contacto con el endometrio. Allí establecen continuidad unas vellosidades con otras, adheridas por el citotrofoblasto al endometrio, formando así la *envoltura citotrofoblástica*, que une firmemente el saco coriónico al tejido materno-endometrial.

Para el día 19-20, el embrión está unido a la envoltura trofoblástica por el *pedículo de fijación*, que consiste en mesodermo extraembrionario, continuo con el de la placa coriónica, unido al embrión por el extremo caudal de éste. Después el pedículo se convertirá en el cordón umbilical, que comunica la placenta con el embrión.

Diferenciación de las hojas germinativas

De la 4ª a la 8ª semana se denomina *período embrionario*, en el que cada hoja germinativa origina tejidos y órganos específicos. Al final del segundo mes se reconocen los caracteres externos principales del cuerpo.

Derivados del ectodermo

El ectodermo origina: (1) sistema nervioso central y periférico; (2) epitelio sensorial del ojo, nariz, oído; (3) epidermis; (4) glándulas subcutáneas y mamarias, hipófisis y esmalte dental.

El sistema nervioso se origina tras aparecer la notocorda, a partir del ectodermo suprayacente a ésta. En el embrión de 19 días el sistema nervioso es un engrosamiento redondeado del ectodermo en la región cefálica denominado *placa neural*. Hacia el día 21 el engrosamiento se alarga y extiende hacia la lámina primitiva. Después los bordes se elevan formando los *pliegues neurales*; en el centro queda el *surco neural*. Los pliegues se fusionan en dirección cefálica y caudal y forman el *tubo neural*. Luego éste se dilata en la porción cefálica, originando las *vesículas encefálicas*; mientras que, en la porción caudal, permanece cilíndrico formando la *médula espinal*.

Derivados del mesodermo

Del mesodermo derivan: el tejido conjuntivo, el cartílago, el hueso, el corazón, la sangre y vasos sanguíneos, los músculos estriados y lisos, los riñones, las gónadas, la corteza de la glándula suprarrenal y el bazo.

Hacia el 17º día, a ambos lados de la línea media, se forma un cordón engrosado: el *mesodermo paraxial*. A ambos lados, el mesodermo sigue siendo delgado y constituye las *láminas laterales*, con una hendidura entre ellas (la *cavidad celómica*). Cada lámina lateral se une al mesodermo paraxial por el *mesodermo intermedio*. La lámina lateral se divide en dos hojas: (1) la *hoja somática o parietal* que se aplica contra el ectodermo; y la *hoja esplácnica o visceral* que se aplica contra el endodermo. Entre ambas hojas queda una cavidad: el *celoma intraembrionario* que se continúa con el extraembrionario o cavidad coriónica. Al final de la 4ª semana desaparece la comunicación.

Hacia el día 20º el mesodermo paraxial comienza a dividirse en pares de bloques (de *somitas*). Se van formando unos tres pares por día desde la región cefálica en dirección cráneo-caudal.

Hacia el comienzo de la 4ª semana las células de las paredes ventral y media de los somitas proliferan y emigran hacia la notocorda, constituyendo el *esclerotomo* que da lugar al *mesénquima*. Éste origina fibroblastos, condroblastos y osteoblastos incluyendo la columna vertebral.

La pared dorsal de los somitas forma el *dermatomo*, que se extiende bajo el ectodermo para formar la dermis. De la superficie interna del dermatomo se origina el *miotomo*, que forma la musculatura de cada segmento.

El mesodermo intermedio origina acumulaciones celulares de disposición segmentaria que

formarán el riñón primitivo o *mesonefros*.

El mesodermo somático y el ectodermo suprayacente forman las paredes laterales y ventrales del cuerpo. El mesodermo esplácnico y endodermo forman la pared del intestino y los órganos respiratorios. La cavidad celómica queda revestida por células mesoteliales.

Hacia la mitad de la 3ª semana, células del mesodermo esplácnico situadas a cada lado de la línea media y por delante de la lámina procordal se convierten en células que originan vasos sanguíneos (*angioblastos*) y el corazón. Estos vasos comunican con los del mesodermo extraembrionario y del pedículo de fijación (formados unos días antes). Así quedan conectados el embrión y placenta estableciéndose la circulación fetal. De este modo, la sangre materna y fetal no se mezclan, intercambiándose sustancias a través de la barrera placentaria.

Derivados del endodermo

Del endodermo derivan: (1) el epitelio del tubo digestivo y el árbol respiratorio; (2) el parénquima de amígdalas, glándula tiroidea, las paratiroides, el timo, el hígado y el páncreas; (3) el epitelio de la vejiga urinaria y de parte de la uretra; (4) el epitelio del tímpano y de la trompa de Eustaquio.

En el embrión tiene lugar un encorvamiento céfalo-caudal y otro lateral que hacen que el tubo digestivo se forme de un modo pasivo a partir del saco vitelino. Queda una comunicación entre ambos mediante el *conducto onfalomesentérico o vitelino*. El intestino se denomina *anterior, medio y posterior (caudal)*. Al intestino medio le corresponde el conducto vitelino.

En el extremo cefálico, la lámina procordal limita el intestino anterior y forma la *membrana buco-faríngea*, que se rompe al final de la tercera semana y, de este modo, se comunican el intestino y la cavidad amniótica. En el extremo caudal está la *membrana cloacal* que se divide en *membrana urogenital* y *membrana anal*. Ambas membranas cloacales se rompen mucho más tarde.

El alantoides forma la *cloaca* en el extremo caudal del embrión y se continúa en forma de tubo hacia el otro lado, dentro del pedículo de fijación. Al final de la 4ª semana el saco vitelino y el pedículo de fijación se fusionan y forman el *cordón umbilical*.