

A large, dark blue version of the UDS logo is centered on the page. It consists of a stylized graphic of three curved lines on the left, followed by the letters 'UDS' in a very large, bold, sans-serif font. Below this, the words 'Mi Universidad' are written in a smaller, bold, sans-serif font.

## Ensayo

*Nombre del Alumno : Rubí Yadelin Santiago Lanza*

*Nombre del trabajo: Formación de capas*

*Parcial : III*

*Nombre de la Materia : Biología del desarrollo*

*Nombre del profesor: Del Solar Villereal Guillermo*

*Nombre de la Licenciatura :Medicina humana*

*Semestre: I. Grupo: A*

---

## **Introducción**

El desarrollo embrionario es un proceso fascinante y complejo que se inicia desde la fertilización hasta la formación de las estructuras fundamentales del cuerpo humano. En las primeras etapas, el embrión atraviesa una serie de transformaciones celulares y organizativas que dan lugar a la formación de las capas germinales y sus primeros derivados. Este proceso incluye eventos cruciales como la gastrulación, que permite el desarrollo del ectodermo, mesodermo y endodermo, y establece las bases para la organización corporal y la diferenciación de los sistemas y órganos. Además, la formación del disco bilaminar, la inducción del sistema nervioso y la interacción entre las moléculas de adhesión celular juegan roles esenciales en la estructuración del plan corporal básico. Este trabajo describe en detalle cada una de estas fases, explorando cómo el embrión evoluciona desde un conjunto de células hasta la estructura organizada y funcional de un ser humano en desarrollo.

## **- Formación de las capas germinales y sus primeros derivados -**

Hasta el momento de la implantación, el blastocito está constituido Por la masa celular interna, de la que se origina propiamente el cuerpo del embrión, y el trofoblasto externo, que representa la conexión tisular futura entre el embrión y la madre. El citotrofoblasto genera una capa sincitial externa, poco antes de adherirse al tejido uterino. En última instancia, la subdivisión de la masa celular Interna da lugar al cuerpo del embrión, que contiene las tres capas germinales Primarias: el ectodermo (capa externa), mesodermo (capa intermedia), y endodermo (capa interna). El proceso por el cual se forman las capas germinales mediante movimientos celulares se denomina gastrulación.

## **- Estado de disco bilaminar -**

A medida que las células de la masa celular interna se disponen adoptando una configuración epitelial en lo que en ocasiones se denomina cubierta embrionaria, aparece una fina capa de células en su parte ventral La capa superior principal de las células se llama epiblasto, y la capa Inferior hipoblasto o endodermo primitivo. Las células que expresan nanog representan las precursoras del epiblasto, y las que expresan Gata 6 los del hipoblasto. Las células que expresan Gata 6 producen moléculas que aumentan sus propiedades adhesivas, así como su movilidad, desplazándose a la superficie inferior de la masa celular interno para formar un epitelio delgado, el hipoblasto. Las células Gata 6 que no llegan a la superficie de la masa celular interna sufren apoptosis. Entre epiblasto e hipoblasto se crea una lámina basal. Después de que el hipoblasto se ha constituido en una capa bien definido y de que el epiblasto ha adoptado una configuración epitelial, la masa celular interna se transforma en un disco bilaminar, con el epiblasto en su superficie dorsal y el hipoblasto en la ventral. El epiblasto contiene las células que forman al embrión en sí mismo, aunque de esta capa también se originan tejidos extraembrionarios. La capa que aparece después del hipoblasto es el amnios, una capa de ectodermo extraembrionaria que

Finalmente rodea a todo el embrión en una cámara llena de líquido denominada cavidad amniótica. Poco tiempo después (aproximadamente a los 8 días de la fecundación), el epitelio amniótico original vuelve a formar un techo sólido sobre la cavidad amniótica. Cuando finaliza la expansión del endodermo se ha constituido una vesícula llamada Saco vitelino Primario. 12 días después de la fecundación comienza a aparecer otro tejido, el mesodermo extra embrionario. Es el tejido que constituye el soporte tisular del epitelio del amnios y del saco Vitelino y de las vellosidades canónicas, que se originan a partir de los tejidos trofoblásticos

## **- Gastrulación y Formación del disco embrionario trilaminar-**

Al inicio de la tercera semana de gestación, el embrión entra en el período de gastrulación, durante el cual se forman las tres capas germinales embrionarias a partir del epiblasto. La gastrulación se inicia con la formación de la línea primitiva, una condensación celular longitudinal en la línea media que procede del epiblasto en la región posterior del embrión,

a través de una inducción ejercida por parte de las células situadas en el borde del disco embrionario de esta zona. La línea primitiva tiene al Principio una forma triangular, pero al poco tiempo se torna lineal y se alarga mediante una combinación de proliferación y migración, así como también a ve distribuciones celulares internas, llamadas movimientos de extensión convergente. La línea primitiva es una región donde convergen las células del epiblasto en una secuencia espacial y temporal bien definida. En el extremo anterior de la línea primitiva se sitúa una acumulación celular pequeña pero bien definida, denominada nódulo primitivo a módulo de Hansen. Es el área a través de la que migran las células en una corriente hacia el extremo anterior del embrión. El pedículo de fijación se convierte en el cordón umbilical. Cuando la regresión de la línea primitivo termina, su parte más caudal se caracteriza Por una masa de células mesenquimatosas, denominado masa celular caudal.

## - Inducción del sistema nervioso -

El labio dorsal ha sido denominado el organizador, debido a su capacidad para estimular la formación de un eje corporal secundario. A medida que la gastrulación se desarrolla y el nódulo primitivo toma forma, éste induce al epiblasto a formar tejido neural a través de un mecanismo similar al de inhibición de BMP. Este tejido neuronal inducido adquiere un carácter posterior a través de la acción de nodal, que se concentra en el extremo posterior del embrión. La primera respuesta morfológica obvia del embrión frente a la inducción neural es la transformación del ectodermo dorsal que queda por encima del proceso notocordal en una placa alargada de células epiteliales engrosadas, denominada placa neural. Capa germinal ectodérmica queda subdividida en dos linajes de desarrollo: uno neural y otro no neural.

## - Moléculas de adhesión celular-

Si se mezclan tipos diferentes de células embrionarias suelen separarse según el tipo tisular. En fases previas a la inducción primaria del sistema nervioso, el ectodermo expresa N-CAM y E-cadherina (conocida como (-CAM). Después de la inducción primaria, las células integradas en el recientemente formado tubo neural continúan expresando N-CAM, pero no E-cadherina. Estas células también expresan fuertemente N-cadherina. La tercera gran familia de moléculas de CAM, las integrinas, adhieren células a componentes de la membrana basal y de la matriz extracelular. Las integrinas forman heterodímeros formados por el 1 de 16 cadenas a y 1 de 8 cadenas B. Las moléculas de la matriz extracelular que tienen propiedades de adherir células son la fibronectina, la laminita y la tenascina.



## **Organización del plan corporal básico del embrión.**

Al finalizar la gastrulación, el embrión en sí mismo consiste en un disco plano formado por las tres capas germinales: ectodermo, mesodermo y endodermo.

### **Desarrollo del ectodermo**

La respuesta morfológica inicial principal del ectodermo embrionario frente a la inducción neural es el aumento en la altura de las células destinadas a formar los componentes del sistema nervioso. Estas células transformadas aparecen en forma de una placa neural engrosada y visible en la superficie dorsal del embrión Inicial. Oculta la expresión restringida de las moléculas de adhesión celular, desde N-CAM y E-Cadherina en el ectodermo Preinducido hasta N-CAM y N-cadherina en la placa neural. Fases principales en la formación del tubo neural. - Transformación del ectodermo embrionario general en una placa neural gruesa. - Configuración de los contornos generales de la placa neural, de manera que se hace más estrecha y alargada. Este se logra, mediante La convergencia-extensión, durante la cual las células ectodérmicas que forman la placa neural mientras que se desplazan hacia la línea media se va haciendo más alargadas en sentido craneocaudal al tiempo que se estrechan latero medialmente. Este Proceso, conducido Por la polaridad celular plana, da como resultado la formación de una Placa neural en forma de llave. - Proceso de neurulación es el plegamiento lateral de la placa neural, con elevación de los dos lados de la misma a lo largo de un surco neural en la línea media. El cierre del tubo neural comienza en el embrión casi hacia la mitad de la longitud craneocaudal del sistema nervioso a los 21 o 22 días. Los extremos cefálicos y caudal del tubo neural que no se cierran se denominan neuróporos craneal y caudal.

Una serie inicial de subdivisiones da lugar a un encéfalo de tres partes, formado por el prosencéfalo, el mesencéfalo y el rombencéfalo. El primero se subdivide en el telencéfalo y el diencefalo, mientras que el último lo hace en el metencéfalo y el mielencéfalo. Existe otro nivel más fino de segmentación, que subdivide ciertas regiones del encéfalo en una serie transitoriamente visible de segmentos regulares denominados neurómeros. En el rombencéfalo, los neurómeros, a menudo denominados rombómeros, son visibles desde el principio de la cuarta semana hasta el final de la quinta.

El tubo neural recién inducido experimenta una serie de inducciones verticales procedentes de la notocorda y de las regiones de organización de la cabeza. El límite entre mesencéfalo y rombencéfalo es un potente centro local de señales denominado organizador ístmico. Una zona limitante es un grupo celular que secreta Sonic Hedgehog y establece el límite entre los futuros tálamos dorsal y ventral. La segmentación del rombencéfalo en siete rombómeros en el ser humano es el resultado de la expresión de varias categorías de genes, que actúan de una manera muy similar a la forma en la que el embrión inicial de *Drosophila* se subdivide en varios segmentos. Los genes Hox están implicados sobre todo en la especificación de la identidad segmentaria, incluso antes de que exista cualquier marcador molecular de segmentación morfológica.

Las efrinas y sus receptores determinan el comportamiento de las células en los rombómeros. La segmentación de la médula espinal está impuesta en gran medida por las señales procedentes del mesodermo paraaxial más que por las señales moleculares intrínsecas del

tubo neural. Las interacciones entre el FGF-8 y el ácido retinoico durante la formación de la médula espinal y el mesodermo paraaxial ayudan a fijar el código Hox que confiere una identidad anteroposterior a las diferentes.

Las regiones de la médula espinal y los somitos adyacentes están en pleno desarrollo. Cuando el tubo neural termina de cerrarse y se separa del ectodermo cutáneo general, una población celular denominada cresta neural se origina en la parte dorsal del tubo neural y comienza a extenderse por todo el cuerpo del embrión. Las placodas son el resultado de una variedad de procesos inductivos secundarios entre los tejidos neural y mesenquimatoso, así como del ectodermo suprayacente.

### **Desarrollo del mesodermo**

En la localización más cercana al tubo neural, se encuentra una columna engrosada de células mesenquimatosas denominada mesodermo paraaxial o placa segmentaria. La somitogénesis (formación de somitos) implica dos mecanismos: el modelo de "Frente de onda y reloj".

El primer mecanismo, el frente de onda, se relaciona con el alargamiento del polo caudal del cuerpo, producido por la proliferación de células mesenquimatosas situadas en la región más posterior de la línea primitiva no segmentada. El segundo mecanismo, conocido como el reloj de segmentación, se inicia en las células presomíticas que han superado el umbral mencionado y están expresando el gen *Mesp-2*. El desarrollo continuo de un somito implica la transformación completa de bloques segmentados de células mesenquimatosas en grupos esféricos de células epiteliales mediante la acción continua de Paraxis.

Poco después de formarse el somito epitelial, las células de su pared ventromedial reciben un estímulo inductivo de las moléculas de señal Sonic Hedgehog y Noggin, que se originan a partir de la notocorda y de la pared ventral del tubo neural. Las células mesenquimatosas secundarias migran o se desplazan medialmente desde el resto del somito y comienzan a producir proteoglucanos de sulfato de condroitina y otras moléculas características de la

La matriz cartilaginosa se forma a medida que las células mesenquimatosas se agrupan alrededor de la notocorda. Las células mesenquimatosas que se originan a partir de los bordes dorsomedial y ventrolateral del dermatotomo forman una capa separada, el miotomo, bajo el epitelio somítico restante, que ahora se denomina dermatotomo. La transformación de la parte ventral del somito en mesénquima, bajo la influencia de Sonic Hedgehog y Noggin, procedentes de la notocorda, conduce a la formación del esclerotomo.

Las células de algunos de los compartimentos del somito (ventral, central y dorsal) colaboran para formar una vértebra, mientras que las células de los compartimentos central y lateral formarán las costillas. Las células de su borde medial (meningotomo) rodean la médula espinal para formar las meninges y su vascularización. Las células del somitocelo (artrótomo) se unen a algunas células ventrales para formar los discos intervertebrales y las superficies articulares de las vértebras.

Las células del dermomiótomo también son responsables de la producción de una molécula de receptor llamada c-met. La conexión entre el mesodermo paraaxial y el lateral en el embrión inicial consiste en un pequeño cordón de células denominado mesodermo intermedio, que discurre a lo largo de todo el tronco. El mesodermo intermedio es el precursor del sistema urogenital.

El hecho de que el mesodermo inicial desarrolle las propiedades del mesodermo paraaxial o del lateral parece depender del equilibrio entre los factores de medialización que proceden de las estructuras axiales y los factores de lateralización producidos al principio por el ectodermo lateral. El mesodermo lateral se divide en dos capas: una capa dorsal relacionada con el ectodermo, llamada mesodermo somático, y la combinación de éste con el ectodermo se llama somatopleura. La capa ventral, conocida como mesodermo esplácnico, está asociada al endodermo y es

Especificada por el factor de transcripción Foxf-1, la combinación de este último y el mesodermo esplácnico se denomina esplacnopleura. Las capas mesodérmicas intraembrionarias, somática y esplácnica, forman un continuo con las capas del mesodermo extraembrionario que revisten el amnios y el saco vitelino. A medida que el embrión experimenta el plegamiento lateral, las pequeñas vesículas celómicas que se forman en el interior del mesodermo lateral muestran coalescencia y forman la cavidad celómica. La última región del embrión que pasa por el plegamiento lateral completo es la zona ocupada por el saco vitelino.

El extremo posterior del embrión está conectado con los tejidos trofoblásticos por el pedículo de fijación mesodérmico. A medida que el embrión crece y aparece un sistema circulatorio funcional, los vasos sanguíneos del embrión crecen a través del pedículo de fijación para irrigar la placenta, y el pedículo de fijación queda mejor definido como el cordón umbilical.

El desarrollo inicial del sistema circulatorio consiste en la migración de las células que forman el corazón, originadas en el epiblasto, a través de la línea primitiva en un orden anteroposterior bien definido. Las células precardiácas se disponen en el mismo orden anteroposterior en una región con forma de U del mesodermo cardiógeno, denominada creciente cardíaca. Por fuera de la gelatina cardíaca se encuentra el miocardio, que forma, en

última instancia, la parte muscular del corazón. Todo el corazón tubular se localiza en el espacio conocido como celoma pericárdico.

### **Desarrollo del Endodermo**

El desarrollo de la capa germinal endodérmica continúa con la transformación de la banda endodérmica intraembrionaria plana en un intestino tubular, debido al plegamiento lateral del cuerpo embrionario y a la curvatura ventral de los extremos craneal y caudal del embrión en una estructura con forma de "C" La región del nudo de cuerda

Imaginario se convierte en el tallo vitelino: la porción del intestino que todavía se abre en el saco vitelino y se denomina intestino medio, mientras que los puntos de transición entre el intestino medio abierto en el suelo y las regiones tubular anterior y tubular posterior del intestino se llaman aberturas intestinales anterior y posterior. Los bordes endodérmicos de dichas aberturas también son zonas de expresión de la molécula de señal Sonic hedgehog. El endodermo hepático expresa albúmina en respuesta a las señales procedentes del mesodermo precardiaco adyacente.

El extremo anterior del intestino permanece sellado temporalmente por una bicapa ectodermo-endodermo denominada membrana orofaríngea, que separa la boca futura, revestida por ectodermo, de la faringe. Esta bicapa de dos capas epiteliales es inherentemente inestable y finalmente desaparece.

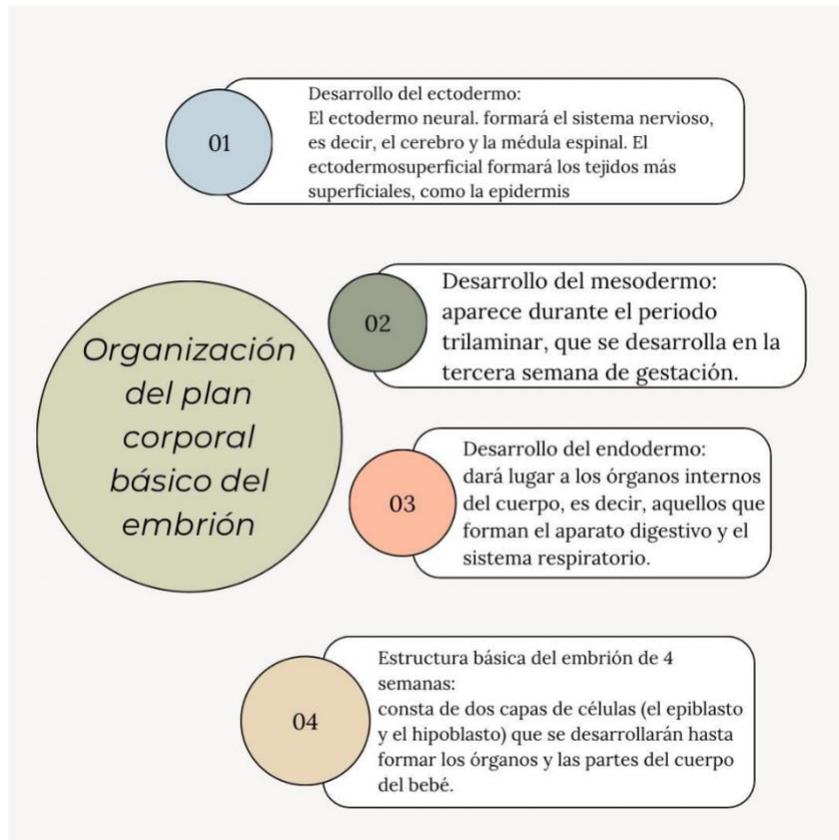
Mientras se forman los primeros signos del pliegue de la cola, una evaginación tubular del intestino posterior se extiende hacia el mesodermo del pedículo de fijación. Esta evaginación se denomina alantoides. En la localización caudal al alantoides, existe otra bicapa ectodermo-endodermo llamada placa cloacal o membrana proctodeal, que desaparece eventualmente y cubre la cloaca, la cual en el embrión inicial representa un tracto de salida común para los sistemas digestivo y urogenital. La depresión superficial que queda fuera de la membrana proctodeal se llama proctodeo.

En la región del estomodeo, una inducción entre el prosencéfalo y el ectodermo estomodeal inicia la formación de la hipófisis anterior.

### **Estructura básica del embrión de 4 semanas**

Hacia el final de la cuarta semana de gestación, el embrión, que todavía tiene una longitud aproximada de 4 mm, ha establecido los rudimentos de la mayoría de los órganos y sistemas, excepto los miembros. El embrión tiene una forma de

C. En la región cervical son visibles los arcos branquiales. El cuerpo muestra un filamento en una cola en espiral. Anillo de ectodermo engrosado, denominado Cresta Wolffiana, rodea la parte lateral del cuerpo. 4 semanas de edad, el embrión presenta un corazón funcionando de dos cámaras así como un sistema vascular sanguíneo constituido por tres arcadas circulatorias separadas: Intraembrionaria, vitelina o onfalomesentérica, extraembrionaria. Final de la cuarta semana, Primordios de la mayor parte de las estructuras y órganos corporales ya han sido establecidos.



## **Conclusión**

El desarrollo embrionario implica una secuencia de pasos altamente organizados y coordinados, esenciales para la formación de un ser humano completo. Desde la formación de las capas germinales y el disco bilaminar hasta la organización de los sistemas básicos, cada etapa contribuye a definir la estructura y funcionalidad de los órganos y tejidos. El proceso de neurulación, la diferenciación del mesodermo y endodermo, y las complejas interacciones moleculares en cada capa germinal, son fundamentales para establecer las bases de un organismo viable. Comprender estas etapas permite valorar la importancia del desarrollo embrionario temprano y sus implicaciones en la biología y salud humana, destacando cómo los primeros procesos embrionarios influyen en la formación y funcionamiento del cuerpo adulto.