

## Segunda semana del desarrollo humano

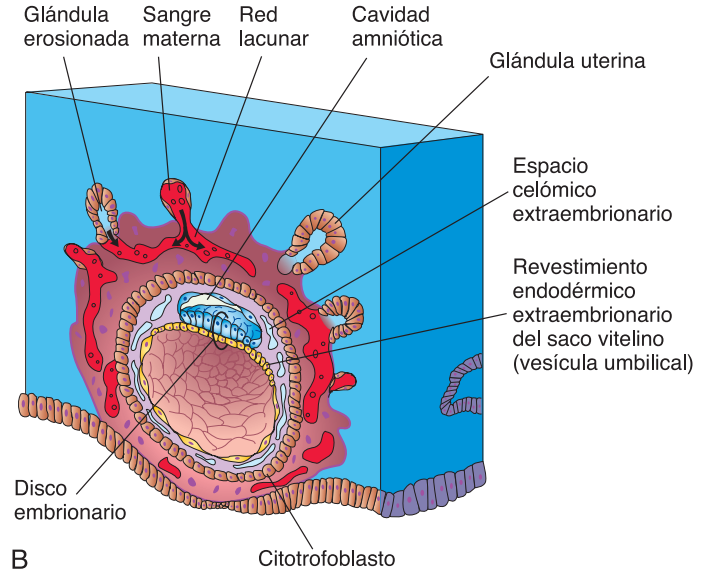
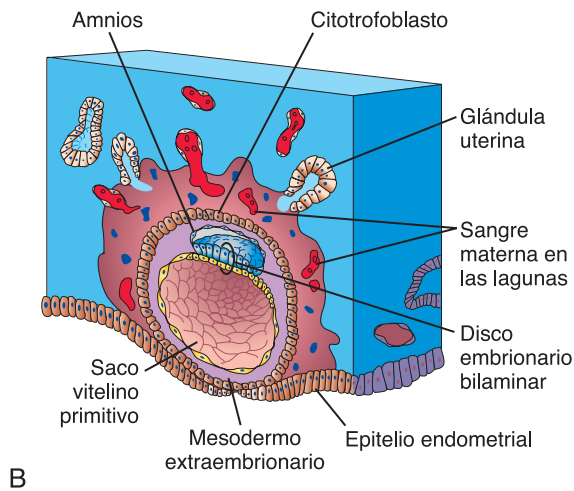
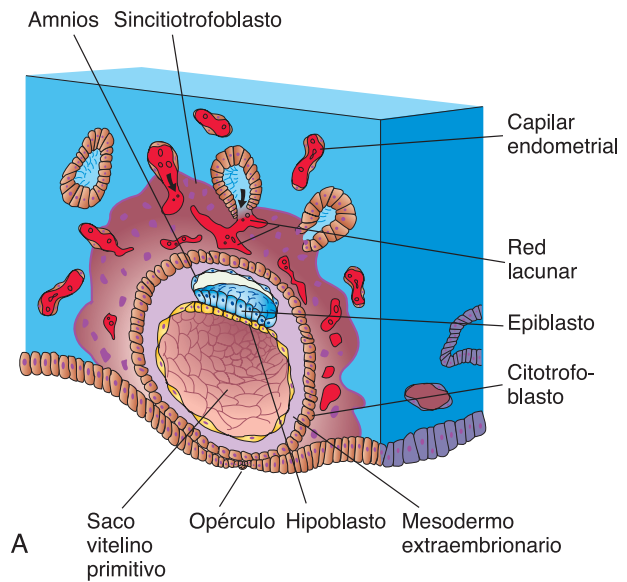
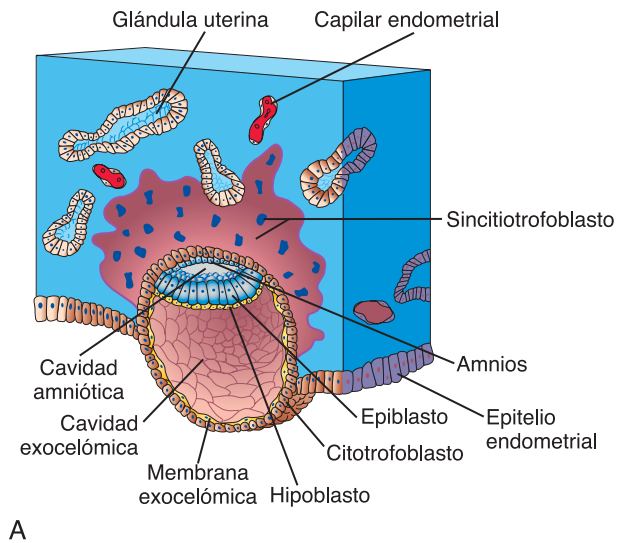
Formación de la cavidad amniótica,  
el disco embrionario y el saco vitelino 30  
Desarrollo del saco coriónico 32

Sitios de implantación de la blástula 33  
Preguntas con orientación clínica 34

**L**a implantación de la blástula se completa durante la segunda semana del desarrollo. Al mismo tiempo, se producen cambios que originan un **disco embrionario bilaminar** compuesto por dos capas, el epiblasto y el hipoblasto (**Fig. 4-1A**). El **disco embrionario** da lugar a capas germinales que forman todos los tejidos y órganos del embrión. Las estructuras extraembrionarias que se desarrollan durante la segunda semana son la cavidad amniótica, el amnios, el **saco vitelino** (vesícula umbilical), el pedículo de fijación y el saco coriónico.

La implantación de la blástula se completa durante la segunda semana y suele tener lugar en el endometrio, normalmente en la porción superior del cuerpo uterino y con algo más de frecuencia en la pared posterior que en la anterior. El **sincitiotrofoblasto**, activamente erosivo, invade el tejido conjuntivo endometrial que sostiene los capilares y glándulas uterinos. Mientras esto sucede, la blástula se incrusta despacio en el endometrio. Las células sincitiotrofoblásticas de esta región desplazan a las endometriales en la parte central del lugar de implantación. Las células endometriales sufren *apoptosis* (muerte celular programada), lo que facilita la implantación. En este proceso participan las peptidasas producidas por el sincitiotrofoblasto. Las células del tejido conjuntivo uterino situadas alrededor del sitio de implantación se cargan de glucógeno y lípidos. Algunas de ellas —**células deciduales**— degeneran al lado del sincitiotrofoblasto penetrante. El sincitiotrofoblasto envuelve estas células en degeneración, que constituyen una rica fuente de *nutrición embrionaria*. Conforme se implanta la blástula, crece la porción del trofoblasto que contacta con el endometrio y el trofoblasto prosigue con su diferenciación en dos capas (v. **Fig. 4-1A**):

- El *citotrofoblasto*, una capa de células mononucleadas mitóticamente activa. Forma células trofoblásticas nuevas que migran a la masa creciente del *sincitiotrofoblasto*, donde se fusionan y pierden sus membranas celulares.
- El *sincitiotrofoblasto*, una masa multinucleada en rápida expansión en la que no se distinguen límites entre las distintas células.



**Figura 4-1** Implantación de la blástula. El tamaño real del producto de la concepción es de aproximadamente 0,1mm. **A:** ilustración de un corte de una blástula parcialmente implantada (en torno a 8 días después de la fecundación). Obsérvese la forma de ranura de la cavidad amniótica. **B:** corte de una blástula de unos 9 días.

**Figura 4-2** Corte de dos blástulas implantadas en los días 10 (A) y 12 (B).

El **sincitiotrofoblasto** produce una hormona, la **gonadotropina coriónica humana (hCG)**, que entra en la sangre materna en las lagunas del sincitiotrofoblasto (Fig. 4-1B). La hCG mantiene el desarrollo de las arterias espirales en el miometrio y la formación del sincitiotrofoblasto. También constituye la base de las pruebas de embarazo. Existen análisis de alta sensibilidad para detectar la hCG al final de la segunda semana, aunque la mujer probablemente desconozca que está embarazada.

la formación de una placa de células bilaminar, aplanada, casi circular —el **disco embrionario**—, compuesta de dos capas (v. Figs. 4-1B y 4-2B):

- El **epiblasto**, la capa más gruesa, formada por células cilíndricas altas contiguas a la cavidad amniótica.
- El **hipoblasto**, la capa más fina, constituida por células cuboideas, pequeñas, adyacentes a la cavidad exocelómica.

## FORMACIÓN DE LA CAVIDAD AMNIÓTICA, EL DISCO EMBRIONARIO Y EL SACO VITELINO

Conforme progresa la implantación de la blástula, los cambios que se producen en el embrioblasto dan lugar a

Al mismo tiempo, aparece en el embrioblasto una pequeña cavidad, el primordio de la **cavidad amniótica** (Fig. 4-1A). Poco después, las células amniógenas (que forman el amnios) —**amnioblastos**— se separan del epiblasto y se organizan para formar una membrana fina, el **amnios**, que envuelve la cavidad amniótica.

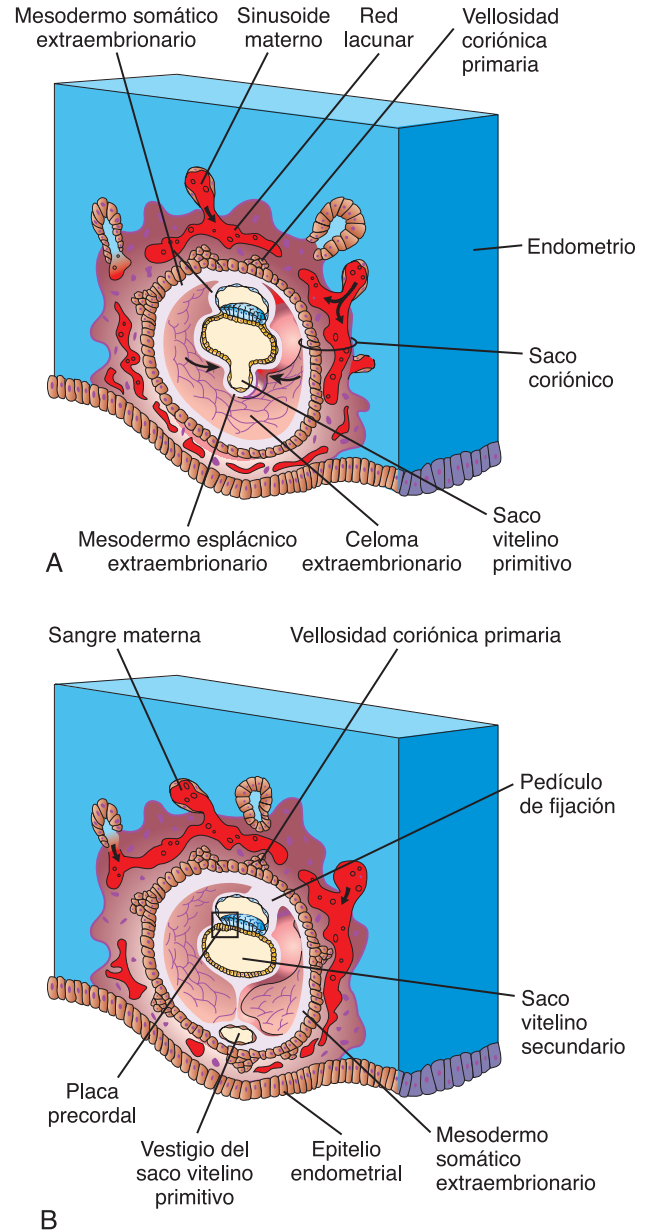
El **epiblasto** compone el suelo de la cavidad amniótica y continúa periféricamente con el amnios. El **hipoblasto** forma el tejado de la **cavidad exocelómica** y se prolonga con las células que migraron del hipoblasto para formar la **membrana exocelómica**. Esta membrana rodea la cavidad blastocística y reviste la superficie interna del citotrofoblasto.

La **membrana** y la **cavidad exocelómicas** pronto sufren cambios que dan lugar al **saco vitelino primitivo**. Entonces el **disco embrionario** se sitúa entre la cavidad amniótica y el saco vitelino primitivo (v. **Fig. 4-1B**). La capa externa de células procedentes del endodermo del saco vitelino forma una capa de tejido conjuntivo laxo, el **mesodermo extraembrionario** (v. **Fig. 4-1B**).

Mientras se desarrollan el amnios, el disco embrionario y el saco vitelino primitivo, aparecen **lagunas** (pequeños espacios) en el sincitiotrofoblasto (v. **Figs. 4-1B** y **4-2**). Las lagunas se llenan enseguida con una mezcla de sangre materna de los capilares endometriales rotos y residuos celulares de las glándulas uterinas erosionadas. El líquido de las lagunas —**embriotrofo**— pasa al disco embrionario mediante difusión. La comunicación entre los vasos uterinos erosionados y las lagunas representa el inicio de la **circulación uteroplacentaria primitiva**. Cuando la sangre materna fluye por las lagunas, los tejidos extraembrionarios sobre la gran superficie del sincitiotrofoblasto disponen de oxígeno y sustancias nutritivas. La sangre oxigenada llega a las lagunas desde las **arterias espirales del endometrio** (v. Cap. 2, **Fig. 2-2C**), y la sangre desoxigenada sale por las venas endometriales.

El **producto de la concepción de 10 días** (el embrión y la membrana extraembrionaria) está totalmente incrustado en el endometrio (v. **Fig. 4-2A**). Durante unos 2 días más, hay un defecto en el epitelio endometrial que se rellena con un **opérculo**, un coágulo de sangre con fibrina. El día 12, el epitelio uterino regenerado casi por completo cubre el opérculo (v. **Fig. 4-2B**). Mientras el producto de la concepción se implanta, las células del tejido conjuntivo endometrial se someten a una transformación —la **reacción decidual**— derivada de la señalización del AMP cíclico y la progesterona. Las células se hinchan por la acumulación de glucógeno y lípidos en su citoplasma, y se les llama entonces **células deciduales secretoras**. La principal función de la reacción decidual es proporcionar un lugar privilegiado para el producto de la concepción desde el punto de vista inmunológico.

En el **embrión de 12 días**, las lagunas sincitiotrofoblásticas contiguas se han fusionado y han originado **redes lacunares** (v. **Fig. 4-2B**), los **esbozos del espacio intervelloso de la placenta** (v. Cap. 8). Los capilares endometriales en torno al embrión implantado se congestionan y se dilatan para formar sinusoides, vasos terminales de paredes finas más grandes que los capilares corrientes. El sincitiotrofoblasto erosiona entonces los **sinusoides** y la sangre materna llena las redes lacunares. Las células y glándulas degeneradas del estroma endometrial, junto con la sangre materna, constituyen una rica fuente de **nutrición embrionaria**. El crecimiento del disco embrionario bilaminar es lento en comparación con el del trofoblasto.



**Figura 4-3** Cortes de embriones implantados. **A:** a los 13 días. Obsérvese el descenso del tamaño relativo del saco vitelino primitivo y la aparición de las vellosidades coriónicas primarias. **B:** a los 14 días. Obsérvese el saco vitelino secundario recién formado.

Mientras se producen cambios en el trofoblasto y el endometrio, el mesodermo extraembrionario crece y aparecen en él **espacios celómicos extraembrionarios** aislados (v. **Fig. 4-2B**). Estos espacios se fusionan enseguida para formar una cavidad aislada, de gran tamaño, el **celoma extraembrionario** (**Fig. 4-3A**). Esta cavidad llena de líquido envuelve el amnios y el saco vitelino, excepto en la zona en la que se unen al **corion** mediante el **pedículo de fijación**. Conforme se desarrolla el celoma extraembrionario, el tamaño del saco vitelino primitivo disminuye y se forma un **saco vitelino secundario**, más pequeño (**Fig. 4-3B**). Durante la formación del saco vitelino secundario, se comprime gran parte del **saco vitelino**

**primitivo.** El saco vitelino no contiene vitelo, pero puede participar en la transferencia selectiva de nutrientes al disco embrionario.

- El *mesodermo somático extraembrionario*, que reviste el trofoblasto y recubre el amnios.
- El *mesodermo esplácnico extraembrionario*, que rodea el saco vitelino.

## DESARROLLO DEL SACO CORIÓNIC

1 El final de la segunda semana se caracteriza por la aparición de las vellosidades coriónicas primarias (v. Fig. 4-3A y la Fig. 4-4A y C). La proliferación de las células citotrofoblásticas da lugar a extensiones celulares que crecen hacia el sincitiotrofoblasto suprayacente. Las proyecciones celulares forman vellosidades coriónicas primarias, la primera etapa en el desarrollo de las vellosidades coriónicas de la placenta. El celoma extraembrionario divide el mesodermo extraembrionario en dos capas (v. Fig. 4-3A):

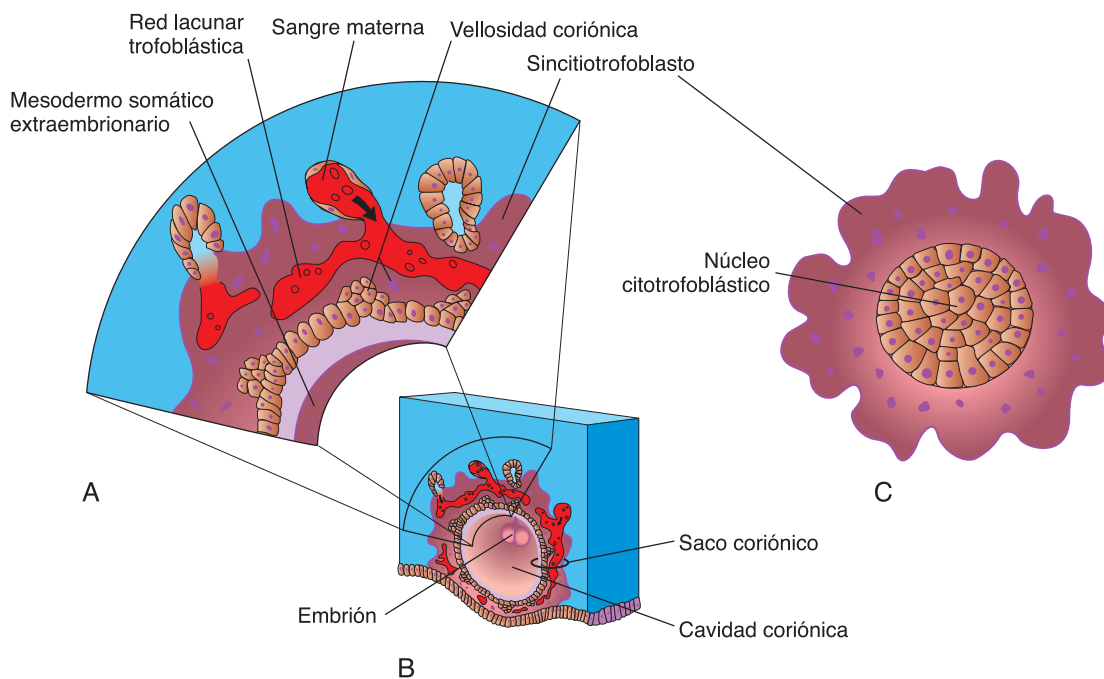
Se considera que el crecimiento de estas prolongaciones citotrofoblásticas es consecuencia de la acción del **mesodermo somático extraembrionario** subyacente. El mesodermo somático extraembrionario y las dos capas del trofoblasto conforman el **corion**. El corion forma la pared del saco coriónico (v. Fig. 4-3A). El embrión, el saco amniótico y el saco vitelino están suspendidos en la **cavidad coriónica** por el pedículo de fijación (v. Figs. 4-3B y 4-4B). La ecografía transvaginal (ecografía intravaginal) se utiliza para medir el diámetro del saco coriónico. Esta medición resulta útil para evaluar las primeras etapas del desarrollo embrionario y la evolución del embarazo.

## LUGARES DE IMPLANTACIÓN EXTRAUTERINA

A veces las blástulas se implantan fuera del útero y, como resultado, se producen **embarazos ectópicos**; entre el 95% y el 98% de las implantaciones ectópicas tienen lugar en las trompas de Falopio, sobre todo en la ampolla y el istmo (v. Cap. 2, Fig. 2-2B, y la Fig. 4-6A y B). Alrededor de 1 de cada 200 embarazos en Norteamérica son **embarazos ectópicos tubáricos**. Una mujer con un embarazo tubárico muestra los signos habituales del embarazo, pero es posible que también experimente dolor abdominal (por la distensión de

la trompa de Falopio), hemorragias anómalas e irritación del peritoneo pélvico.

Las *causas del embarazo tubárico* están relacionadas a menudo con factores que retrasan o impiden el transporte del cigoto en fase de segmentación al útero (p. ej., el bloqueo de la trompa de Falopio). Los embarazos ectópicos tubáricos suelen causar la ruptura de la trompa de Falopio y una hemorragia a la cavidad peritoneal durante las primeras 8 semanas, seguidas de la muerte del embrión.



**Figura 4-4** **A:** corte de la pared del saco coriónico. **B:** ilustración de un producto de la concepción de 14 días en la que se ven el saco coriónico y la cavidad coriónica. **C:** corte transversal de una vellosidad coriónica primaria.

## INHIBICIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

La administración de *dosis relativamente altas de estrógenos* («píldora del día después») durante varios días, empezando poco tiempo después de un acto sexual sin protección, no suele impedir la fecundación, pero a menudo imposibilita la implantación de la blástula. Por lo general, el endometrio progresa a la fase lútea del ciclo menstrual mientras el cigoto se forma, se segmenta y entra en el útero. Sin embargo, una cantidad grande de estrógenos altera el equilibrio habitual entre los estrógenos y la progesterona necesario para preparar el endometrio para la implantación.

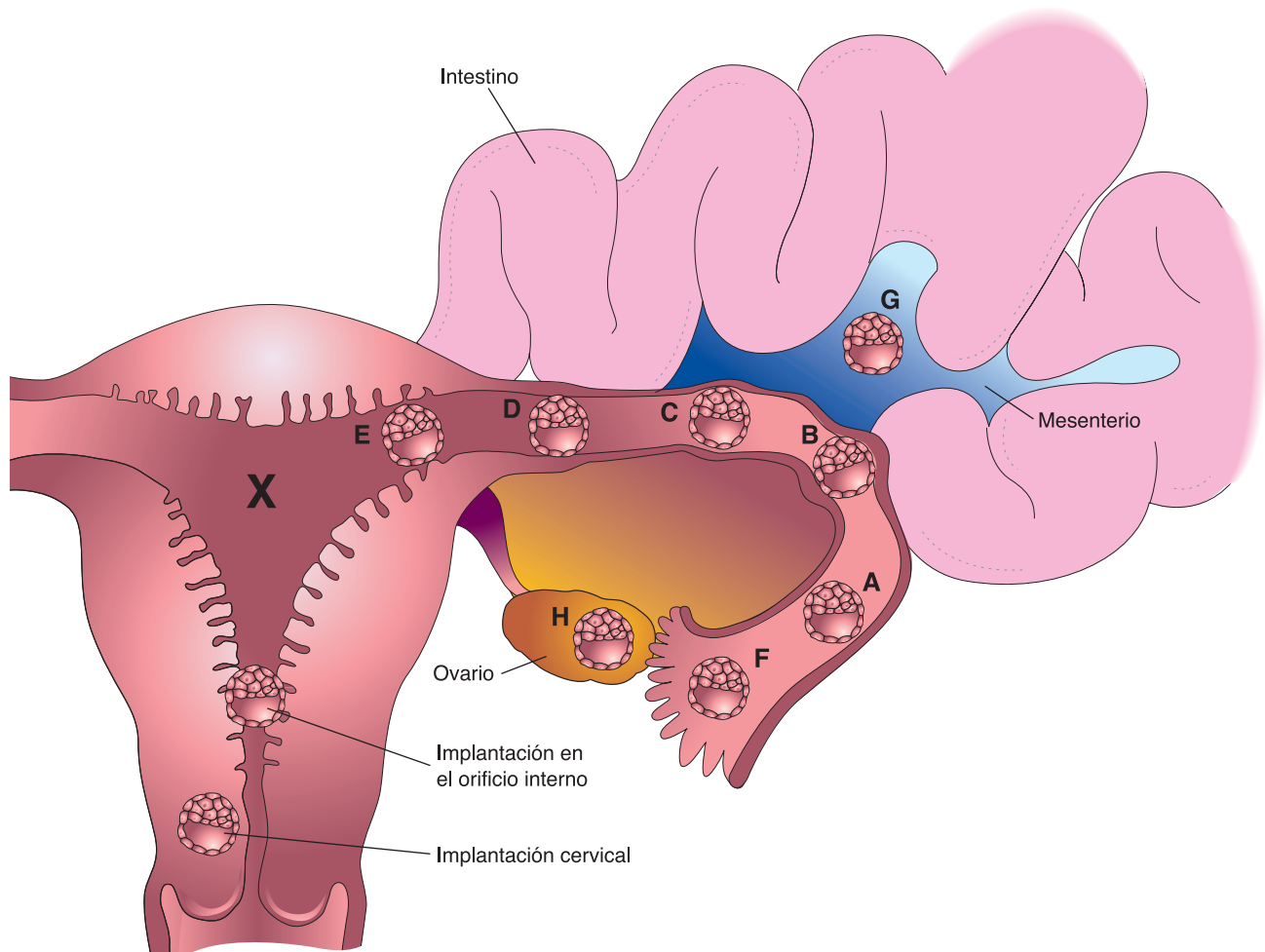
Los **dispositivos intrauterinos (DIU)** insertados en el útero a través de la vagina y el cuello uterino suelen obstaculizar la implantación por medio de una reacción inflamatoria local. Algunos DIU cuentan con una liberación prolongada de progesterona, que afecta al desarrollo del endometrio, de manera que la implantación no suele producirse. Los DIU con cobre parecen inhibir la migración del espermatozoide en la trompa, mientras que los de levonorgestrel alteran la calidad del moco cervical y el desarrollo endometrial.

## SITIOS DE IMPLANTACIÓN DE LA BLÁSTULA

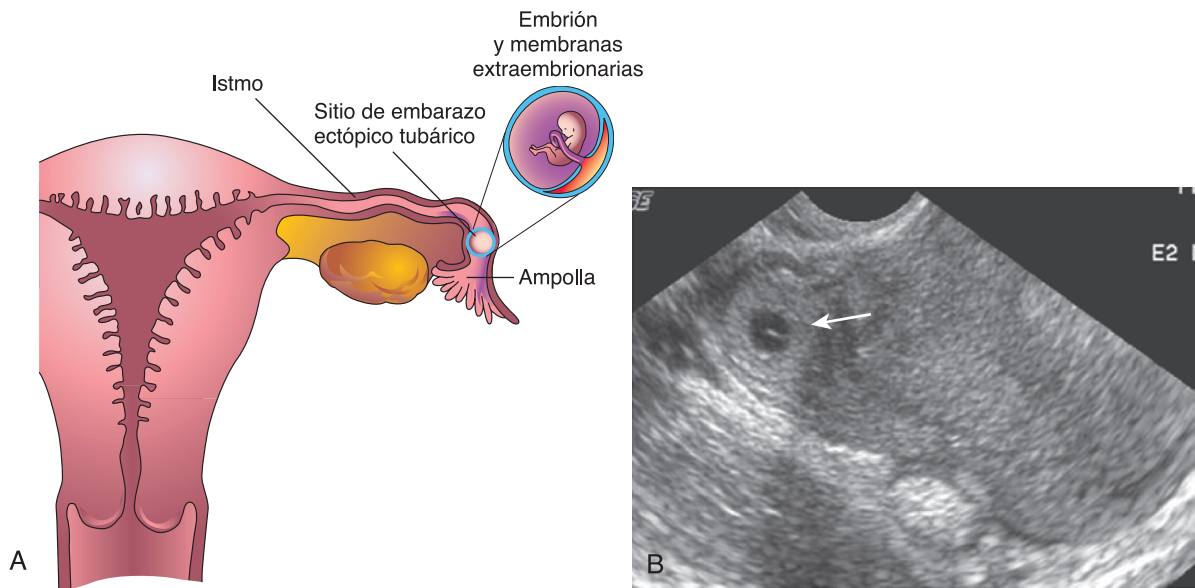
2

La blástula suele implantarse en el endometrio uterino, en la región superior del cuerpo uterino, y con algo más

de frecuencia en la pared posterior del útero que en la anterior (Fig. 4-5). La implantación de la blástula se puede detectar mediante ecografía al final de la segunda semana (Fig. 4-6).



**Figura 4-5** Sitios de implantación de la blástula. El sitio habitual en la pared posterior del cuerpo del útero se señala con una X. El orden de frecuencia aproximado de implantaciones ectópicas se indica alfabéticamente (A, el más habitual; H, el menos habitual). A-F: embarazos tubáricos; G: embarazo abdominal; H: embarazo ovárico. El embarazo tubárico es el tipo de embarazo ectópico más frecuente. El embarazo cervical, aunque se incluye como corresponde entre los sitios de embarazo uterino, suele considerarse un embarazo ectópico.



**Figura 4-6** **A:** corte coronal del útero y la trompa de Falopio que muestra un embarazo ectópico en la ampolla de la trompa. **B:** ecografía axial transvaginal del fondo uterino y de la porción istmica de la trompa de Falopio derecha. La masa anular es un saco coriónico (gestacional) ectópico de 4 semanas en la trompa (flecha).

## PREGUNTAS CON ORIENTACIÓN CLÍNICA

1. ¿Qué significa el término *hemorragia de implantación*? ¿Es lo mismo que *menstruación* (flujo menstrual)?
2. ¿Es posible que un fármaco consumido durante las 2 primeras semanas del embarazo cause el aborto del embrión?
3. ¿Puede una mujer con un dispositivo intrauterino presentar un embarazo ectópico?

4. ¿Es posible que una blástula implantada en el abdomen se desarrolle y que el feto resultante llegue a término?

Las respuestas a estas preguntas se encuentran al final del libro.