

A Generalidades de la estructura y desarrollo embrionario de los sistemas de órganos

1	Sistemas de órganos y desarrollo de las cavidades corporales	2
2	Sistema cardiocirculatorio	10
3	Sangre	22
4	Sistema linfático	28
5	Sistema respiratorio	32
6	Sistema digestivo	38
7	Sistema urinario	50
8	Sistema genital	56
9	Sistema endocrino	66
10	Sistema nervioso vegetativo (autónomo)	70

1.1 Definiciones, visión general y evolución de las cavidades del cuerpo

Definiciones

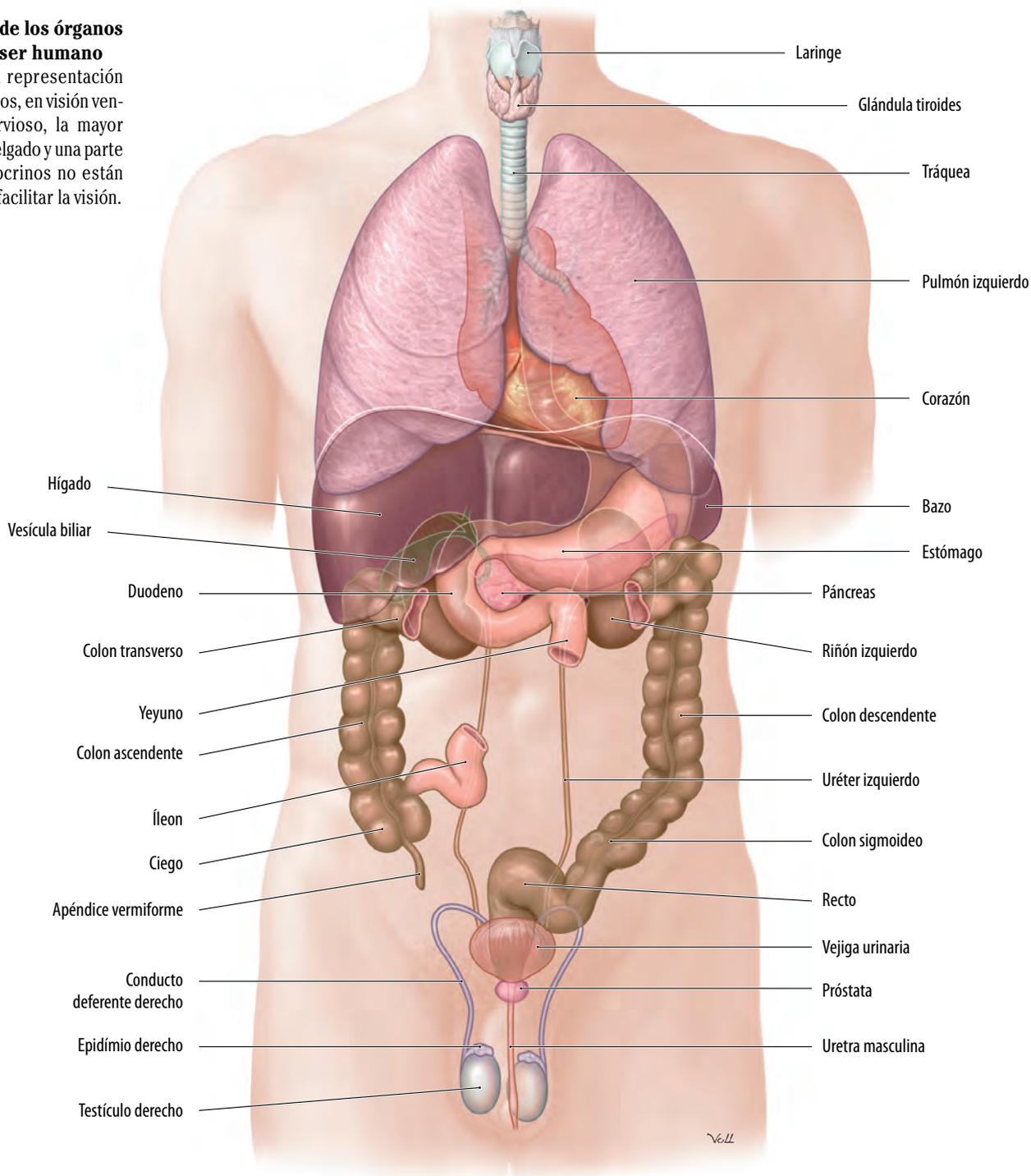
Como en todos los organismos superiores, también en el cuerpo humano se pueden distinguir varios planos estructurales jerárquicamente dispuestos:

- Una **célula** es la unidad más pequeña de organización biológica con capacidad de vivir básicamente de forma autónoma.
- Un **tejido** consta de células en su mayoría similares y de la matriz extracelular que éstas generan. El tejido forma una asociación celular con una función unitaria.

- Un **órgano** es una asociación estructuralmente delimitada y formada por diversos tejidos. Reune las funciones de los tejidos que contiene.
- Un **sistema orgánico** es una agrupación de varios órganos con una función conjunta. Por ejemplo, los órganos digestivos se agrupan en *sistema digestivo*. Los órganos individuales están en general morfológicamente unidos entre sí. En lugar de la denominación «sistema orgánico» se emplea frecuentemente el concepto «aparato orgánico».
- Finalmente, un **organismo** está formado por varios sistemas orgánicos.

A Visión general de los órganos internos en el ser humano

Cuerpo humano con representación de los órganos internos, en visión ventral. El sistema nervioso, la mayor parte del intestino delgado y una parte de los órganos endocrinos no están representados para facilitar la visión.



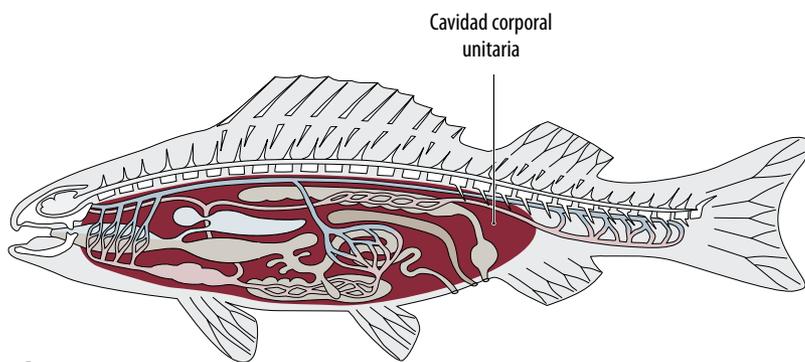
B Visión general del sistema orgánico

Mientras que, por definición, se considera cada asociación de diversos tejidos morfológicamente delimitada un órgano (cada músculo es, según esta definición, un órgano), en la práctica cotidiana se emplea este concepto para órganos situados en el cráneo, el cuello y las cavidades corporales. Los órganos ubicados en el interior del cuerpo se denominan órganos internos o vísceras. El presente Texto y Atlas de Anatomía está además pensado como ayuda en el aprendizaje de la anatomía en cursos de preparación anatómica, por lo que los órganos internos se han representado aquí topográficamente como en una preparación. Sin embargo, dado que los órganos individuales forman morfológica y funcionalmente sistemas interdependientes que no se atienen a una división topográfica sino filogenética, se ha presentado en primer lugar y de forma resumida estos sistemas orgánicos, incluyendo su embriología. Esta visión general es la premisa para la comprensión de la situación, forma y función de los órganos internos en el organismo adulto.

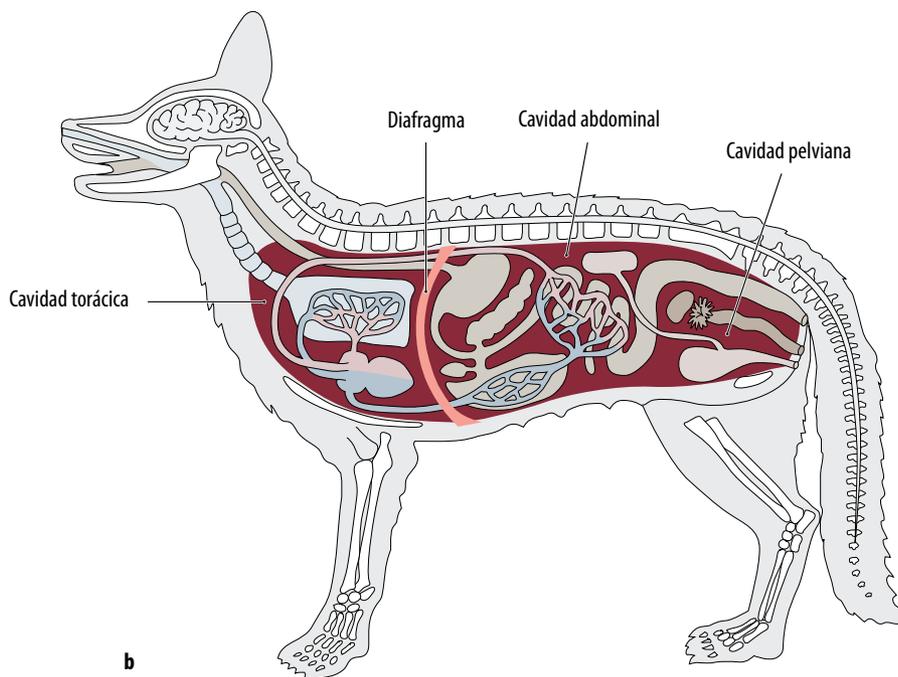
Observe: Nervios periféricos, médula ósea y sangre no se denominan habitualmente «órganos»; sin embargo, están aquí presentados por ser parte íntegra del sistema orgánico en su conjunto.

* Órganos situados en cuello o cráneo, al no estar aquí tratados, se han remarcado en cursiva.

Sistema	Órganos*
Sistema digestivo	<i>Cavidad bucal con dientes y glándulas salivales, faringe, esófago, estómago, intestino delgado, intestino grueso, recto, páncreas, hígado con vesícula biliar.</i>
Sistema respiratorio	<i>Cavidad nasal y senos paranasales, laringe, tráquea, pulmones.</i>
Sistema urinario	Riñón, uréter, vejiga urinaria, uretra.
Sistema genital	♀ Útero, trompa uterina, ovario, vagina, glándulas de Bartholin. ♂ Testículo, epidídimo, conducto espermático, glándula vesiculosa, próstata, glándula de Cowper.
Sistema circulatorio	Corazón, vasos sanguíneos, sangre y <i>médula ósea.</i>
Sistema inmunológico	<i>Médula ósea, tonsilas, timo, bazo, ganglios linfáticos, troncos linfáticos centrales.</i>
Sistema endocrino	<i>Glándula tiroidea, glándula paratiroidea, glándula suprarrenal, paraganglios, páncreas (islotos pancreáticos), ovario, testículos, hipófisis, hipotálamo.</i>
Sistema nervioso	<i>Encéfalo, médula espinal, sistema nervioso periférico (con una parte somática y una parte vegetativa).</i>



a



b

C Evolución de las cavidades corporales

Mientras que en los peces (a) todos los órganos internos se hallan en una misma cavidad corporal, en el caso de los mamíferos (b) el diafragma separa la cavidad torácica de la cavidad abdominal. Debido a esta filogénesis común, ambas cavidades presentan en principio una constitución similar. Las diferentes denominaciones anatómicas para estructuras similares (por ejemplo, pleura: piel torácica-peritoneo: piel abdominal) no tienen relevancia funcional. En mamíferos, la cavidad abdominal interior pasa sin barrera anatómica hacia la cavidad pelviana, de manera que ambas cavidades forman funcionalmente un espacio continuado que topográficamente sólo está separado por el anillo pelviano. La unidad anatómica de las cavidades abdominal y pelviana tiene importancia clínica: infecciones y tumores pueden extenderse por ambos compartimentos sin barrera anatómica. El diafragma, por el contrario, representa una barrera para la extensión de infecciones de la cavidad abdominal y viceversa.

1.2 Diferenciación de las capas germinales (organogénesis) y desarrollo de las cavidades corporales

A Diferenciación de las capas germinales (según Christ y Wachtler)

Al final de la 3ª semana, después de la formación de tres capas de disco germinal (v. B), el material primordial (células prodrómicas diferenciadas) de los distintos tejidos y órganos ya se encuentra dispuesto según el plan constructivo del cuerpo. En el período embrionario siguiente (4ª-8ª semanas de desarrollo), de las tres capas celulares (ectodermo, mesodermo y endodermo) se diferencian todos los órganos internos y externos esenciales (organogénesis). Al mismo tiempo se inicia el plegamiento del embrión, que provocará profundos cambios de su forma externa e interna. Al final del período embrionario ya se puede apreciar a grandes rasgos la forma corporal definitiva, así como la ubicación de los distintos órganos en su posición definitiva dentro y fuera de las cavidades corporales.

Ectodermo	Tubo neural		Cerebro, retina, médula espinal	
	Cresta neural	Cresta neural de la cabeza	Ganglios sensitivos y parasimpáticos, sistema nervioso intramural del intestino, células parafoliculares, musculatura lisa, células pigmentadas, cuerpo carotídeo, huesos, cartílago, tejido conectivo, dentina y cemento dental, dermis y subcutis en la región de la cabeza	
		Cresta neural del tronco	Ganglios sensitivos y autónomos, glía periférica, médula suprarrenal, células pigmentadas, plexo intramural	
	Ectodermo superficial	Placas ectodermales	Adenohipófisis, ganglios craneales sensoriales, epitelio olfatorio, oído interno, cristalino	
		Órgano adamantino de los dientes, epitelio de la cavidad bucal, glándulas salivales, fosas nasales, senos paranasales, vías lagrimales, conducto auditivo externo, epidermis, cabellos, uñas, glándulas cutáneas		
Mesodermo	Axial	Notocorda, mesodermo precordial	Músculos oculares externos	
	Paraxial		Columna vertebral, costillas, musculatura esquelética, tejido conectivo, dermis y subcutis de la espalda y parcialmente de la cabeza, musculatura lisa, vasos sanguíneos	
	Intermedio		Riñones, gónadas, conductos excretores renales y genitales	
	Placas laterales del mesodermo	Visceral (esplacnopleura)		Corazón, vasos sanguíneos, musculatura lisa, pared intestinal, sangre, corteza suprarrenal, serosa visceral
		Parietal (somatopleura)		Esternón, extremidades sin musculatura, dermis y subcutis de la pared ventrolateral del cuerpo, musculatura lisa, tejido conectivo, serosa parietal
Endodermo			Epitelio del conducto intestinal, tracto respiratorio, glándulas digestivas, glándulas faríngeas, trompas auditivas, cavidad del tímpano, vejiga urinaria, timo, glándulas paratiroides, tiroides	

B Neurulación y formación de somitas (según Sadler)

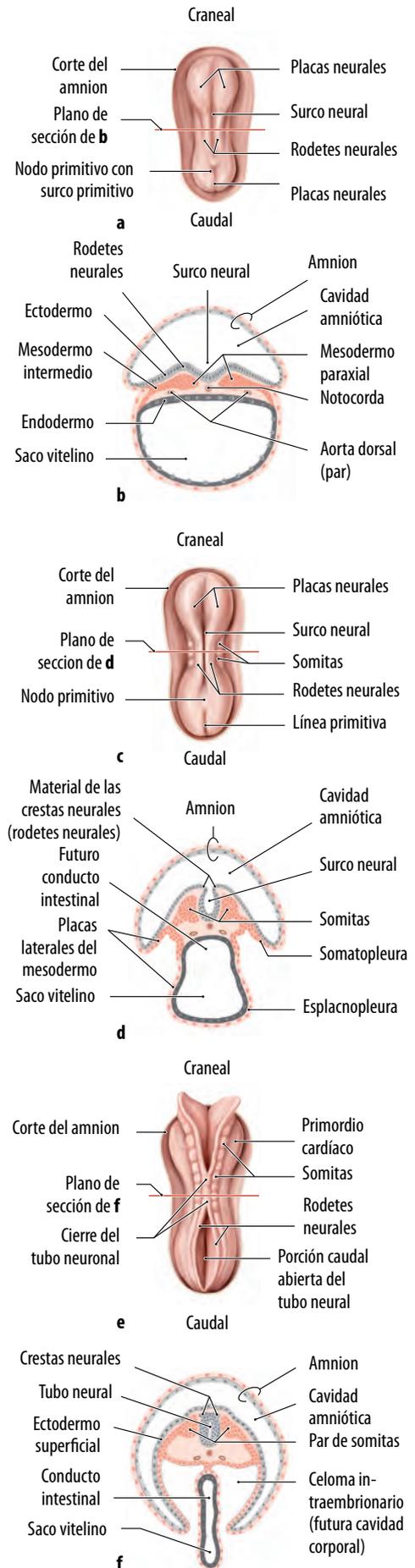
a, c y e Disco germinal en visión dorsal después de suprimir el amnion;

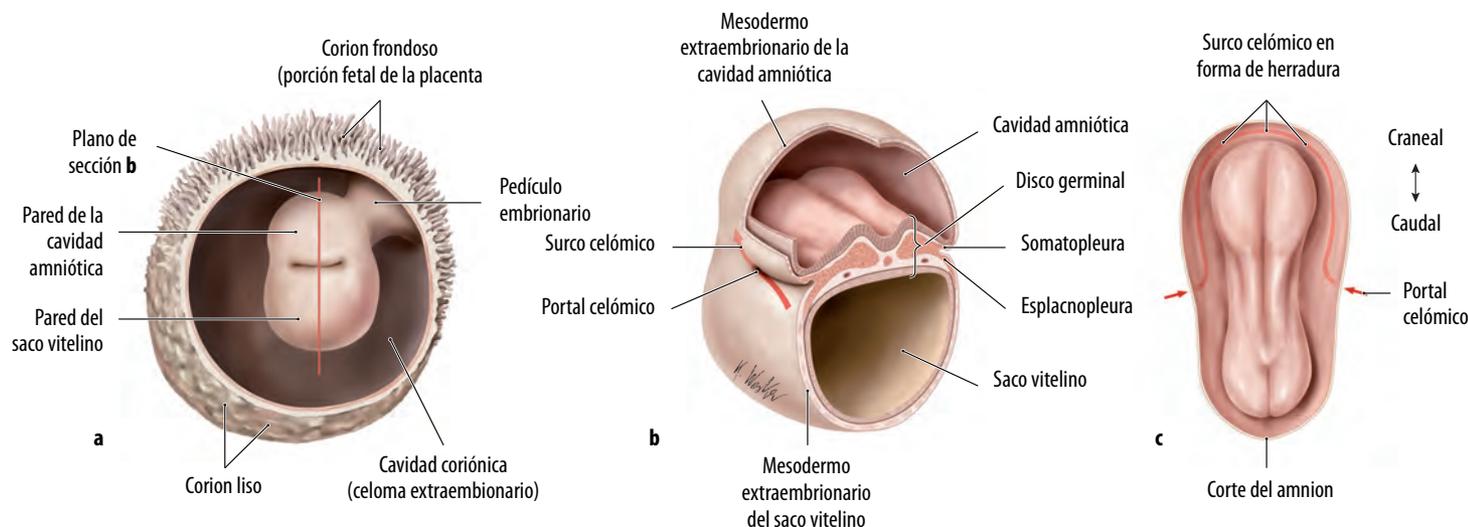
b, d y f Cortes transversales esquemáticos de las correspondientes fases, a la altura de los planos de sección indicados en **a, c y e**; indicación de la edad p.o. (= *post ovulationem*). Durante la neurulación (= formación del tubo neural a partir del surco neural = primordio del SNC), el neuroectodermo se separa del ectodermo superficial por influencias inductivas de la notocorda, el tubo neural y el material de la cresta neural se desplazan hacia el interior.

a y b Disco germinal de 19 días: en la zona de la placa neural se desarrolla el surco neural.

c y d Disco germinal de 20 días: en el mesodermo paraxial, es decir, a ambos lados del surco neural, se han formado los primeros somitas (contienen material celular para la formación de la columna vertebral, la musculatura y el tejido subcutáneo). Hacia lateral, siguen el mesodermo intermedio y las placas laterales del mesodermo. El surco neural comienza a cerrarse en un tubo neural y se inicia el plegamiento del embrión.

e y f Embrión de 22 días: a ambos lados del tubo neural, parcialmente cerrado y situado en profundidad, se pueden reconocer ocho pares de somitas. En las placas laterales del mesodermo, junto al celoma intraembrionario, se forma el primordio de la futura cavidad corporal con una hoja parietal y una hoja visceral (somatopleura y esplacnopleura). En el lado orientado hacia el celoma, la somatopleura y la esplacnopleura desarrollan el llamado *mesotelio*, que será más adelante la cobertura serosa de las cavidades pericárdica, pleural y peritoneal. Es un epitelio escamoso monoestratificado de células mesenquimales. El material de la cresta neural empieza a emigrar hacia el mesodermo, los somitas se diferencian en esclerotomos, miotomos y dermatomos.

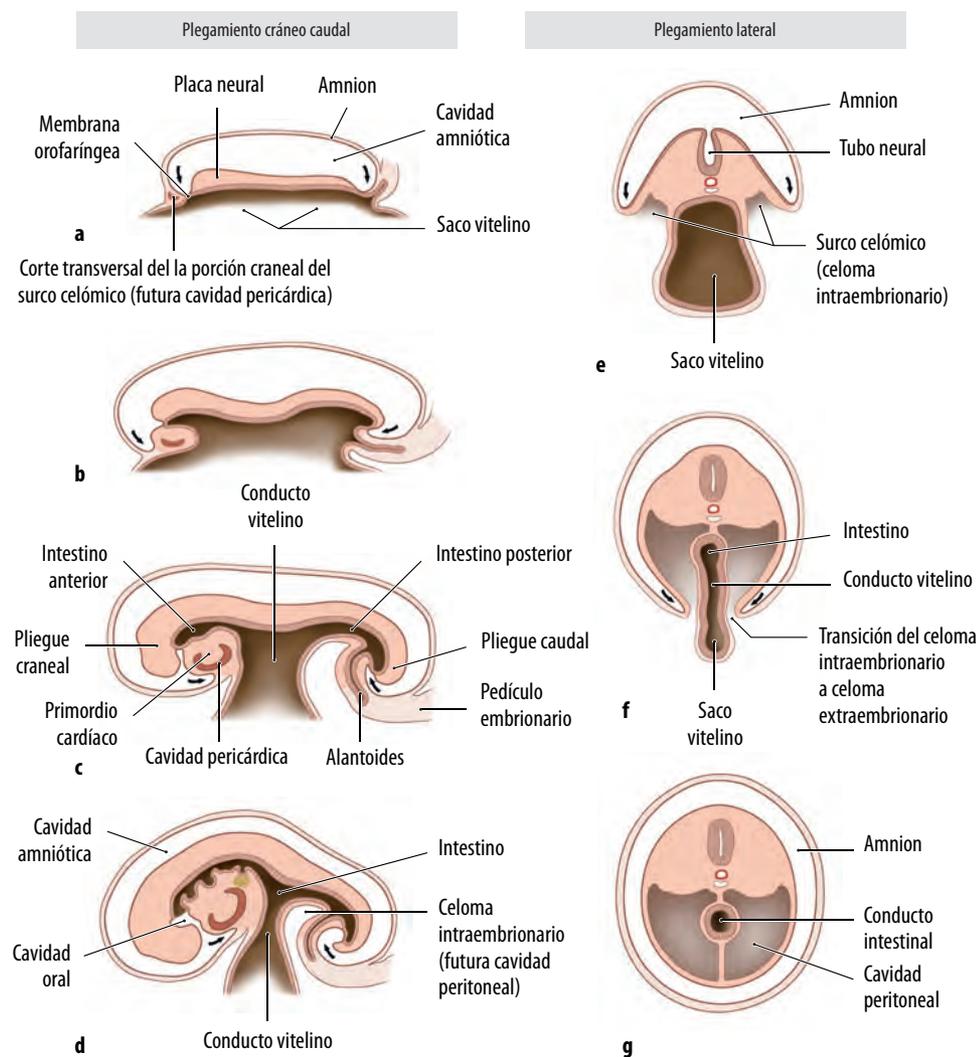




C Formación del celoma intraembrionario (según Waldeyer)

a Visión de la cavidad coriónica (celoma extraembrionario) fenestrada; **b** Sección de la cavidad amniótica, disco germinal y saco vitelino (cavidad coriónica suprimida); **c** Visión del disco germinal (surco celómico marcado en rojo). Las que serán las cavidades corporales serosas definitivas (cavidades pericárdica, pleural y peritoneal) se desarrollan a partir del celoma intraembrionario, cuya formación se inicia a principios de la 4ª semana de desarrollo, en forma de ampliación de los surcos intercelulares (aquí no visibles) en las placas laterales del mesodermo (v. **B**). De esta manera, el celoma intraembrionario inicialmente en forma de surco divide las placas laterales del mesodermo en una hoja de epitelio parietal y una hoja de epitelio visceral (*somatopleura* y *esplacnopleura*). La somatopleura próxima al ectodermo superficial, en el borde del disco germinal, pasa al mesodermo ex-

traembrionario del amnion, la esplacnopleura próxima al endodermo pasa al mesodermo extraembrionario del saco vitelino. Así el celoma intraembrionario envuelve la abertura del saco vitelino como un anillo (el llamado *anillo celómico*). Mientras que el anillo celómico, en la porción *craneal* del embrión permanece cerrado hacia el exterior, es decir, hacia el celoma extraembrionario (cavidad coriónica), mostrando un *surco celómico* en forma de herradura, hacia *caudal* los celomas intra- y extraembrionario siguen comunicados entre sí (v. **D**) por los denominados *portales celómicos*. Debido al plegamiento del embrión, también en la porción caudal se observará progresivamente la separación entre los celomas intra- y extraembrionario. En una fase siguiente, el celoma intraembrionario se compartimenta, la porción craneal impar evolucionará hacia la cavidad pericárdica y las porciones laterales del celoma, hacia las cavidades pares pleural y peritoneal.

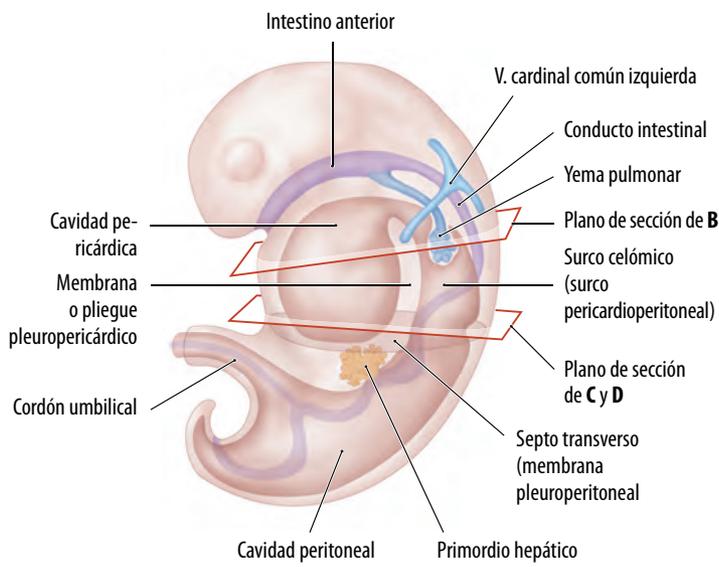


D Plegamiento del embrión

a-d Corte sagital y medio; **e-g** Corte frontal a la altura del saco vitelino.

Plegamiento significa que el embrión debido a su rápido crecimiento se eleva de su base, es decir, del disco germinal: el notable crecimiento de la placa neural provoca la elevación de un eje corporal longitudinal craneocaudal y su curvatura (**a-d**); la formación de somitos genera además un crecimiento lateral (plegamiento lateral) del embrión por encima del saco vitelino (**e-g**). Esto desplaza el surco celómico del embrión progresivamente hacia ventral. Por el plegamiento craneal (pliegue craneal), la cresta impar del surco celómico se desplaza por debajo del intestino anterior y se amplía en cavidad pericárdica. El plegamiento del pliegue caudal también desplaza el pedículo embrionario (futuro cordón umbilical) y la alantoides hacia ventral. Con el plegamiento lateral aumenta progresivamente la separación de los celomas intra- y extraembrionarios. Estos procesos llevan, por un lado, al estrechamiento del paso entre el endodermo embrionario (futuro conducto intestinal) y el saco vitelino (futuro conducto vitelino) y, por otro lado, a la fusión de las porciones izquierda y derecha del surco celómico con la formación de una única cavidad celómica, la futura cavidad peritoneal (referente a la posición de la cavidad pleural, v. pág 6).

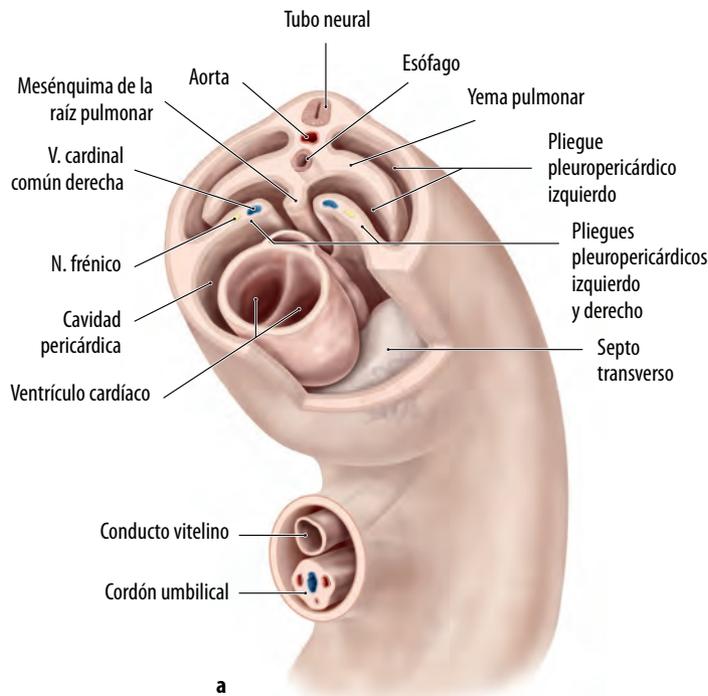
1.3 Compartimentación del celoma intraembrionario



A Visión general de la compartimentación del celoma intraembrionario (según Drews)

Embrión de unas 4 semanas de edad (visión izquierda).

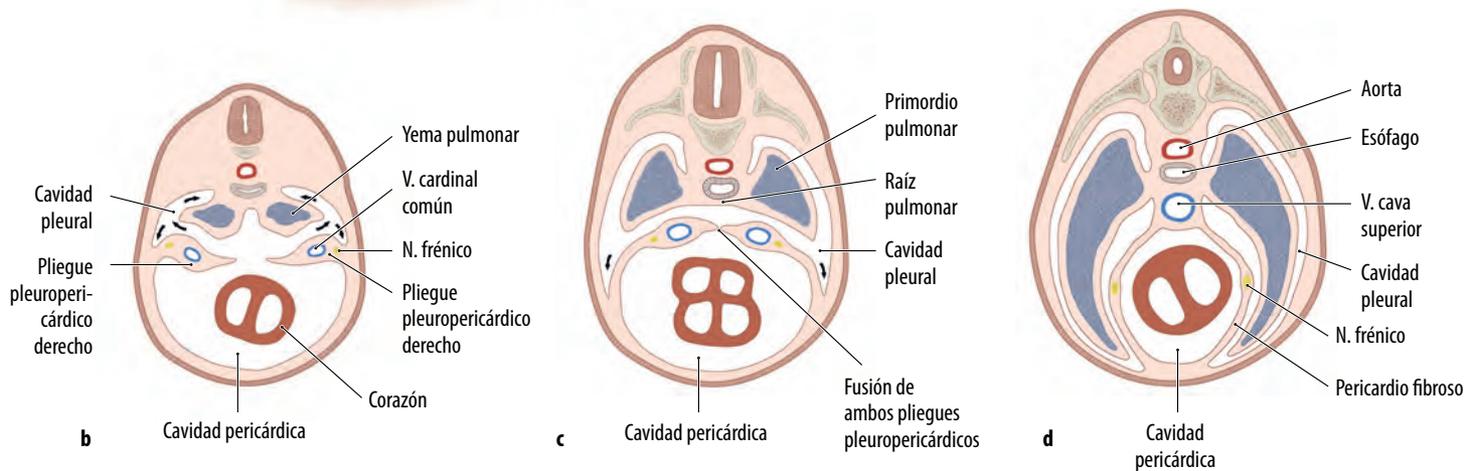
Debido al plegamiento craneal, la cresta impar del surco celómico se desplaza por debajo del intestino anterior y se amplía en una cavidad pericárdica. La cavidad pericárdica se comunica a ambos lados del conducto intestinal a través de los surcos celómicos (llamados surcos pericardioperitoneales) con la cavidad peritoneal situada caudal que, en la zona libre de plegamiento, aun permanece lateralmente abierta hacia la cavidad coriónica. A partir de las yemas pulmonares que crecen del conducto intestinal hacia los surcos celómicos, surge la cavidad pleural par. En la fase siguiente, las cavidades pleurales se separan de la cavidad pericárdica mediante la formación de tabiques separadores (membrana o pliegue pericárdico) y de la cavidad peritoneal (tabique o septo transverso/membrana o pliegue pleuroperitoneal) (v. B). Los pliegues pleuropericárdicos que discurren en el plano frontal, surgen de la porción craneolateral de ambos surcos celómicos en el entorno de las Vv. cardinales comunes; se funden con el mesodermo situado ventral al conducto intestinal (futuro esófago). En la pared caudolateral de los surcos celómicos se originan pliegues pleuroperitoneales que, junto con el mesenterio dorsal del esófago y el tabique (septo) transverso, formarán el futuro diafragma (v. D).

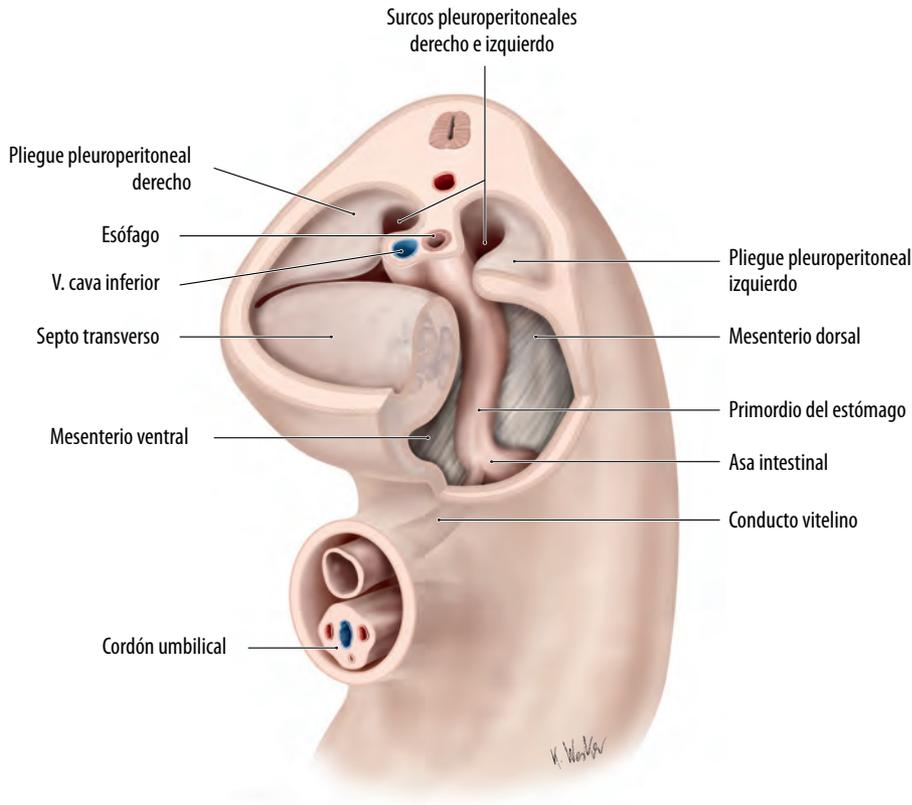


B Separación de la cavidad pericárdica de las cavidades pleurales (según Sadler)

Embrión de 5 semanas de edad. Corte frontal a la altura de la futura cavidad pericárdica; referente al plano de sección, v. A.

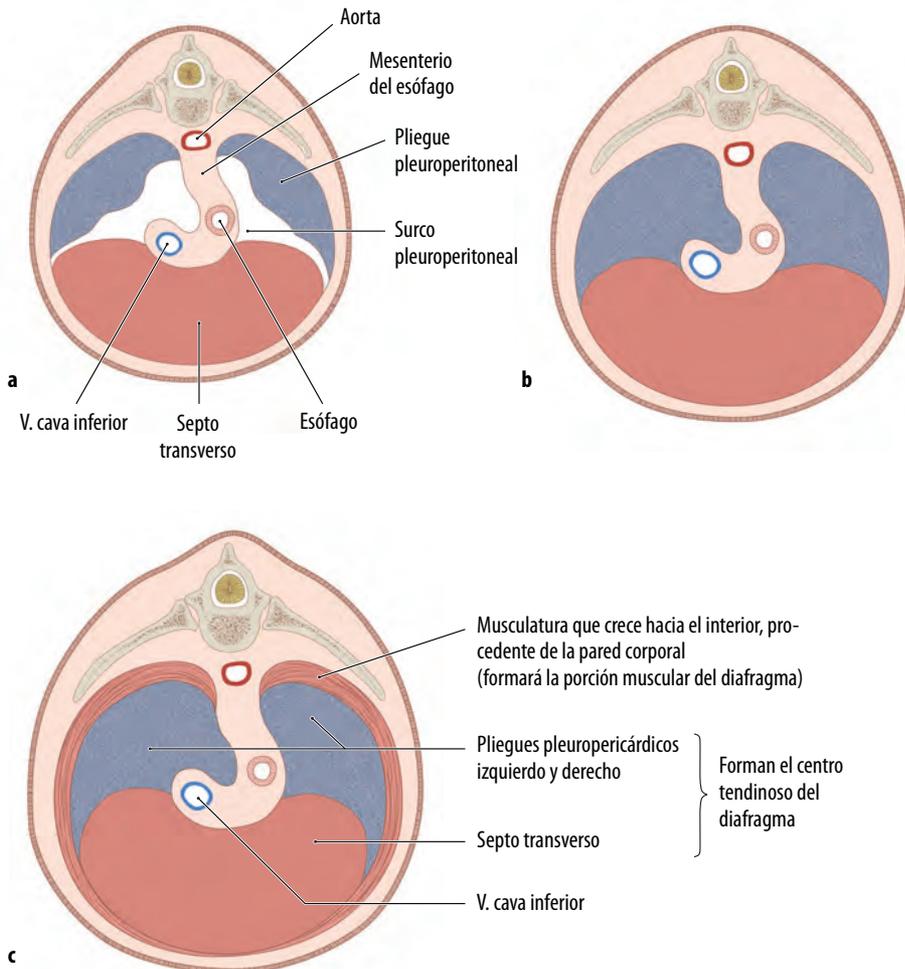
En la 5ª semana de desarrollo, en la zona de transición de la cavidad pericárdica impar y los dos surcos celómicos, crecen, uno hacia otro, dos delgados pliegues mesodérmicos procedentes de los lados (pliegues pleuropericárdicos). En ellos discurre el tronco de Vv. cardinales (Vv. cardinales comunes) y el N. frénico. Con el crecimiento de las yemas pulmonares hacia el interior de los surcos celómicos (v. pág. 36, desarrollo de los pulmones) surgen ambas cavidades pleurales, que se expandirán en una fase siguiente hasta separarse por completo de la cavidad pericárdica. La separación definitiva de la cavidad pericárdica se produce después de la fusión de ambos pliegues pleuropericárdicos con el mesénquima de la raíz pulmonar. Por unión de ambas Vv. cardinales craneales surge la V. cava superior; de ambos pliegues pleuropericárdicos se desarrolla en el adulto el pericardio fibroso (v. pág. 14, desarrollo del corazón).





C Separación de las cavidades pleurales de la cavidad peritoneal (según Sadler)

Después de que las cavidades pleurales se hayan delimitado respecto a la cavidad pericárdica, aun permanecen provisionalmente en contacto con la cavidad peritoneal a través de los surcos pleuroperitoneales. El cierre definitivo se efectúa al final de la 7ª semana de desarrollo, con la formación del diafragma, en la que participan diversas estructuras (v. D). Si el cierre de los surcos pleuroperitoneales resultara incompleto, surgen las llamadas *hernias diafragmáticas congénitas* (por ejemplo, hernia de Bochdalek), por las que las vísceras abdominales pueden penetrar en las cavidades pleurales.



D Desarrollo del diafragma (según Sadler)

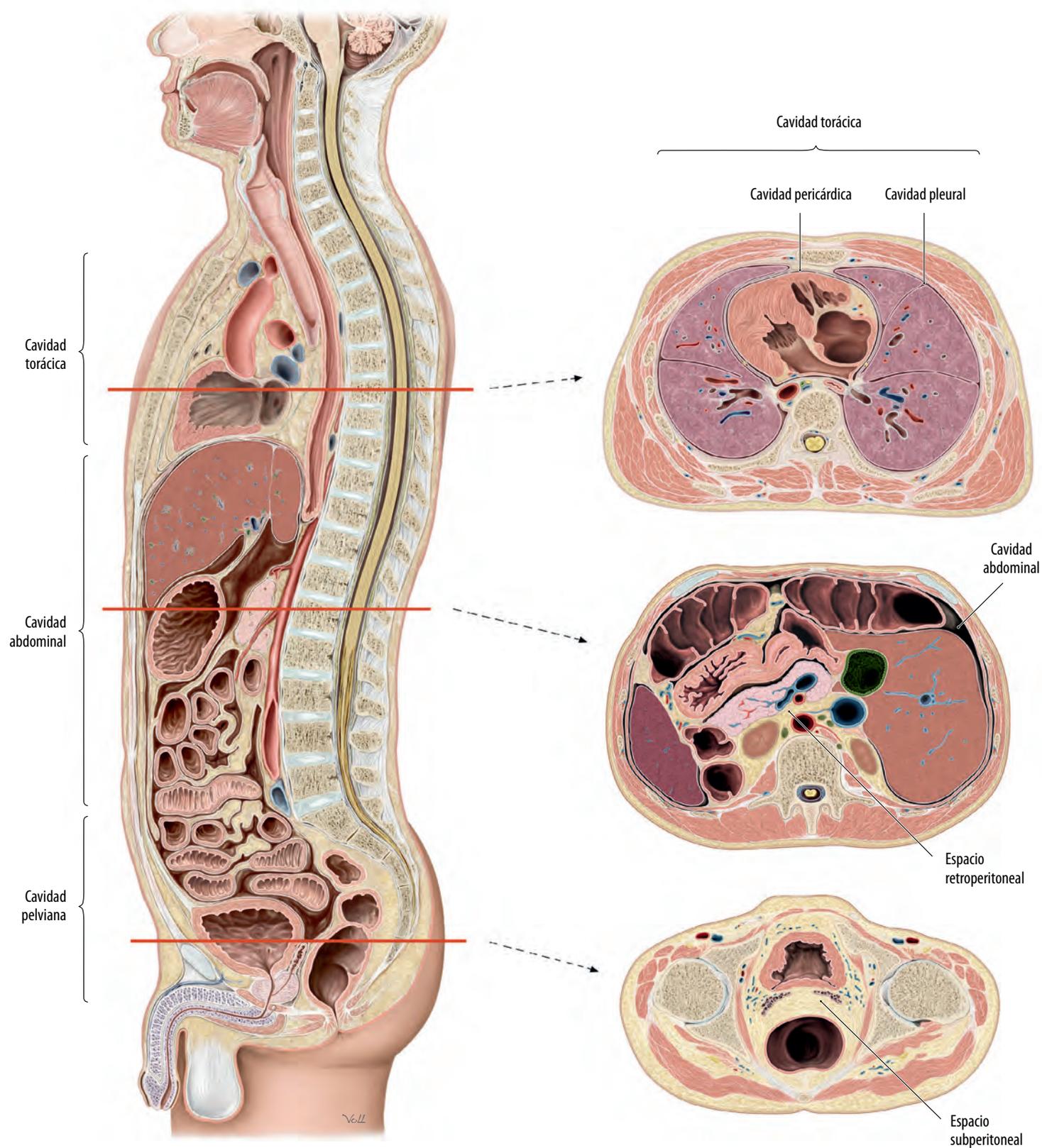
En la formación embrionaria del diafragma participan cuatro estructuras diferentes:

- Septo transverso,
- Pliegues pleuroperitoneales izquierdo y derecho,
- Mesenterio dorsal del esófago y
- Musculatura de la pared corporal.

El septo transverso ya surge como gruesa placa mesenquimal en la 4ª semana de desarrollo, en la zona del portal intestinal anterior, entre la cavidad pericárdica y el conducto vitelino. En la 6ª semana de desarrollo, el septo transverso se desplaza hacia caudal (a). Inmediatamente debajo, en el mesenterio ventral, surge el primordio hepático. En una fase siguiente, el septo transverso se fusionará con ambos pliegues pleuroperitoneales formando el *centro tendinoso* (b). Del mesenterio dorsal del esófago y de la musculatura de la pared corporal colindante surge finalmente la *porción muscular* del diafragma (c).

Observe: La innervación motora del diafragma se efectúa por el N. frénico (C3, C4 y C5), que discurre hacia el diafragma por el interior del pliegue pleuropericárdico junto al tronco de venas cardinales. Él documenta la procedencia de la musculatura transversa de los somitas cervicales.

1.4 División y arquitectura de las cavidades corporales



A División de las cavidades corporales

Corte sagital y medio, visión izquierda. Se distinguen tres grandes cavidades corporales dispuestas una debajo de otra, que son las siguientes:

- Cavidad torácica,
- Cavidad abdominal y
- Cavidad pelviana.

Estas cavidades se presentan rodeadas por todos sus lados de la pared del tronco. La mayor parte de sus paredes está constituida por musculatura y tejido conectivo. Se incorporan además elementos parietales óseos, en el tórax con las costillas y en la pelvis con los huesos coxales. En el extremo superior, el espacio de tejido conectivo de la cavidad torácica pasa de forma continuada hacia el tejido conectivo del cuello, la musculatura del suelo pelviano cierra la pelvis caudalmente. Los órganos, según su ubicación en una de las tres cavidades, se denominan órganos torácicos, abdominales o pelvianos (v. C).