

Atlas de Histología Vegetal y Animal

Órganos animales

LINFÁTICO

Manuel Megías, Pilar Molist, Manuel A. Pombal

Departamento de Biología Funcional y Ciencias de la Salud.

Facultad de Biología. Universidad de Vigo

(Versión: Abril 2025)

Este documento es una edición en pdf del sitio
<http://mmegias.webs.uvigo.es/inicio.html>.

Todo el contenido de este documento se distribuye bajo
la licencia Creative Commons del tipo BY-NC-SA
(Esta licencia permite modificar, ampliar, distribuir y usar
sin restricción siempre que no se use para fines comerciales,
que el resultado tenga la misma licencia y que se nombre
a los autores).

La edición de este documento se ha realizado con el software \LaTeX
(<http://www.latex-project.org/>), usando Texstudio
(www.texstudio.org/) como editor.

Contenidos

1	Linfático	1
2	Imagen; bazo	6
3	Bibliografía	9

1 Linfático

El sistema linfático está formado por los vasos linfáticos más los órganos linfoides: nódulos linfáticos, ganglios linfáticos, el bazo y el timo, que están conectados entre sí y distribuidos por distintas partes del cuerpo (Figura 1).

Vasos linfáticos

Los conductos linfáticos transportan un líquido denominado linfa, que recogen en los tejidos y órganos de todo el cuerpo y lo llevan hasta las venas de gran calibre. Los vasos comienzan principalmente en el tejido conectivo laxo de la dermis y en las capas mucosas del digestivo como una red de conductos de escaso diámetro denominados capilares linfáticos. Estos capilares poseen uno de sus extremos cerrado, mientras que el otro extremo se fusiona con otros capilares para formar conductos más grandes denominados ahora vasos linfáticos. Éstos se van fusionando entre sí para formar conductos de mayor calibre que terminan por desembocar en las grandes venas localizadas en la base del cuello, entre la vena yugular interna y la subclavia.

Los capilares linfáticos están formados por endotelio y una lámina basal discontinua que permite mayor permeabilidad que la de la mayoría de los capilares sanguíneos, por lo que son muy eficientes a la hora de captar fluidos tisulares que se convertirán en la linfa. La linfa es un ultrafiltrado del plasma rico en agua, electrolitos y proteínas. Al pasar por los ganglios linfáticos la linfa se pone en contacto con células del sistema inmune.

Los vasos linfáticos presentan capas de tejido conjuntivo con musculatura lisa conforme aumentan de calibre. Estos conductos, al igual que las venas, poseen válvulas que impiden el reflujo de la linfa. Como no existe una bomba impulsora de la linfa, ésta se mueve por los movimientos del animal o de los órganos internos, es decir, es la musculatura la que impulsa la linfa.

Nódulos linfáticos

En la lámina propia de sistemas como el digestivo, el urogenital, o las vías respiratorias, se forman

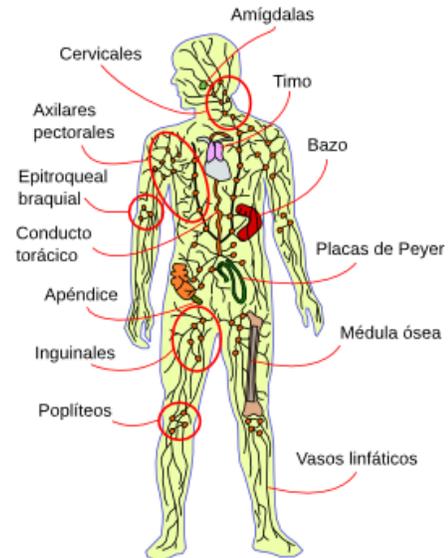


Figura 1: Esquema del sistema de circulación linfático humano. Los principales grupos ganglionares están rodeados por un círculo rojo.

agregados de tejido linfático compuestos fundamentalmente por linfocitos que se acumulan en torno a vasos linfáticos y que en su conjunto no están rodeados por una cápsula de tejido conectivo. A estas estructuras se les llama nódulos linfáticos (o folículos linfáticos; Figura 2) y al conjunto de estos nódulos se les llama tejido linfático difuso. Están situados en lugares estratégicos para hacer de primera barrera contra posibles patógenos y, por tanto, intervenir en la respuesta inmunitaria temprana. Las células productoras de anticuerpos y los eosinófilos son abundantes en estos nódulos. El tejido conectivo reticular formado por células y fibras reticulares constituye el estroma en el que se asientan estos nódulos.

Estructuralmente los nódulos linfáticos están formados por una zona central o germinativa donde los linfocitos proliferan y se diferencian a células plasmáticas con producción de anticuerpos. De hecho la presencia del centro germinativo es indicativo de la respuesta inmunológica ante un antígeno. Rodeando este centro se encuentra la zona periférica, denominada manto o corona, cuyos linfocitos presentan un tamaño menor.

En el intestino grueso humano hay entre 12700 y 18500 nódulos, siendo más densos en la porción del

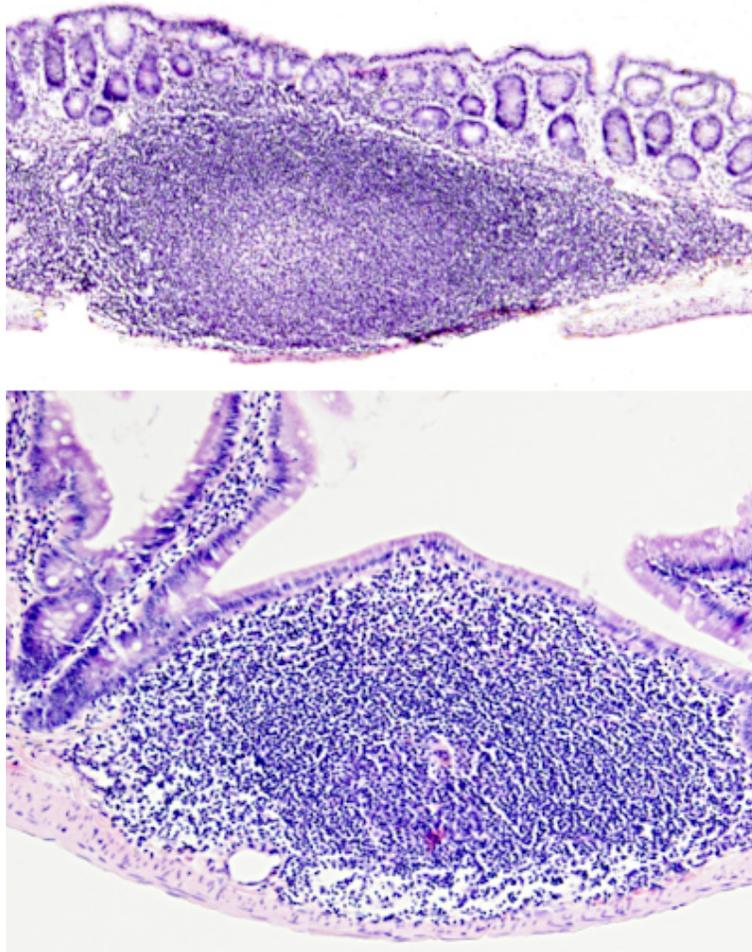


Figura 2: Nódulos linfáticos en el intestino grueso (arriba) y delgado (abajo) de un ratón.

recto, y menos en el colon. Además de los lugares asociados a las mucosas, los nódulos linfáticos son muy abundantes en el apéndice del digestivo, en las amígdalas y en las placas de Peyer del íleon. Durante los procesos inflamatorios crónicos se pueden generar nódulos linfáticos, denominados secundarios, como respuesta del sistema inmune. Por ejemplo, los nódulos linfoides no aparecen en el estómago, y sólo son visibles en el estómago en patologías como la gastritis.

En los ratones, los llamados folículos linfoides del intestino se desarrollan durante la primera semana tras el nacimiento. Su formación se produce por la agregación de células del sistema inmune innato que expresan el factor de transcripción ROR γ -t que tienen la funcionalidad de inducir tejido linfoide. Entonces son atraídos los linfocitos B, lo que lleva a la

formación de los nódulos linfoides. Este proceso está controlado por señales que llegan desde la microbiota del intestino. Los linfocitos del sistema inmune innato del nódulo linfático expresan un receptor denominado AhR que es capaz de detectar moléculas de la dieta y otros ligandos externos, lo que parece ser importante en la inducción de los nódulos linfoides.

Ganglios linfáticos

Son estructuras con forma arriñonada y envueltas por una cápsula conjuntiva. Se sitúan en el trayecto de los vasos linfáticos desde los tejidos hacia las venas y su tamaño varía entre unos pocos milímetros y 2 centímetros. Son abundantes en las axilas, la región inguinal y los mesenterios (Ver Figura 1).

Los ganglios linfáticos están formados por estruc-

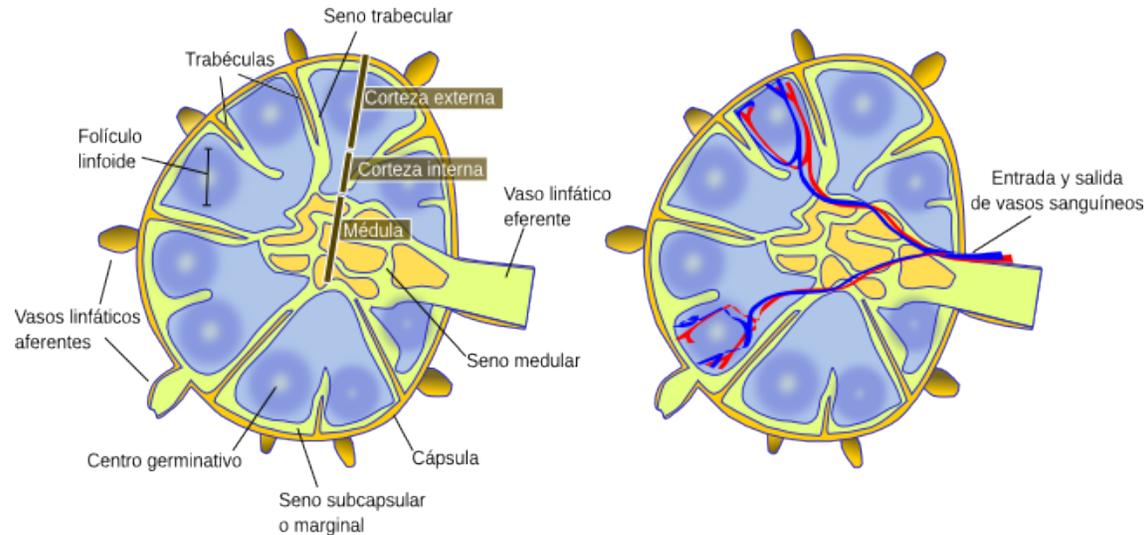


Figura 3: Esquema de un ganglio linfático.

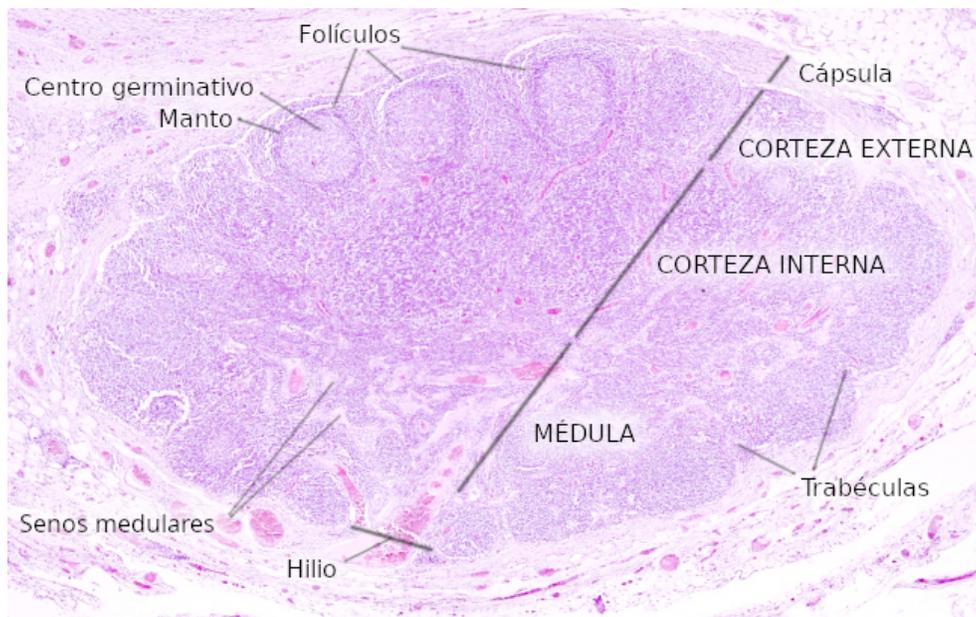


Figura 4: Ganglio linfático en el intestino grueso humano

turas de sostén, compuestas por tejido conectivo denso y tejido reticular (Figuras 3 y 4). La cápsula externa de tejido conectivo denso emite proyecciones que forman interiormente trabéculas, también de tejido conectivo denso, formando una especie de armazón. También poseen tejido conectivo reticular, formado por células y fibras reticulares, que constituye una red de sostén en toda la estructura. Todo este entramado sirve de soporte al tejido linfático. En

un punto de la superficie del ganglio linfático se encuentra el hilio, lugar por donde entran y salen los vasos sanguíneos, así como por donde sale el vaso linfático eferente.

La zona interna del ganglio está formada por una corteza y por una médula. En la corteza los linfocitos B están organizados en nódulos, denominados también folículos primarios o secundarios, dependiendo de si poseen o no un centro germinativo, respec-

tivamente. Los nódulos se encuentran en la corteza nodular, más externa, mientras que hay otra parte más interna de la corteza, denominada corteza profunda, donde abundan los linfocitos T colaboradores.

La médula de los ganglios linfáticos está formada por cordones medulares de tejido linfático separados por senos medulares o linfáticos. También hay un entramado de tejido reticular que hace de almacén. El tejido linfático está formado principalmente por linfocitos, macrófagos y células plasmáticas.

En el ganglio linfático se produce la filtración de la linfa, la cual discurre por una serie de conductos y senos linfáticos. Inicialmente la linfa entra atravesando la cápsula por los senos subcapsular, marginal y cortical. Desde aquí la linfa se recoge más internamente en los senos trabeculares y de éstos pasa a los medulares. El endotelio de estos conductos es discontinuo cuando está en contacto con el tejido linfático. Desde los senos medulares la linfa se recoge en el vaso linfático eferente que sale por el hilo.

Los ganglios son un centro importante de fagocitosis e inicio de la respuesta inmunitaria. Las células dendríticas migrantes llegan transportadas por la linfa y desencadenan dicha respuesta, aunque también se puede iniciar por las células dendríticas foliculares residentes en la corteza. Ambas son células presentadoras de antígenos que inducen la activación de linfocitos B en la zona de transición entre corteza y médula. Los linfocitos activados migran a los nódulos primarios y proliferan formando los centros germinativos que transforman los nódulos primarios en secundarios. Estos linfocitos se transforman en linfocitos B de memoria y en células plasmáticas que migran a la zona medular del ganglio. Posteriormente, la mayoría de los linfocitos B de memoria abandonan el ganglio y colonizan órganos linfáticos secundarios para formar clones. También el 90 % de las células plasmáticas abandonan el ganglio y van a la médula ósea en la que sintetizarán anticuerpos durante toda su vida.

Timo

Es un órgano bilobulado situado por encima del corazón y por delante de los grandes vasos sanguíneos. Se forma a partir del endodermo de la faringe. Es un centro que desarrolla su función principal durante el

periodo que va desde el nacimiento hasta la pubertad, y actúa como lugar donde maduran los linfocitos T. A partir de la pubertad el tejido linfático del timo es reemplazado por tejido adiposo.

El timo posee externamente tejido conectivo que lo recubre y que penetra en su interior dividiendo al órgano en los lobulillos tímicos. Interiormente tenemos el parénquima tímico, el cual se divide en dos porciones, una externa o cortical y otra interna o medular. La corteza tímica posee una gran cantidad de linfocitos T en desarrollo, denominados timocitos, macrófagos y células reticuloepiteliales. En la médula del timo hay también linfocitos T, pero agrupados de manera más laxa. Esta zona aparece más clara en las tinciones generales.

El timo está irrigado por vasos sanguíneos que se internan desde las trabéculas. Estos vasos llevan asociada una vaina de tejido conectivo. Normalmente los linfocitos no entran en contacto con el contenido que viaja por estos vasos gracias a lo que se denomina barrera hematotímica, formada por el endotelio, macrófagos dispuestos alrededor y células reticuloepiteliales.

Bazo

Es el órgano linfático de mayor tamaño. Lleva a cabo funciones inmunes y hematopoyéticas. El bazo está fuertemente irrigado por el sistema sanguíneo puesto que tiene dos misiones importantes: filtración mecánica e inmunológica. Posee una gran cantidad de linfocitos, macrófagos, células reticulares, las cuales crean un especie de malla, además de espacios acelulares y conductos vasculares.

El bazo está rodeado por una cápsula de conectivo denso desde la cual parten trabéculas hacia el interior. Este tejido contiene unas células especiales denominadas miofibroblastos, los cuales son contráctiles. El bazo es capaz de almacenar grandes cantidades de eritrocitos que son liberados por las contracciones de estos miofibroblastos.

La zona interna del bazo que no es conectivo se denomina parénquima o pulpa. Hay dos, la blanca y la roja. La primera está formada por una gran cantidad de linfocitos que se disponen alrededor de una arteria denominada central, formando lo que se

denomina vaina linfática periarterial (PALS: *periarterial lymphatic sheath*). La pulpa roja contiene una gran cantidad de eritrocitos y senos venosos.

2 Imagen; bazo

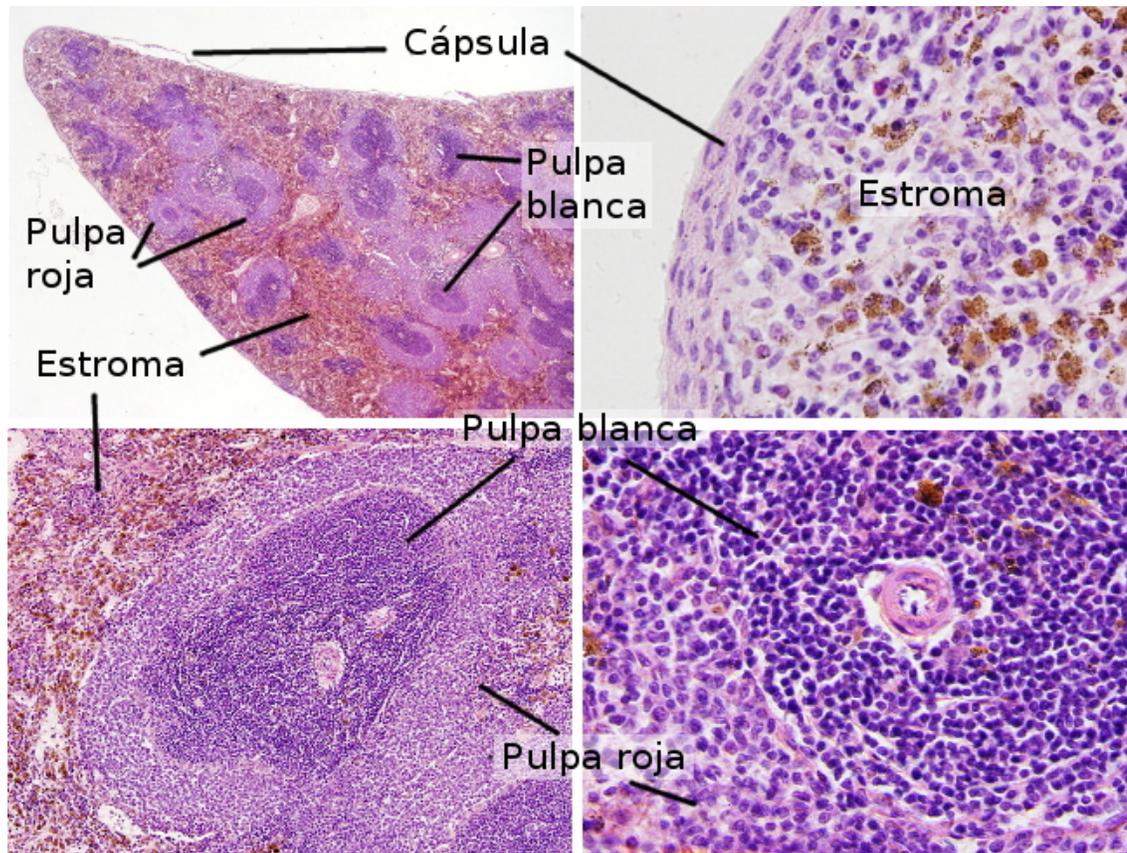


Figura 5: Órgano: bazo. Especie: rata. (*Rattus norvegicus*). Técnica: secciones de parafina teñidas con hematoxilina-eosina. El color rojo y blanco de las pulpas no es apreciable porque el animal ha sido perfundido y no hay sangre en el órgano.

Es un órgano linfoide localizado en la parte alta de la cavidad abdominal, próximo al diafragma. Está presente en todos los vertebrados. Tiene forma ovoide y alargada, y triangular en secciones transversales. Es el órgano linfoide más grande del cuerpo humano y representa un 0,2 % del peso corporal. Junto con el hígado, es el órgano con un color rojo más intenso. Este color está relacionado con sus funciones: almacén y depuración de células sanguíneas. Así, interviene en la eliminación (hematolisis) de glóbulos rojos y plaquetas de la sangre, es un almacén de plaquetas, monocitos y otras células sanguíneas como los linfocitos B, participa en la producción de linfocitos y de células sanguíneas (hematopoyesis), aunque esta últi-

ma función sólo se realiza durante la vida fetal.

Externamente el bazo está rodeado por una capa de tejido denominado cápsula, formada por tejido conectivo denso fibroso, fibras elásticas y músculo liso. La parte más externa de la cápsula está recubierta por mesotelio. De la cápsula parten tabiques hacia el interior del bazo formando compartimentos, los cuales forman en conjunto el denominado parénquima del bazo, mientras que el resto es estroma, formado por tejido conectivo, fibras reticulares y fibroblastos. En cada compartimento se distingue una parte externa o pulpa roja y una parte central o pulpa blanca.

La pulpa blanca está formada por tejido linfático, principalmente linfocitos y macrófagos, que se disponen alrededor de ramas de las arterias esplénicas, llamadas arterias centrales, las cuales discurren por el interior del bazo. En el bazo de ratas y ratones predomina la pulpa blanca, en la cual se pueden distinguir

tres compartimentos: la envuelta periarterial linfoide (en inglés: PALS), los folículos y la zona marginal. Las estructuras PALS están formadas por fibroblastos reticulares, células dendríticas, macrófagos y una gran cantidad de linfocitos T. Los folículos están soportados por las células dendríticas foliculares y consisten de un centro germinal rodeado por una zona de manto con linfocitos B pequeñas. En las ratas, las regiones PALS y los folículos están inmersos en una ancha zona marginal con muchos linfocitos B de núcleo claro y más citoplasma. En los ratones la zona marginal que rodea a PALS y folículos es más delgada que en ratas. El borde externo de la zona marginal orientado hacia la pulpa roja no está bien definido. Sin embargo, los bordes de PALS y folículos sí. Se forma una línea definida gracias a una hendidura llena de sangre: el seno marginal. Hay dos tipos de macrófagos en la zona marginal: metalofílicos (entre el seno marginal y PALS/folículos) y de la zona marginal (muy extendidos). La zona marginal tiene una parte que se puede incluir en el riego esplénico abierto porque puede haber algún eritrocito libre, pero es un compartimento para linfocitos B, y, por tanto, se puede incluir en la pulpa blanca. En el bazo de humanos, la pulpa blanca ocupa menos espacio que la pulpa roja. A diferencia de los ratones y ratas, los folículos son los elementos preponderantes en la pulpa blanca, en vez de las regiones PALS. Tampoco poseen una zona marginal en la superficie de las PALS, sino una fina línea de tejido con linfocitos B circulantes. El tamaño de los folículos (300-500 μm) es bastante similar entre especies, por lo que no depende del tamaño del hígado. En humanos, las arterias centrales no suelen estar en el centro de la pulpa blanca, y pueden correr por el centro de los folículos, en cuyo caso pierden su envuelta de linfocitos T.

La principal misión de la pulpa blanca es producir y diferenciar linfocitos. Es además un reservorio de linfocitos, conteniendo 1/4 del total de linfocitos del cuerpo. Los linfocitos que llegan al bazo lo hacen a través de su circulación abierta (ver más abajo) y rápidamente se asocian a las paredes de las arterias centrales y arteriolas, formando la pulpa blanca.

La pulpa roja está encargada de filtrar la sangre. Es una densa red de senos venosos llenos de sangre, de ahí su color rojo, y de cordones de tejido denom-

inado esplénico, llamados cordones esplénicos (de la pulpa roja o de Billroth). Los cordones esplénicos están formados por células y fibras reticulares y por macrófagos. Las células reticulares se consideran como miofibroblastos y parecen ayudar en la contracción del bazo. Entre los cordones esplénicos se encuentran los glóbulos rojos, granulocitos y monocitos. También se pueden encontrar linfocitos y células hematopoyéticas. En la pulpa roja los macrófagos se encargan de destruir eritrocitos y plaquetas en mal estado, así como material reconocido como extraño. Estas células, suelen presentar depósitos de pigmentos en su citoplasma. También es un sitio de almacén de hierro, eritrocitos y plaquetas. Al contrario que en ratas, el mayor compartimento del bazo en humanos es la pulpa roja: arterias, arteriolas, sinusoides, venas, espacio intersinusoidal (contiene cuerdas esplénicas). Los sinusoides esplénicos con capilares abiertos por donde escapan el plasma y los elementos celulares de la sangre. Los sinusoides forman el principio de la circulación venosa que se reúnen en vénulas pequeñas y medianas de la pulpa roja, para formar las venas trabeculares que luego se emparejan con las arterias. Los fibroblastos producen la matriz extracelular de la pulpa roja, incluyendo las fibras reticulares. Los fibroblastos envuelven a las fibras reticulares y delimitan los espacios de circulación abierta. Tienen que desarrollar un sistema para no coagular la sangre.

La sangre que irriga el bazo entra por varias ramas de la arteria esplénica, las cuales entran en el bazo por un lugar denominado hilio. Estas arterias se dividen y forman las arterias trabeculares que se encuentran en cuerdas de tejido conectivo denso con miofibroblastos originados desde la cápsula del bazo (cápsula esplénica). Las arterias abandonan las trabéculas para ser arterias centrales que no llevan venas como acompañantes y están rodeadas por pulpa blanca. Luego ramifican y se convierten en capilares y senos venosos en la pulpa roja. Estas vénulas desembocan en una vena esplénica que abandona el órgano. Desde el bazo parten vasos linfáticos eferentes por el hilio, pero no tiene vasos linfáticos aferentes, es decir, no llegan linfa al bazo. Esta característica la comparte con el timo. Su irrigación sanguínea tiene algunas características distintivas respecto a otros órganos. Así, las venas y arterias de tamaño medio no corren par-

alelas unas a las otras, tiene una red de capilares que permiten una microcirculación abierta, y presentan un tipo de capilar que sólo aparece aquí: los senos venosos. Debido a esta circulación abierta, células pueden entrar en contacto con la sangre sin tener que cruzar una barrera endotelial.

3 Bibliografía

Langman JM, Rowland R . 1986. The number and distribution of lymphoid follicles in the human large intestine. *Journal of anatomy.* 149:189-94. Leer el artículo

Steiniger BS. 2014. Human spleen microanatomy: why mice do not suffice. *Immunology.* 145: 334-336.