

# IPP

Instituto Profesional Providencia

Miembro de:



## LIBRO DE TEXTO CIENCIAS

# HISTOLOGÍA

Autor/Compilador:

**Claudia Núñez González**

PhD. Biomedicina, Universidad de Alcalá, España

Producto realizado con fondos públicos de proyecto FIAC-MECESUP 1102 ejecutado por el Instituto Profesional Providencia ([www.ipp.cl](http://www.ipp.cl))



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/).

## Tabla de contenido

GENERALIDADES DE LA HISTOLOGÍA.....	4
PREPARACIÓN DE CORTES HISTOLÓGICOS .....	4
MICROSCOPIA.....	9
MICROSCOPIO ÓPTICO .....	11
MICROSCOPIO DE CONTRASTE DE FASE .....	14
MICROSCOPIO CONFOCAL .....	15
MICROSCOPIO DE FLUORESCENCIA .....	16
MICROSCOPIO ELECTRÓNICO .....	18
GENERALIDADES DE HISTOQUÍMICA E INMUNOHISTOQUÍMICA.....	22
TEJIDO EPITELIAL .....	25
CONCEPTO DE TEJIDO EPITELIAL.....	25
TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE EPITELIOS.....	26
TEJIDO EPITELIAL DE REVESTIMIENTO .....	26
EPITELIOS SIMPLES .....	26
EPITELIOS ESTRATIFICADOS.....	27
EPITELIOS ESPECIALES .....	29
TEJIDO EPITELIAL GLANDULAR .....	30
TEJIDO CONECTIVO .....	31
VARIEDADES DEL TEJIDO CONECTIVO.....	33
TEJIDO ÓSEO.....	34
TEJIDO CARTILAGINOSO .....	36
TEJIDO MUSCULAR .....	36
TEJIDO ADIPOSO.....	37
APARATO RESPIRATORIO .....	38
APARATO DIGESTIVO Y GLÁNDULAS ANEXAS .....	40
APARATO GENITOURINARIO.....	43
SISTEMA EXCRETOR.....	43
SISTEMA REPRODUCTOR.....	48
TEJIDO SANGUÍNEO, HEMATOPOYESIS Y SISTEMA CIRCULATORIO.....	57
SISTEMA INMUNITARIO .....	63
GLÁNDULAS ENDOCRINAS .....	71

PIEL Y ANEXOS .....	75
TEJIDO NERVIOSO Y ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS.....	77
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA .....	80

## **GENERALIDADES DE LA HISTOLOGÍA**

### **CONCEPTO DE HISTOLOGÍA Y DESARROLLO HISTÓRICO DE LA HISTOLOGÍA.**

La histología (del griego ιστός: histós "tejido" y «-λογία» -logía, tratado, estudio, ciencia) es la ciencia que estudia todo lo relacionado con los tejidos orgánicos: su estructura microscópica, su desarrollo y sus funciones.

### **PREPARACIÓN DE CORTES HISTOLÓGICOS**

La mayoría de las técnicas histológicas van encaminadas a preparar el tejido para su observación con el microscopio, bien sea óptico o electrónico. Ello es debido a que la estructura de los tejidos está basada en la organización de los tipos de células que los componen y, en pocas ocasiones, las características morfológicas de las células solo se pueden observar con estos equipos.

El proceso histológico a una serie de métodos y técnicas utilizados para poder estudiar las características morfológicas y moleculares de los tejidos. En el esquema se muestran los métodos y técnicas comúnmente empleados para el procesamiento de los tejidos (Figura 1)

## PROCESO HISTOLÓGICO

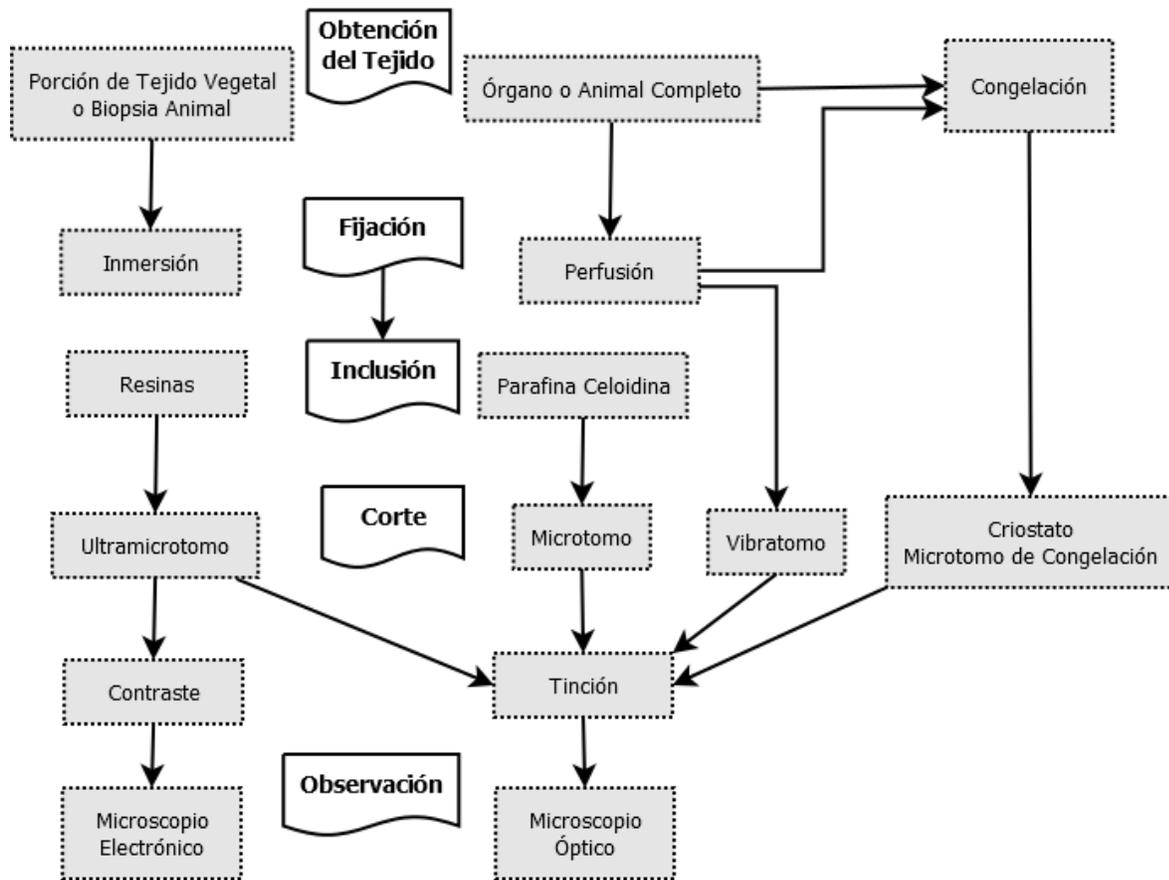


Figura 1. Esquema del Proceso Histológico.

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Proceso\\_histol%C3%B3gico.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Proceso_histol%C3%B3gico.png)

Fijar un tejido es preservar sus características morfológicas y moleculares lo más parecidas posibles a las que poseía en estado vivo. Los fijadores a utilizar deben tener características generales como:

- Velocidad de penetración: el proceso de fijación debe ser rápido y la velocidad de difusión de la sustancia fijadora en los tejidos es un factor determinante.
- Velocidad de fijación: esta característica depende de las propiedades químicas del fijador y condiciona el tiempo que debe permanecer el tejido en contacto con el fijador.
- Endurecimiento: los fijadores generalmente endurecen los tejidos, lo cual depende del tipo de fijador y del tiempo que el tejido haya estado expuesto a él.

- Ósmosis y pH: Es indispensable equilibrar la osmolaridad de las soluciones fijadoras y la de los tejidos a fijar. Normalmente se suelen usar soluciones tamponadas a un pH semejante al del tejido e isoosmóticas con dicho tejido.
- Efecto mordiente: algunos fijadores, además de fijar, modifican químicamente a ciertas estructuras celulares para que posteriormente puedan unirse a ellas los colorantes. Este tipo de modificación química se le denomina efecto mordiente.
- Artefactos: Los procesos de fijación pueden acarrear alteraciones tisulares como variaciones morfológicas, cristalización de compuestos, desplazamiento de sustancias, etcétera. Estos cambios pueden producirse por las características del fijador o por un mal uso de éste. En cualquier caso deben tenerse en cuenta para no describir como características tisulares lo que es un artefacto introducido durante la fijación

Existen diferentes formas de fijar los tejidos, dependiendo del tipo de fijador, de la estructura a fijar y de lo que se quiere observar. Los métodos de fijación se pueden clasificar en dos tipos: físicos y químicos. Los fijadores físicos están basados en una congelación muy rápida del tejido, en la aplicación de calor o microondas y los métodos químicos utilizan soluciones acuosas compuestas por moléculas fijadoras que establecen puentes entre las moléculas celulares, manteniéndolas en sus lugares originales e impidiendo su degradación, hay dos métodos de fijación con fijadores líquidos: inmersión y perfusión. Los fijadores químicos son los empleados más frecuentemente, sin embargo hay que ser extremadamente cuidadoso en su manejo, ya que la mayoría de las sustancias fijadoras son tóxicas por inhalación o por contacto, algunas de ellas cancerígenas. Algunos ejemplos de fijadores son: alcohol etílico, ácido acético, ácido pícrico, formaldehído, entre otros.

*La inclusión es el método más común de endurecer el tejido y consiste en infiltrar la muestra con sustancias líquidas que tras un proceso de polimerización o enfriamiento se solidifican, sin afectar a las características del tejido. Con ello se consigue obtener cortes delgados (desde decenas de  $\mu\text{m}$  a  $\text{nm}$  según el medio de inclusión) sin que el tejido se rompa o se deteriore. Cuando se quieren hacer secciones para su observación con el microscopio óptico los medios de inclusión más utilizados son la parafina o la celoidina, si se van a realizar*

observaciones con microscopio electrónico la inclusión se realiza con resinas, principalmente de tipo acrílicas o epoxy.

El corte es un paso importante en la preparación, ya que para observar las características tisulares y celulares microscópicas internas se utilizan microscopios ópticos o electrónicos de transmisión. Con estos equipos solo se pueden observar grosores muy pequeños de tejido por problemas de difusión y penetración de la luz en el caso de los microscopios ópticos y de penetración de los electrones en el caso del microscopio electrónico de transmisión. Los equipos para hacer secciones de un grosor de micrómetros se denominan micrótomos y existen diferentes tipos según el grosor que se requiera de la muestra, el medio de inclusión en el que se encuentre el tejido o si se ha endurecido por congelación o por inclusión. Se utiliza el micrótomo para material incluido en parafina para observaciones con el microscopio óptico y el ultramicrotomo para observaciones con el microscopio electrónico de transmisión (Figura 2).



Figura 2. A: Micrótomo [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical\\_microtome.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Electrical_microtome.jpg). B: Ultramicrotomo <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ultramicrotome.jpg>

La tinción es necesaria, ya que los tejidos animales son en su gran mayoría incoloros, excepto aquellos que poseen algún tipo de pigmento como la sangre o la melanina de la epidermis, por lo cual es necesario teñirlos para observar sus características morfológicas. Las tinciones generales están basadas en el uso de colorantes, sustancias mediante las cuales se consigue colorear a los tejidos. Los colorantes son normalmente hidrosolubles y se caracterizan por unirse a ciertas moléculas presentes en los tejidos debido a afinidades químicas. Existen otras técnicas de tinción como la histoquímica, lectinas, inmunocitoquímica, hibridación.

El último paso de todo proceso histológico es la observación del resultado producido por la técnica realizada, para lo cual se utilizan los microscopios que son equipos que permiten aumentar la imagen de las muestras para observar estructuras tisulares tan pequeñas como son las células o sus compartimentos.

## MICROSCOPIA

El microscopio (de micro-, pequeño, y scopio, σκοπεω, observar) es un instrumento que permite observar objetos que son demasiado pequeños para ser vistos a simple vista. El tipo más común y el primero que se inventó es el microscopio óptico. Se trata de un instrumento óptico que contiene dos o más lentes que permiten obtener una imagen aumentada del objeto y que funciona por refracción.

Entre 1590 y 1600, el óptico holandés Zacharías Janssen (1580-1638) inventó un microscopio con una especie de tubo con lentes en sus extremos, de 8 cm de largo soportado por tres delfines de bronce; pero se obtenían imágenes borrosas a causa de las lentes de mala calidad. Estos primeros microscopios aumentaban la imagen 200 veces.

En 1665 Robert Hooke observó con un microscopio un delgado corte de corcho y notó que el material era poroso, en su conjunto, formaban cavidades poco profundas a modo de celditas a las que llamó células. Se trataba de la primera observación de células muertas. Unos años más tarde, Marcello Malpighi, anatomista y biólogo italiano, observó células vivas. Fue el primero en estudiar tejidos vivos al microscopio.

A mediados del siglo XVII un holandés, Anton van Leeuwenhoek, utilizando microscopios simples de fabricación propia, describió por primera vez protozoos, bacterias, espermatozoides y glóbulos rojos. El microscopista Leeuwenhoek, sin ninguna preparación científica, puede considerarse el fundador de la bacteriología. Él tallaba sus lupas, sobre pequeñas esferas de cristal, cuyos diámetros no alcanzaban el milímetro (su campo de visión era muy limitado, de décimas de milímetro). Con estas pequeñas distancias focales alcanzaba los 275 aumentos.

Durante el siglo XVIII continuó el progreso y se lograron objetivos acromáticos por asociación de Chris Neros y Flint Crown obtenidos en 1740 por H. M. Hall y mejorados por John Dollond. De esta época son los estudios efectuados por Isaac Newton y Leonhard Euler. En el siglo XIX, al descubrirse que la dispersión y la refracción se podían modificar con

combinaciones adecuadas de dos o más medios ópticos, se lanzan al mercado objetivos acromáticos excelentes.

Durante el siglo XVIII el microscopio tuvo diversos adelantos mecánicos que aumentaron su estabilidad y su facilidad de uso, aunque no se desarrollaron por el momento mejoras ópticas. Las mejoras más importantes de la óptica surgieron en 1877, cuando Ernst Abbe publicó su teoría del microscopio y, por encargo de Carl Zeiss, mejoró la microscopía de inmersión sustituyendo el agua por aceite de cedro, lo que permite obtener aumentos de 2000. A principios de los años 1930 se había alcanzado el límite teórico para los microscopios ópticos, no consiguiendo estos aumentos superiores a 500X o 1,000X.

El microscopio electrónico de transmisión (TEM) fue el primer tipo de microscopio electrónico desarrollado. Utiliza un haz de electrones en lugar de luz para enfocar la muestra consiguiendo aumentos de 100.000X. Fue desarrollado por Max Knoll y Ernst Ruska en Alemania en 1931. Posteriormente, en 1942 se desarrolla el microscopio electrónico de barrido.



Figura 3. Microscopio compuesto fabricado hacia 1751 por Magny. Proviene del laboratorio del duque de Chaulnes y pertenece al Museo de Artes y Oficios, París. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscope1751.jpg>

### Cronología del desarrollo del microscopio:

- 1590: Fue en 1590 los fabricantes holandeses de anteojos, Hans Janssen y su hijo Zacharias Janssen inventaron un microscopio compuesto.
- 1609: Galileo Galilei desarrolla un occholino o microscopio compuesto de una lente convexa y una cóncava.
- 1612: Galileo presenta el occholino al rey de Polonia Segismundo III.
- 1619: Cornelius Drebbel (1572 - 1633) presenta en Londres, un microscopio compuesto de dos lentes convexas.
- c.1622: Drebbel presenta su invento en Roma.
- 1624: Galileo presenta su occholino al Príncipe Federico Cesi, fundador de la Academia de los Linceos).
- 1625: Giovanni Faber de Bamberg (1574 - 1629), miembro de la Academia de los Linceos, acuña la palabra microscopio por analogía con telescopio.
- 1665: Robert Hooke publica Micrographia, una colección de micrografías biológicas. Acuña la palabra célula para las estructuras que descubre en una corteza de corcho.
- 1674: Anton van Leeuwenhoek inventa el microscopio simple.
- 1931: Ernst Ruska y Max Knoll construyen el primer microscopio electrónico.
- 1965: Manfred von Ardenne desarrolla el primer microscopio electrónico de barrido.
- 1981: Gerd Binnig y Heinrich Rohrer desarrollan el microscopio de efecto túnel.
- 1985 Binnig y Rohrer desarrollan el microscopio de fuerza atómica

## MICROSCOPIO ÓPTICO

El tipo de microscopio más utilizado es el microscopio óptico, que se sirve de la luz visible para crear una imagen aumentada del objeto. El microscopio óptico más simple es la lente convexa doble con una distancia focal corta. Estas lentes pueden aumentar un objeto hasta 15 veces. Por lo general, se utilizan microscopios compuestos, que disponen de varias lentes con las que se consiguen aumentos mayores. Algunos microscopios ópticos pueden aumentar un objeto por encima de las 2.000 veces. El microscopio compuesto consiste en dos sistemas de lentes, el objetivo y el ocular, montados en extremos opuestos de un tubo cerrado. El objetivo

está compuesto de varias lentes que crean una imagen real aumentada del objeto examinado. Las lentes de los microscopios están dispuestas de forma que el objetivo se encuentre en el punto focal del ocular. Cuando se mira a través del ocular se ve una imagen virtual aumentada de la imagen real, el aumento total del microscopio depende de las distancias focales de los dos sistemas de lentes (Figura 4).

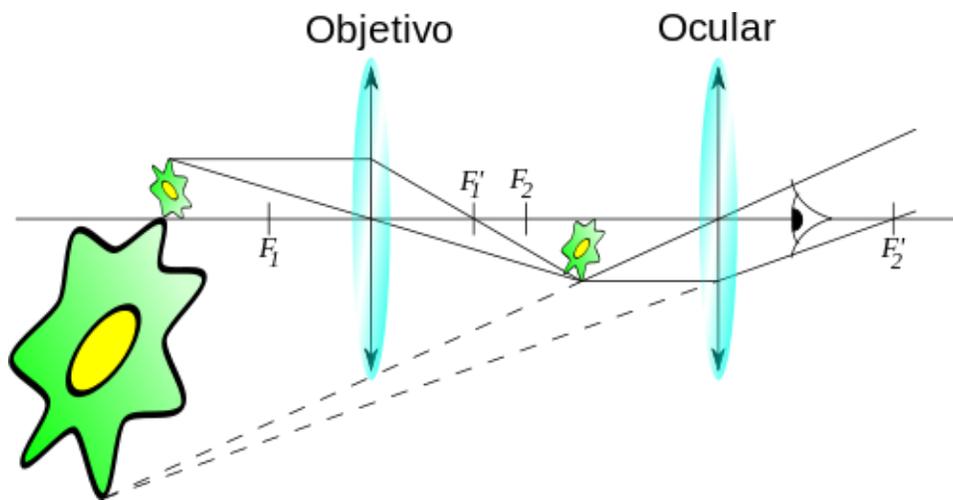


Figura 4. Diagrama simple de la óptica de un microscopio.  
[http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscope\\_diag-es.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscope_diag-es.svg)

El microscopio óptico tiene un límite resolución (que es la menor distancia que debe existir entre dos objetos para que puedan visualizarse por separado) de cerca de 200 nm ( $0.2 \mu\text{m}$ ), en tanto que el microscopio electrónico puede incrementarlo en aproximadamente 1000 veces (Figura 5).



Figura 5. Tamaños relativos de las células y sus componentes.

<http://estructurayfuncioncelularbacteriana.wikispaces.com/Microscopia+%C3%B3ptica>

El equipamiento adicional de un microscopio consta de un armazón con un soporte para el material examinado y de un mecanismo que permite acercar y alejar el tubo para enfocar la muestra. Los especímenes o muestras que se examinan con un microscopio son transparentes y se observan con una luz que los atraviesa; se suelen colocar sobre un rectángulo fino de vidrio. El soporte tiene un orificio por el que pasa la luz. Bajo el soporte se encuentra un espejo que refleja la luz para que atraviese el espécimen. El microscopio puede contar con una fuente de luz eléctrica que dirige la luz a través de la muestra (Figura 6).

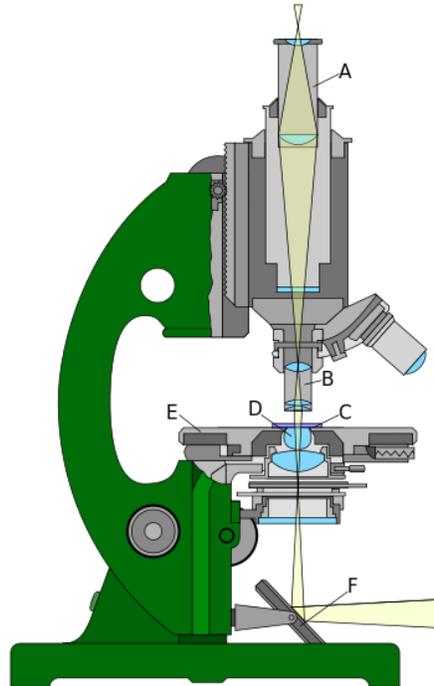


Figura 6. Microscopio óptico. Descripción: A) ocular, B) objetivo, C) portador del objeto, D) lentes de la iluminación, E) sujeción del objeto, F) espejo de la iluminación. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Microscope-letters.svg>

## MICROSCOPIO DE CONTRASTE DE FASE

El microscopio de contraste de fases fue creado por Frits Zernike en 1932. Este microscopio permite observar células sin colorear y resulta especialmente útil para células vivas. Este aprovecha las pequeñas diferencias de los índices de refracción en las distintas partes de una célula y en distintas partes de una muestra de tejido. La luz que pasa por regiones de mayor índice de refracción experimenta una deflexión y queda fuera de fase con respecto al haz principal de ondas de luz que pasaron la muestra. Aparea otras longitudes de onda fuera de fase por medio de una serie de anillos ópticos del objetivo y del condensador, anula la amplitud de la porción fuera de fase inicial del haz de luz y produce un contraste útil sobre la imagen (Figura 7). Las partes oscuras de la imagen corresponden a las porciones densas del espécimen; las partes claras de la imagen corresponden a porciones menos densas. Por lo tanto estos microscopios se utilizan para observar células vivas, tejidos vivos y cortes semifinos no coloreados.

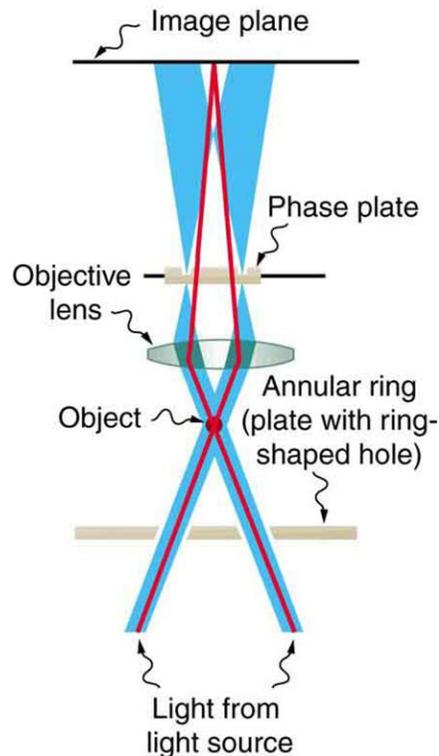


Figura 7. Construcción simplificada de un microscopio de contraste de fase. Las diferencias de fase entre la luz que pasa a través del objeto y el fondo se producen al pasar los rayos a través de las diferentes partes de una placa de fase. Los rayos de luz se superponen en el plano de la imagen, la producción de contraste es debido a su interferencia. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase-contrast\\_microscope.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase-contrast_microscope.jpg)

## MICROSCOPIO CONFOCAL

El microscopio confocal, es un microscopio óptico que incorpora dos diafragmas; uno de iluminación localizado tras la fuente luminosa denominado Pinhole de Excitación, cuya utilidad es eliminar la luz proveniente de planos superiores e inferiores al plano focal, aumentando con ello la claridad y resolución de la imagen; y otro de detección, de tamaño variable situado delante del fotodetector, denominado Pinhole de Emisión. El microscopio confocal incrementa el contraste y/o reconstruir imágenes tridimensionales utilizando un “pinhole” espacial (colimador de orificio delimitante) para eliminar la luz desenfocada o destellos de la lente en especímenes que son más gruesos que el plano focal (Figura 8).

La propiedad fundamental y distintiva de la imagen confocal es que solo lo que está enfocado es detectado. Las áreas de la muestra fuera de foco aparecen negras, y no contribuyen a la formación de la imagen. Puesto que solo se ilumina un punto cada vez en el microscopio confocal, se

requiere una exploración (scanning) sobre un raster regular en el espécimen para obtener imágenes bi o tridimensionales. La delgadez del plano focal se define mayormente como el cuadrado de la apertura numérica de la lente del objetivo y también por las propiedades ópticas del espécimen y el índice de refracción del ambiente.

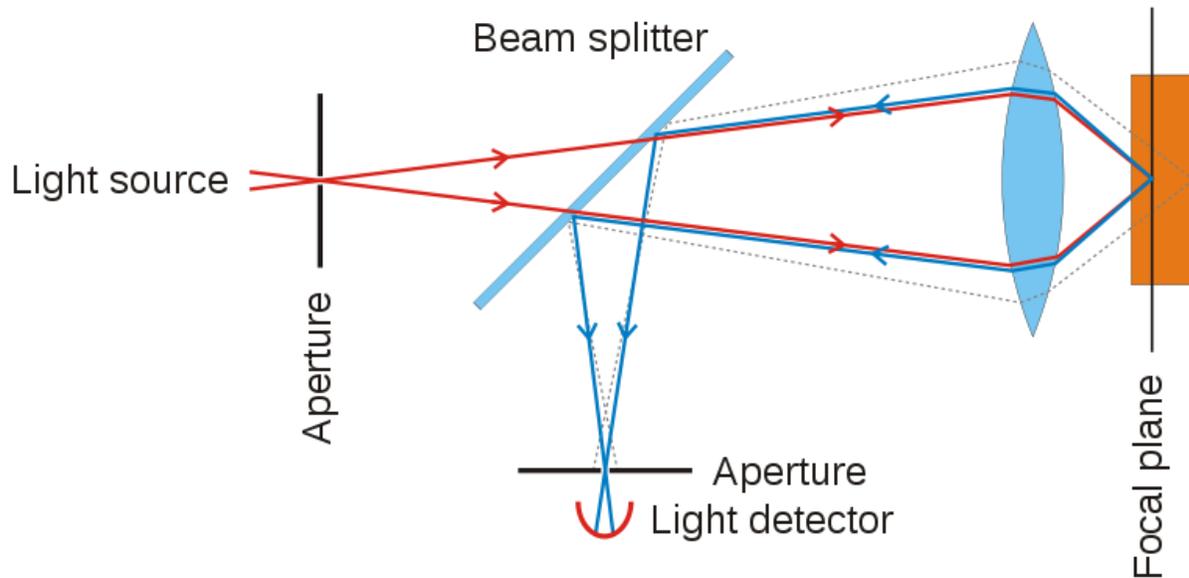


Figura 8. Principios en los que se basa la microscopía confocal.  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Confocalprinciple\\_in\\_English.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Confocalprinciple_in_English.svg)

## MICROSCOPIO DE FLUORESCENCIA

En el microscopio de fluorescencia los objetos son iluminados por rayos de una determinada longitud de onda (Figura 9). La imagen observada es el resultado de la radiación electromagnética emitida por las moléculas que han absorbido la excitación primaria y reemitido una luz con mayor longitud de onda. Para dejar pasar solo la emisión secundaria deseada, se deben colocar filtros apropiados debajo del condensador y encima del objetivo (Figura 10). Se usa para detectar sustancias con autofluorescencia (vitamina A) o sustancias marcadas con fluorocromos.



Figura 9. Microscopio de Fluorescencia. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fluorescence\\_microscop.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fluorescence_microscop.jpg)

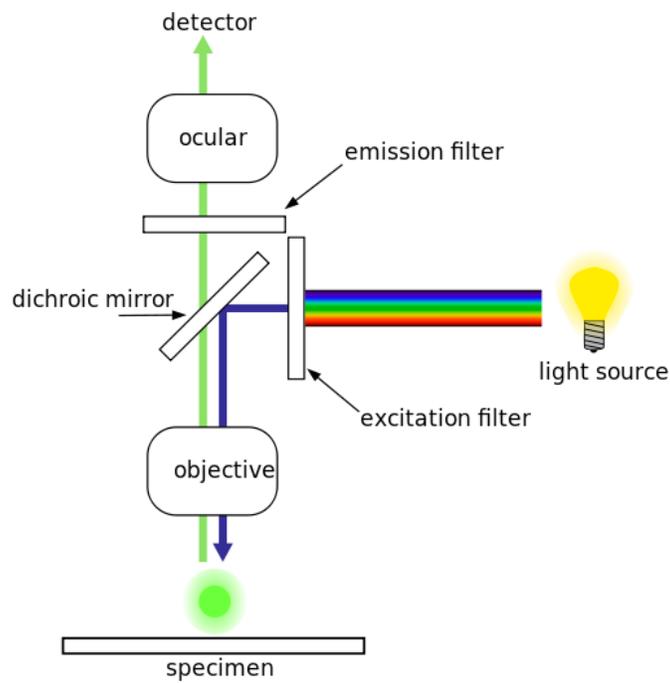


Figura 10. Estructura de un microscopio de fluorescencia. [http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FluorescenceFilters\\_2008-09-28.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:FluorescenceFilters_2008-09-28.svg)

## MICROSCOPIO ELECTRÓNICO

El microscopio electrónico utiliza electrones en lugar de fotones o luz visible para formar imágenes de objetos diminutos. Los microscopios electrónicos permiten alcanzar ampliaciones hasta 5000 veces más potentes que los mejores microscopios ópticos, debido a que la longitud de onda de los electrones es mucho menor que la de los fotones "visibles". El primer microscopio electrónico fue diseñado por Ernst Ruska y Max Knoll entre 1925 y 1930, quienes se basaron en los estudios de Louis-Victor de Broglie acerca de las propiedades ondulatorias de los electrones.

El microscopio electrónico funciona con un haz de electrones generados por un cañón electrónico, acelerados por un alto voltaje y focalizados por medio de lentes magnéticas (todo ello al alto vacío ya que los electrones son absorbidos por el aire). Un rayo de electrones atraviesa la muestra (debidamente deshidratada y en algunos casos recubierta de una fina capa metálica para resaltar su textura) y la amplificación se produce por un conjunto de lentes magnéticas que forman una imagen sobre una placa fotográfica o sobre una pantalla sensible al impacto de los electrones que transfiere la imagen formada a la pantalla de un computador. Los microscopios electrónicos producen imágenes sin ninguna clase de información de color, puesto que este es una propiedad de la luz y no hay una forma posible de reproducir este fenómeno mediante los electrones; sin embargo, es posible colorear las imágenes posteriormente, aplicando técnicas de retoque digital a través del computador.

Existen dos tipos principales de microscopios electrónicos: el microscopio electrónico de transmisión y el microscopio electrónico de barrido (Figura 11). El microscopio electrónico de transmisión emite un haz de electrones dirigido hacia el objeto cuya imagen se desea aumentar. Una parte de los electrones rebotan o son absorbidos por el objeto y otros lo atraviesan formando una imagen aumentada de la muestra. Para utilizar un microscopio electrónico de transmisión debe cortarse la muestra en capas finas, no mayores de un par de miles de ángstroms. Los microscopios electrónicos de transmisión pueden aumentar la imagen de un objeto hasta un millón de veces.

En el microscopio electrónico de barrido (MEB) la muestra es recubierta con una capa de metal delgado, y es barrida con electrones enviados desde un cañón. Un detector mide la cantidad de

electrones enviados que arroja la intensidad de la zona de muestra, siendo capaz de mostrar figuras en tres dimensiones, proyectados en una imagen de TV. Su resolución está entre 3 y 20 nm, dependiendo del microscopio. Permite obtener imágenes de gran resolución en materiales pétreos, metálicos y orgánicos. La luz se sustituye por un haz de electrones, las lentes por electroimanes y las muestras se hacen conductoras metalizando su superficie.



Figura 11 A. Microscopio electrónico de Barrido.

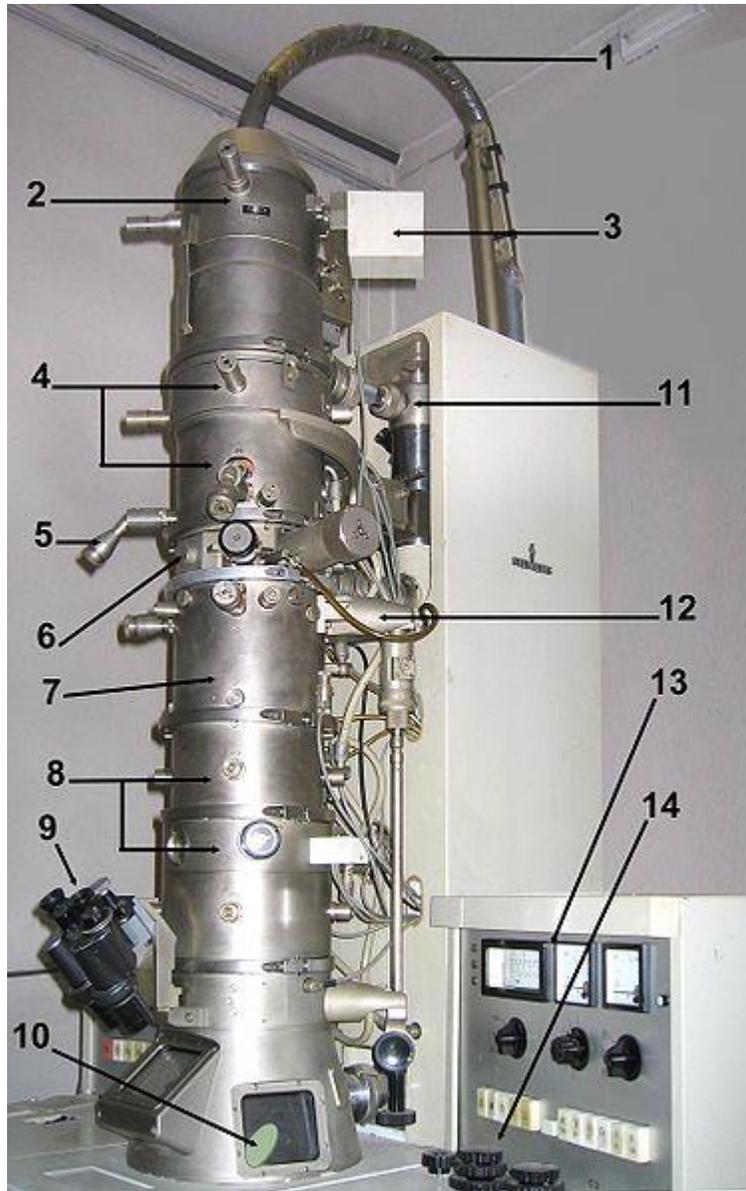


Figura 11 B. Microscopio electrónico de Transmisión.

En la Figura 12 se muestra una comparación de la formación de la imagen en un microscopio de transmisión óptica, un microscopio electrónico de transmisión (TEM) y un microscopio electrónico de barrido.

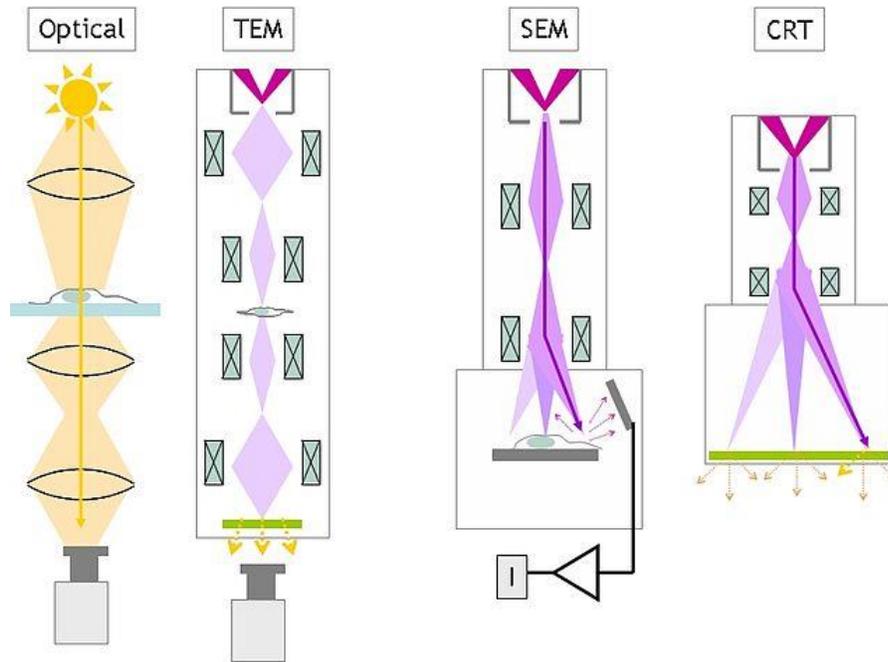


Figura 12. Comparación de la formación de la imagen en un microscopio de transmisión óptica, un microscopio electrónico de transmisión (TEM), un microscopio electrónico de barrido (SEM) y un tubo de rayos catódicos (CRT) de pantalla de TV. <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:SimpleSEMandTEM.jpg>

## GENERALIDADES DE HISTOQUÍMICA E INMUNOHISTOQUÍMICA.

Las técnicas histoquímicas son aquellas que supongan una reacción química en la que intervienen moléculas pertenecientes al propio tejido. El objetivo de la histoquímica es poner de manifiesto una molécula o familia de moléculas presentes en una sección histológica y estudiar su distribución tisular "*in situ*". Estas moléculas son difícilmente discernibles con colorantes generales. Durante el procesamiento del tejido previo a la reacción histoquímica, como la fijación o la inclusión, hay que evitar dañar a la molécula que se quiere detectar porque de otra manera resultaría en falsos negativos, es decir, no tener tinción cuando en realidad la molécula de interés sí está presente en el tejido, aunque deteriorada. En algunas ocasiones es necesario realizar pasos previos a la reacción histoquímica para descubrir la molécula que se quiere detectar, por ejemplo usando un fijador adecuado, ya que de otra manera no reaccionaría con los reactivos químicos. Hay dos tipos de técnicas histoquímicas: reacciones químicas e enzimáticas.

Las reacciones químicas consisten en la modificación química de moléculas del tejido para posteriormente poder colorearlas. Existen técnicas histoquímicas para detectar glúcidos, proteínas y nucleótidos. La técnica histoquímica más empleada es la reacción de PAS (*Periodic Acid Schiff*). Se utiliza para la detección de hidratos de carbono, libres o conjugados, en los tejidos cuando están en cantidades relativamente grandes. La modificación química del tejido consiste en la oxidación mediante el ácido periódico de los enlaces entre los carbonos próximos que contienen grupos hidroxilos. Esto provoca la formación grupos aldehídos que serán reconocidos por el reactivo de Schiff, el cual se combinará con ellos para dar un color rojizo brillante. Entre los componentes del reactivo de Schiff está la pararosanilina (un componente de la fucsina básica) tratada con ácido sulfúrico. Una gran ventaja de la tinción histoquímica PAS es su capacidad de discriminación de tipos de glúcidos con pequeñas modificaciones de la técnica.

La histoquímica enzimática se basa en la capacidad que tienen algunos enzimas del tejido de mantener funcional su centro activo tras el proceso de fijación. Estos enzimas y las células que los poseen se ponen de manifiesto mediante una reacción enzimática que convierte a unos sustratos solubles e incoloros en productos insolubles y coloreados. Los sustratos son específicos para la enzima y los productos se depositan en el lugar preciso donde se produjo la reacción, es decir, donde se localiza el enzima. Las enzimas que se pueden detectar son variadas como las

peroxidasas, fosfatasas, deshidrogenasas, diaforasas, acetilcolinesterasa, entre otras. Hay que tener en cuenta que cuando se quiere detectar una actividad enzimática es recomendable no incluir el material para obtener secciones puesto que la deshidratación y la temperatura elevada pueden dañar la conformación de la enzima y por tanto la actividad de su centro activo. Por ello estas técnicas se realizan normalmente en secciones obtenidas por congelación o con el vibratomo.

La inmunocitoquímica es una técnica para la localización de moléculas en los tejidos mediante el empleo de anticuerpos (proteínas del tipo inmunoglobulina G). Es una técnica que gracias a la oferta comercial de anticuerpos y a la estandarización de su protocolo se ha convertido en un método sencillo, rápido y muy potente. Se basa en la gran especificidad y alta afinidad que tienen los anticuerpos para reconocer a moléculas y unirse a ellas. Además, la conjugación o combinación de los anticuerpos con enzimas o con sustancias fluorescentes permite detectar cantidades ínfimas de moléculas presentes en el tejido.

Los anticuerpos o inmunoglobulinas que se usan en las técnicas inmunocitoquímicas son del tipo G, producidas por unas células del sistema inmunitario denominados linfocitos B. La producción masiva de anticuerpos se produce en un animal cuando se le inyecta una molécula que reconoce como extraña, es decir, la molécula problema. Estos anticuerpos pasan al suero sanguíneo que se extrae del animal inmunizado y a partir del cual se purifican los anticuerpos producidos, los cuales se usarán posteriormente en la técnica inmunocitoquímica. Las moléculas complejas como las proteínas tienen en su estructura varios determinantes antigénicos, es decir, lugares que son capaces de desencadenar una respuesta inmune. Ello implica que cada determinante antigénico activará un clon, grupo de linfocitos B, que producirá anticuerpos contra él. Los anticuerpos de todos los clones de linfocitos B activados por la molécula inyectada irán a parar al suero. Cuando se emplean sueros purificados de este tipo en inmunocitoquímica se dice que se están empleando anticuerpos policlonales. Existe una técnica que permite aislar y cultivar en el laboratorio (*in vitro*) de forma individualizada a cada uno de los clones activados durante la respuesta inmune. Cada uno de esos cultivos producirá un tipo de inmunoglobulina G que reconocerá solo a uno de los determinantes antigénicos de la molécula inyectada. A estos anticuerpos se les denomina monoclonales ya que proceden de linfocitos que producen inmunoglobulinas idénticas.

Las inmunoglobulinas, aunque se unan a la molécula que queramos detectar, no son visibles con el microscopio por lo que se tendrá que conjugar (unirla) a otras moléculas que den una señal visible. Estas moléculas que aportan visibilidad a los anticuerpos suelen ser de dos tipos: moléculas fluorescentes y enzimas. Las primeras se pueden observar con el microscopio de fluorescencia mientras que las segundas pueden convertir determinados sustratos solubles en productos insolubles y coloreados. La señal aparece allí donde está la sustancia fluorescente o el enzima, que es donde se ha unido la inmunoglobulina.

Las enzimas habituales que se unen a las inmunoglobulinas son la peroxidasa y la fosfatasa alcalina.

La conjugación directa de un marcador (enzima o fluorescente) con la inmunoglobulina se denomina método de detección directa. Hoy en día se suele emplear el método de detección indirecta, que consiste en colocar una serie de intermediarios entre la inmunoglobulina y la molécula marcadora. Inicialmente se usó el método indirecto denominado peroxidasa-antiperoxidasa (PAP), pero actualmente es más frecuente usar el método del complejo avidina-biotina-peroxidasa (ABC). El método indirecto permite una mayor versatilidad de la técnica y mayor intensidad de señal frente a una misma cantidad de antígeno.

La inmunofluorescencia se basa en las propiedades de los fluorocromos. Son moléculas que emiten luz visible cuando se les ilumina con una determinada longitud de onda. Aunque la inmunofluorescencia se puede usar para detectar a una sola molécula tisular, su verdadero potencial se muestra cuando se necesita una múltiple inmunodetección, es decir, dos o más moléculas presentes en una misma célula o matriz extracelular de forma simultánea. Esto es posible porque existe una gran variedad de fluorocromos que son capaces de emitir luz visible tras ser excitados con diferentes longitudes de onda, luego seleccionando el intervalo de longitudes onda con el que iluminamos un tejido se puede excitar de modo individual, y secuencial, varios fluorocromos que se hayan usado, unidos a inmunoglobulinas diferentes, para detectar moléculas diferentes. Tomando fotografías tras cada excitación y superponiendo dichas imágenes podemos averiguar si las moléculas se expresan, por ejemplo, en la misma célula.

## TEJIDO EPITELIAL

### CONCEPTO DE TEJIDO EPITELIAL.

Constituye una agrupación de células yuxtapuestas unidas por escasa sustancia fundamental intercelular. Es un tejido avascular (a excepción de la estría vascular del órgano de Corti, generalmente su nutrición tiene lugar por difusión a partir de los capilares situados en el tejido de sostén) y aneural (aunque pueden llegar a él terminaciones nerviosas). Inherente al tejido aparece una lámina basal de naturaleza proteica compleja, que es sintetizada por las propias células epiteliales y que constituye una frontera entre el tejido epitelial y el tejido subyacente.

El tejido epitelial procede mayoritariamente del endodermo y del ectodermo. Las células epiteliales se relacionan entre si por medio de complejos de unión y al tejido subyacente mediante hemidesmosomas. En el citoplasma presentan filamentos intermedios, tonofilamentos y tonofibrillas que constituyen el citoesqueleto celular. Las células del tejido epitelial presentan una alta tasa de recambio celular, relacionada directamente con su localización y función

Entre las funciones del tejido epitelial se encuentran:

- Protección y revestimiento
- Transporte transcelular
- Permeabilidad selectiva
- Secreción
- Absorción
- Recepción de sensaciones

## TIPOS Y CLASIFICACIÓN DE EPITELIOS.

### TEJIDO EPITELIAL DE REVESTIMIENTO

Su principal función es la de cubrir o revestir las superficies externas, como la piel, e internas, como la de los aparatos digestivo, urogenital y respiratorio, las cavidades torácica y abdominal y las luces vasculares. Además, también pueden realizar otras funciones como las de absorción y/o secreción (por ejemplo, epitelios renal e intestinal) o de transporte de sustancias (epitelios de revestimiento de vasos sanguíneos). Según estén formados por una o varias capas celulares pueden clasificarse en simples o estratificados. Ambos tipos, según la forma que presentan las células más externas se pueden subdividir en planos, cúbicos y cilíndricos. Además de éstos existen dos tipos de epitelios que reciben una denominación especial atendiendo a sus características: pseudoestratificado y de transición.

### EPITELIOS SIMPLES

#### **Epitelio simple plano**

Compuesto por una delgada capa de células aplanadas o poligonales fuertemente unidas que presentan una prominencia central ocupada por el núcleo, que es esférico u ovalado. El citoplasma es delgado y casi imperceptible con el microscopio óptico y con escasos organelos celulares. Revisten: Vasos sanguíneos y linfáticos (se denominan endotelios), Alvéolos pulmonares, Porción delgada del asa de Henle y cápsula de Bowman del riñón, Cavidades pleural y peritoneal (se denominan mesotelios).

#### **Epitelio simple cúbico**

Compuesto por una capa de células poliédricas bajas que en los cortes histológicos se muestran con morfología cúbica y que presentan un núcleo redondeado en posición central. Hay polarización de organelos citoplasmáticos, situándose el complejo de Golgi en la región supranuclear y el RER en la región basal. Ampliamente distribuidos, revisten superficies como: Conductos secretores de diversas glándulas, Túbulos contorneados renales, Epitelio pigmentario de la retina, Epitelio germinal del ovario, Túbulos rectos testiculares.

### **Epitelio simple cilíndrico**

Compuesto por una capa de células poliédricas altas en las cuales la altura predomina con respecto a la anchura. El citoplasma es acidófilo y el núcleo es ovalado y situado generalmente en el tercio basal del citoplasma y los organelos presentan la misma polarización que en el epitelio simple cúbico. Las células se disponen en empalizada. Presentan abundantes microvellosidades en el borde apical (ribete en cepillo en el epitelio intestinal o chapa estriada en los túbulos contorneados renales) y pueden presentar también abundante cilios y estereocilios. Ampliamente distribuidos, revisten superficies como: Tubo digestivo a partir del estómago, Mucosa de la vesícula biliar, Conductos de glándulas, Trompas uterinas.

Existen epitelios simples cilíndricos mucosos caracterizados porque sus células (células mucíparas) producen mucina (sustancia de naturaleza glucoproteica) y son característicos del revestimiento de las porciones glandulares del estómago. Son células de citoplasma claro, PAS positivo y núcleo ovoide. Los organelos se sitúan en la porción basal y la apical está ocupada por numerosas vesículas poco electrodensas que contienen la mucina.

## **EPITELIOS ESTRATIFICADOS**

Tienen una función de protección y recubren superficies que contactan con el exterior o con sustancias más o menos irritantes o traumáticas. Presentan varias capas de células y se denominan según la morfología de la capa más externa.

### **Epitelio estratificado plano**

Un ejemplo de este tipo de tejido es la piel que presenta diferentes capas:

- Estrato basal: es el más profundo y está compuesto por una o varias capas de células basófilas (presentan numerosos ribosomas) con morfología entre cúbica y cilíndrica. Escasos organelos citoplasmáticos y alta actividad mitótica.
- Estrato espinoso: se sitúa sobre el estrato basal y está compuesto por varias capas de células poligonales acidófilas que presentan numerosos desmosomas y filamentos intermedios de citoqueratina, mostrando las células una imagen muy característica a manera de espinas que le da

nombre esta capa. Las uniones desmosómicas se disponen como puentes intercelulares que dejan entre ellos espacios intercelulares que se interconectan, constituyendo los denominados canales interfaciales, que tienen la función de nutrir las células epiteliales.

-Estrato granuloso: situado sobre el estrato espinoso, está formado por células aplanadas que contienen numerosos gránulos basófilos de queratohialina (precursores de la queratina) e inclusiones de glucógeno. Los núcleos aparecen picnóticos, presentan escasos organoides citoplasmáticos y los canales interfaciales se pierden parcialmente.

-Estrato lúcido: sobre el estrato granuloso y compuesto por células aplanadas con depósitos de queratina que le dan una imagen acidófila y homogénea. Las células todavía presentan núcleos y pueden observarse fenómenos de picnosis y cariorrexis en las áreas más externas.

-Estrato córneo: es el más externo y está compuesto por células anucleadas planas dispuestas a modo de escamas. Este tipo de epitelio puede ser no queratinizado o queratinizado. El epitelio estratificado plano no queratinizado se caracteriza porque las células de la capa más superficial están nucleadas. Este tipo de epitelio aparece en la cavidad oral, faringe, esófago de algunas especies y cuerdas vocales. El epitelio estratificado plano queratinizado se caracteriza porque aparece una capa de queratina superficialmente. La queratina proporciona a estos tipos de epitelios resistencia a la fricción y los hace poco permeables al agua. Este tipo de epitelio se localiza en la epidermis, papilas linguales, mucosa de los carrillos, paladar duro y esófago de algunas especies.

### **Epitelio estratificado cúbico y cilíndrico**

Compuesto por dos o más capas de células donde la capa más externa presenta morfología cúbica (estratificado cúbico) o cilíndrica (estratificado cilíndrico). Las células basales (estrato germinativo) son más o menos esféricas, basófilas y menores que el resto de células del epitelio. Se localizan revistiendo los conductos de glándulas salivales y sudoríparas y en algunas zonas de transición de un epitelio a otro.

## EPITELIOS ESPECIALES

Se caracterizan porque en los cortes histológicos aparecen como si tuviesen varias capas de células, pero realmente todas las células del epitelio contactan con la membrana basal.

### **Epitelio pseudoestratificado**

Su nombre se debe a que tiene una apariencia de epitelio estratificado porque los núcleos aparecen en dos o más niveles, aunque se trata de un epitelio simple donde todas las células apoyan en la membrana basal. Las células más altas, que llegan a la superficie, presentan una morfología más o menos cilíndrica con una base estrecha y se ensanchan en la región apical, mientras que las células más bajas suelen tener forma triangular. En la zona basal del epitelio aparecen células esféricas o triangulares que son las células germinales. Este tipo de epitelio presenta normalmente cilios y células caliciformes y reviste la mucosa de la región olfatoria y respiratoria de la cavidad nasal, tráquea, bronquios y la trompa de Eustaquio. Al ser un tipo de epitelio que se localiza sobre todo en la mucosa respiratoria se le denomina también epitelio respiratorio.

### **Epitelio de transición**

Este epitelio aparenta ser un epitelio estratificado bajo. Presenta entre 3 y 10 capas de células, según el contenido del órgano. En este epitelio la mayoría de las células descansan sobre la membrana basal a través de numerosas invaginaciones, aunque hay células que no contactan, se trata de las células superficiales, que son normalmente binucleadas y que se adaptan a la superficie según la función del órgano que tapizan. En general, según la función del órgano, el epitelio puede disminuir el número de capas y por el contrario, aumentar la superficie citoplasmática de sus células. Se localiza en las vías urinarias (se le denomina también epitelio urinario) y en algunas zonas de cambio de un epitelio a otro.

## TEJIDO EPITELIAL GLANDULAR

Está conformado por células epiteliales capaces de sintetizar y secretar diversas sustancias al medio externo sin que éstas formen parte del propio tejido. Estas células epiteliales se asocian y constituyen estructuras más complejas denominadas glándulas.

Estos epitelios están especializados en la secreción de sustancias que protegen o estimulan otras células o hidrolizan compuestos orgánicos. Las sustancias producidas son generalmente acumuladas en el citoplasma en forma de gránulos de secreción y pueden tener una composición muy diferente (proteínas, lípidos o complejos glucoproteicos).

Las glándulas pueden clasificarse de diversas maneras. Así, según el lugar donde es vertida la secreción se clasifican en:

- Glándulas exocrinas: son aquellas que vierten su contenido al exterior (superficies externas o a una luz que tenga contacto con el exterior (sistema digestivo, genitourinario o respiratorio).
- Glándulas endocrinas: vierten su contenido hacia la sangre.

También se pueden clasificar según el número de células que componen las glándulas, así se encuentran las glándulas unicelulares cuando la célula es una glándula en sí misma (células caliciformes) y pluricelulares o multicelulares cuando están formadas por varias células. Estas glándulas multicelulares a veces, constituyen el parénquima de órganos especializados en la secreción (glándulas parótida y submandibular, adenohipófisis, tiroides, hígado).

## TEJIDO CONECTIVO

Es un tejido de origen mesodérmico que proporciona soporte estructural y metabólico al resto de tejidos. Está constituido por células y matriz extracelular (sustancia fundamental). La sustancia fundamental incluye diversos tipos de fibras y una sustancia fundamental no configurada o amorfa, dispuesta a modo de gel. Las células del tejido conectivo pueden dividirse según sus funciones básicas en:

- Células responsables de la síntesis y mantenimiento del material extracelular: fibroblasto y fibrocito.
- Células responsables del metabolismo y almacenamiento de grasa: adipocitos.
- Células con funciones defensivas e inmunitarias: mastocitos o células cebadas, macrófagos tisulares o histiocitos y leucocitos sanguíneos.

Las funciones principales del tejido conectivo son: Soporte estructural: cápsulas y trabéculas de órganos; Transporte de sustancias que son vehiculadas por sangre; Almacenamiento de sustancias: grasa; Protección biológica (procesos inmunitarios) y mecánica (amortiguación de presiones); Regulación térmica (mantenimiento del equilibrio frío-calor) y Reparación, procesos inflamatorios y cicatrización.

La sustancia fundamental configurada está constituida por fibras de proteínas de tres tipos: colágenas, reticulares y elásticas.

La sustancia fundamental amorfa está constituida por un material transparente y amorfo a modo de gel semilíquido que rellena el espacio entre las células y las fibras. Está formado por glucosaminoglucanos, proteoglucanos y glucoproteínas estructurales, y además, agua, electrolitos, hormonas y gases. Está producida por los fibroblastos, osteoblastos y condroblastos.

Los glucosaminoglucanos son polisacáridos largos, no flexibles y sin ramificaciones que están compuestos de unidades repetidas de disacáridos. Uno de los disacáridos repetitivos es un

aminoazúcar y el otro un ácido urónico. Los principales glucosaminoglucanos del tejido conectivo son: condroitín sulfato, queratán sulfato, heparán sulfato, dermatán sulfato y el ácido hialurónico.

Los proteoglucanos son macromoléculas integradas por glucosaminoglucanos sulfatados que forman enlaces covalentes con proteínas. Entre sus funciones están: rellenar espacios en el tejido conectivo resistiendo la compresión y regulando el movimiento de moléculas y células en los espacios intercelulares; jugar un papel importante en las señales químicas entre células; unirse y regular la actividad de las proteínas secretadas; servir de almacenamiento y control del volumen de agua y electrolitos del tejido y mantener el estado de gel del tejido conectivo para permitir el tránsito de moléculas y células e impedir el desplazamiento rápido de agentes invasores, bien sean biológicos o físico-químicos.

Las glucoproteínas estructurales comprenden dos moléculas formadoras de fibrillas: la fibrilina y la fibronectina y otras proteínas no filamentosas: laminina, entactina y tenascina. Su principal función es el mantenimiento de la adhesión de las células a la matriz extracelular o a su sustrato y también juegan un papel importante en crecimiento, diferenciación, migración y ordenación del citoesqueleto celular.

#### Células del tejido conectivo

Las células del tejido conectivo pueden agruparse de una manera general en células fijas o residentes y células libres o transitorias. Las células fijas son una población más o menos estable con un ciclo vital largo e incluye las células mesenquimatosas, fibroblastos, fibrocitos, células reticulares, células adiposas, pericitos, mastocitos y macrófagos. Las células libres son una población cambiante de células que se desplazan a través de la sustancia fundamental. Se originan en los órganos hematopoyéticos, circulan por sangre y son las células plasmáticas, linfocitos, leucocitos globulares y leucocitos polimorfonucleares. Los melanocitos son un tipo especial de células móviles pero que tienen un origen ectodérmico.

## VARIEDADES DEL TEJIDO CONECTIVO

Los tejidos conectivos se clasifican según la proporción de células y sustancia fundamental, de tal manera que la denominación de las variedades refleja la organización estructural de sus componentes. Por lo tanto se clasifican en los siguientes grupos:

### I. Tejido conectivo embrionario

- Tejido conectivo mesenquimatoso
- Tejido conectivo mucoso

### II. Tejido conectivo propiamente dicho:

- Tejido conectivo laxo o areolar
- Tejido conectivo denso
  - Tejido conectivo denso regular o modelado
  - Tejido conectivo denso irregular o no modelado

### III. Tejido conectivo especializado

- Tejido reticular
- Tejido adiposo
- Tejido pigmentario
- Tejido cartilaginoso
- Tejido óseo
- Sangre

## TEJIDO ÓSEO

Es un tipo de tejido conectivo caracterizado porque la sustancia fundamental extracelular se encuentra calcificada, lo que le confiere gran dureza. Morfológicamente, presenta ciertas similitudes con el tejido cartilaginoso ya que ambos están constituidos por células rodeadas por una matriz extracelular amorfa, las células del hueso, denominadas osteocitos, están localizados en unos espacios denominados osteoplastos o lagunas óseas y todo el conjunto se encuentra rodeado por una capa de tejido conectivo denominada periostio.

Las funciones del tejido óseo son:

- Sostén: es el lugar de fijación de músculos y tendones.
- Protección: de órganos vitales de la cabeza y cavidad torácica.
- Regulación de la calcemia: es un depósito de calcio.

Existen dos variedades de tejido óseo atendiendo a sus características macroscópicas: tejido óseo compacto y tejido óseo esponjoso o laminar. El tejido óseo compacto está formado por una masa ósea compacta sin espacios. Se encuentra en la porción más externa de todos los huesos y en la mayor parte de la diáfisis de los huesos largos. El tejido óseo esponjoso está constituido por finas trabéculas que se entrecruzan dando lugar a un entramado en forma de red, cuyos espacios están intercomunicados y albergan la médula ósea. Este tipo de tejido óseo lo encontramos en la porción central de los huesos planos y en las epífisis de los huesos largos.

Las células del tejido óseo son: células osteogénicas, osteoblastos, osteocitos y osteoclastos. La matriz ósea está constituida por dos componentes: orgánicos e inorgánicos, los componentes orgánicos están representados en un 90% por fibras de colágeno (principalmente tipo I), proteoglucanos, glucosaminoglucanos, glucoproteínas, osteonectina (mantiene unidas las fibras de colágeno con la porción mineral del hueso) y osteocalcina (fija el calcio a la matriz ósea). Las fibras de colágeno le confieren al hueso cierto grado de elasticidad y resistencia a las fuerzas de tensión. Los componentes inorgánicos están constituidos en su mayor parte por depósitos de fosfato cálcico cristalino (hidroxiapatita) y además, contiene iones como magnesio, sodio, potasio, citrato y carbonato, este componente le confiere dureza al hueso.

El periostio es una capa de tejido conectivo muy vascularizado que cubre al hueso en toda su totalidad, a excepción de las superficies articulares. La parte más externa está constituida por una gruesa capa de tejido conectivo denso que se denomina capa fibrosa. La capa más interna es más delgada, está constituida por células osteogénicas y se denomina capa osteogénica.

El endostio está constituido solamente por una capa de células osteogénicas planas que participan, junto con la capa osteogénica del periostio, en la reparación de las fracturas óseas.

La unidad funcional del tejido óseo es la osteona o sistema de Havers, el cual está constituido por un conducto central o de Havers, que contiene en su interior capilares sanguíneos, vasos linfáticos, fibras nerviosas y tejido conectivo. El sistema de Havers es la unidad anatómica y funcional del tejido óseo está constituido por un canal de Havers, alrededor del cual se agrupan laminillas con lagunas conteniendo células óseas, ya sean osteocitos u osteoblastos, este sistema es característico del hueso compacto.

El hueso crece solamente por aposición, ya que los osteocitos no tienen capacidad de dividirse, no habiendo posibilidad de que haya crecimiento interno, por lo que el hueso crece sólo en determinados puntos de su superficie en los que hay células osteogénicas, las cuales pueden dividirse y dar lugar a nuevas células osteogénicas y a otras que se diferencian a osteoblastos y producen matriz ósea, y así sucesivamente, dando lugar a nuevas capas de tejido óseo. Con la formación de una nueva capa de tejido óseo se forman nuevos canalículos que interconectan a los osteocitos y se incorporan nuevos capilares para nutrir y llevar oxígeno a las zonas recién formadas. En la formación del hueso, además de la adición de nuevo tejido osificado, se produce un fenómeno contrario, la eliminación de tejido óseo de zonas donde no es necesario por parte de los osteoclastos, dando lugar a la reabsorción y remodelación ósea. Inducido por el mecanismo de la remodelación, en determinadas zonas se produce la transformación de tejido óseo esponjoso a compacto.

## **TEJIDO CARTILAGINOSO**

El tejido cartilaginoso, o cartílago, es un tipo de tejido conectivo especializado, elástico, carente de vasos sanguíneos, formados principalmente por matriz extracelular y por células dispersas denominadas condrocitos. La matriz extracelular es la encargada de brindar el soporte vital a los condrocitos. Los cartílagos sirven para acomodar las superficies de los cóndilos femorales a las cavidades glenoideas de la tibia, para amortiguar los golpes al caminar y los saltos, para prevenir el desgaste por rozamiento y, por lo tanto, para permitir los movimientos de la articulación. Es una estructura de soporte y da cierta movilidad a las articulaciones.

Hay tres tipos de cartílago en el organismo: hialino, elástico y fibrocartílago. El cartílago hialino se encuentra rodeando a la mayoría de los huesos en las articulaciones, los anillos de la tráquea o el cartílago de la nariz, entre otros. El cartílago elástico contiene una gran cantidad de fibras elásticas, lo que le confiere la capacidad para estirarse sin romper su estructura, y se encuentra en ciertos lugares como epiglotis, canal auditivo y pabellón auditivo. El fibrocartílago se encuentra en lugares como los discos intervertebrales y ciertos lugares de inserción del tendón al hueso.

## **TEJIDO MUSCULAR**

El tejido muscular es un tejido muy especializado constituido por células que contienen gran cantidad de proteínas contráctiles que le dan la capacidad de contraerse de forma coordinada en una determinada dirección para producir un movimiento. Las células musculares reciben el nombre de fibras musculares o miofibras, y se disponen de forma paralela constituyendo fascículos de fibras orientadas en el sentido de la contracción.

El tejido muscular se divide en dos tipos: estriado y liso. Las células del músculo estriado presentan unas bandas perpendiculares al eje longitudinal celular cuando se observan al microscopio. El tipo estriado se subdivide en músculo esquelético y en músculo cardíaco. Estas bandas transversales no aparecen en el músculo liso.

Músculo estriado voluntario o esquelético: Insertado en cartílagos o aponeurosis, que constituye la porción serosa de los miembros y las paredes del cuerpo. Está compuesto por células "multinucleadas" largas y cilíndricas que se contraen para facilitar el movimiento del cuerpo y de sus partes. Sus células presentan gran cantidad de mitocondrias. Las proteínas contráctiles se disponen de forma regular en bandas oscuras (principalmente miosina pero también actina) y claras (actina)

Músculo cardíaco: Se forma en las paredes del corazón y se encuentra en las paredes de los vasos sanguíneos principales del cuerpo. Deriva de una masa estrictamente definida del mesenquima esplácnico, el manto mioepicárdico, cuyas células surgen del epicardio y del miocardio. Las células de este tejido poseen núcleos únicos y centrales, también forman uniones terminales altamente especializadas denominadas discos intercalados que facilitan la conducción del impulso nervioso.

Músculo liso involuntario: Se encuentra en las paredes de las vísceras huecas y en la mayor parte de los vasos sanguíneos. Sus células son fusiformes y no presentan estriaciones, ni un sistema de túbulos. Son células mononucleadas con el núcleo en la posición central

## **TEJIDO ADIPOSO**

Especializado en el almacenamiento de grasas como reserva energética. El tejido adiposo es capaz de acumular esta fuente energética con poco peso y poco volumen. Tejido con altísima actividad metabólica. Lleva a cabo otras funciones como el modelaje del cuerpo, la amortiguación (almohadillas felinas) o aislante térmico.

Los adipocitos se disponen formando lóbulos que están separados unos de otros mediante septos de tejido conectivo irrigados por vasos sanguíneos. Las imágenes de microscopía muestran a los adipocitos como células huecas, con el citoplasma y el núcleo formando una banda estrecha en las proximidades de la membrana citoplasmática. Ello es debido a que los lípidos que contienen

son eliminados con los solventes orgánicos empleados en el procesamiento del tejido para su observación.

Hay dos tipos de tejido adiposo: el formado por grasa blanca, cuyos adipocitos presentan una gran gota de lípidos, y el formado por grasa parda, con adipocitos formados por numerosas gotas de lípidos. El primero está presente en todos los animales mientras que el segundo es frecuente en los animales hibernantes y en los fetos de los mamíferos.

## **APARATO RESPIRATORIO**

La función del aparato respiratorio es captar el oxígeno del aire y pasarlo a la sangre a través de la cual es transportado por los eritrocitos a los diferentes territorios orgánicos, al tiempo que el CO<sub>2</sub> originado en el catabolismo tisular es transportado para su eliminación por el aire. Por ello, en el sistema respiratorio se diferencian dos porciones: la porción conductora y la porción respiratoria. La primera está constituida por las vías de conducción aérea encargadas de transportar el aire hasta la porción respiratoria situada en el pulmón, donde tiene lugar el intercambio gaseoso entre el aire y la sangre.

La porción conductora se extiende desde la cavidad nasal hasta las últimas ramificaciones de los bronquiolos ya dentro del parénquima pulmonar, pudiéndose dividir esta porción en dos: vías aéreas extrapulmonares e intrapulmonares. Las primeras se extienden desde la cavidad nasal hasta la bifurcación de la tráquea en los bronquios principales que se introducen en el parénquima pulmonar, e incluyen además los senos nasales y paranasales, conectados con la cavidad nasal, la nasofaringe, las bolsas guturales y la laringe. Todas estas porciones se caracterizan por presentar la estructura de un órgano hueco, cuya luz está revestida por una mucosa denominada respiratoria.

La mucosa respiratoria está revestida por un epitelio pseudoestratificado cilíndrico ciliado con células caliciformes, células cilíndricas no ciliadas y entre las células basales, células neuroendocrinas, secretoras de proteínas con actividad hormonal y que forman parte del sistema endocrino difuso. El epitelio descansa sobre una lámina propia submucosa de tejido conectivo

laxo y tejido linfoide difuso y nodular, que puede constituir agregados. Este epitelio permite que las partículas nocivas que penetran con el aire queden retenidas en la secreción mucosa de las glándulas que es eliminada gracias al movimiento ascendente que procuran los cilios, evitando que penetren en la porción respiratoria.

La faringe comunica las cavidades oral y nasal con la laringe. Actúa como zona de resonancia durante la emisión de sonidos. La laringe comunica a la faringe con la tráquea y, además de ser una estructura conductora de aire, es el órgano de la fonación puesto que contiene las cuerdas vocales, su pared está constituida por los cartílagos laríngeos, fundamentalmente de naturaleza elástica, unidos entre sí y a la tráquea por ligamentos y músculos estriados. Internamente, la mucosa que los reviste, que puede ser tegumentaria o respiratoria, forma dos pliegues que estrechan la luz del órgano (cuerdas vocales) entre las que queda una depresión que se denomina ventrículo laríngeo.

La tráquea es una estructura tubular que empieza en la laringe y termina en la zona torácica donde se ramifica en dos conductos denominados bronquios principales o primarios. La tráquea está formada por una mucosa compuesta por epitelio pseudoestratificado ciliado y una lámina propia de tejido conectivo con muchas fibras elásticas. Más externamente está la submucosa que es tejido conectivo en el que aparecen las porciones secretoras de algunas glándulas con acinos fundamentalmente mucosos, aunque algunos son mixtos. Bajo la submucosa se encuentra cartílago hialino formando anillos incompletos, los cuales se distribuyen a lo largo de la tráquea. Entre los extremos de las semilunas pueden observarse células musculares. El cartílago aporta rigidez y elasticidad a la tráquea. La adventicia limita al cartílago en su parte externa.

Los bronquios principales son las dos primeras ramas de la tráquea. éstos se ramifican a su vez en los bronquios secundarios y en los broncopulmonares, según los lóbulos en que se divide cada pulmón. Los bronquios tienen la misma estructura histológica que la tráquea, pero cuando estos entran en los pulmones los anillos de cartílago se sustituyen por placas irregulares de cartílago. A medida que van disminuyendo su diámetro, consecuencia de las sucesivas ramificaciones, el cartílago se hace más escaso. También aumenta la capa de muscular liso. Cuando se aproximan al milímetro de diámetro el cartílago ya no se observa y entonces a los conductos se les llama bronquiolos.

Los bronquiolos dan lugar a los bronquiolos terminales, y éstos últimos a los alvéolos pulmonares. En los bronquiolos se da la transición del epitelio pseudoestratificado a simple, que cambiará de simple cilíndrico a cúbico, hasta llegar a los alveolos donde es simple plano. Las células caliciformes son muy escasas en los bronquiolos y no aparecen en los bronquiolos terminales.

Los alveolos son la zona terminal de la cavidad aérea del aparato respiratorio. En ellos se produce el intercambio de gases. Están formados por un epitelio simple plano y rodeados por capilares sanguíneos. Los alveolos comunican su interior con los espacios alveolares o con conductos alveolares cuyas paredes también están formadas por alveolos. Estas estructuras se comunican con los bronquiolos.

## **APARATO DIGESTIVO Y GLÁNDULAS ANEXAS**

El aparato digestivo es un órgano membranoso encargado de transportar, degradar y absorber las sustancias alimenticias ingeridas por los animales para su nutrición. Está compuesto por: Cavidad bucal, Faringe, Esófago, Estómago, Intestino, Glándulas anexas (salivales, hígado, páncreas).

Estructura general de todos los órganos tubulares del sistema digestivo:

Mucosa: la capa más próxima a la luz. Compuesta por un epitelio especializado según las distintas funciones de cada parte, una lámina propia constituida por una fina capa de tejido conectivo y por la muscular de la mucosa, compuesta por una o más finas capas de músculo liso. En algunos órganos se encuentran glándulas.

Submucosa: es una capa de tejido conectivo que puede contener glándulas. En órganos sin muscular de la mucosa, la lámina propia y la submucosa se unen formando la lámina propia submucosa, sin una clara demarcación.

Muscular: generalmente existen dos capas de tejido muscular. La más interna las fibras están orientadas de manera circular y en la más externa de manera longitudinal.

Serosa: la capa más externa, constituida por tejido conectivo con un revestimiento de mesotelio. Los órganos incluidos dentro de cavidades están rodeados de serosas, mientras que los que están fuera carecen de mesotelio y el tejido conectivo llamado adventicia se continua con la fascia que lo rodea.

La estructura general de la cavidad bucal es:

- Mucosa: epitelio estratificado plano con un grado variable de queratinización.
- Propia submucosa: glándulas mucosas, serosas y mixtas.
- Músculo esquelético o hueso.

La lengua es un órgano muscular recubierto por una mucosa, importante en la aprehensión, masticación y deglución del alimento. La lámina epitelial está formada por un epitelio estratificado plano con distinto grado de queratinización. En la superficie dorsal el epitelio es más grueso y queratinizado que en la superficie ventral y presenta papilas macroscópicas de diferente tipo: filiformes, cónicas, lenticulares, fungiformes, foliáceas y circunvaladas.

Los dientes son estructuras mineralizadas ubicadas en la cavidad oral que sirven para aprehender, cortar y aplastar el alimento. Se encuentran insertados en una cavidad ósea denominada alvéolo. Están compuestos por una porción mineralizada constituida por dentina, esmalte y cemento y por la cavidad de la pulpa, la cual contiene una parte central de tejido conectivo, vasos sanguíneos y nervios.

Las glándulas salivales Se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Glándulas salivales menores: se forman cuando el epitelio oral se invagina afectando a la zona de la propia submucosa y se denominan según su localización (labial, lingual, bucal y palatina).

- Glándulas salivales mayores: se forman cuando el epitelio oral se desarrolla junto con un estroma y un sistema tubular e incluyen las glándulas parótida, mandibular, sublingual, molar (gato) y cigomática (carnívoros).

La faringe es un órgano membranoso que enlaza la cavidad oral con el esófago y sirve de punto de unión entre las vías digestiva y respiratoria. Está compuesta por una túnica mucosa, una propia submucosa, una muscular y una adventicia.

La estructura histológica del esófago, estómago e intestino es similar y está formada por cuatro capas: la más interna es la mucosa, que consta de un epitelio que reviste el interior del tubo y que presenta variaciones morfológicas relacionadas con su función conductora, secretora o de absorción. Sea cual sea el tipo de epitelio, todos descansan sobre una lámina basal debajo de la cual se encuentra la segunda capa de la mucosa llamada lámina propia que es un almacén de tejido conjuntivo laxo, profundamente irrigado y con gran cantidad de células de defensa como son los macrófagos, células plasmáticas, linfocitos, etcétera. La mucosa está revestida por una capa de músculo liso llamada muscular de la mucosa, que permite los movimientos de la mucosa.

Externamente a la muscular de la mucosa se encuentra la túnica submucosa, que consta de un tejido conjuntivo denso irregular con gran cantidad de glándulas exocrinas, también llamadas glándulas submucosas exocrinas. Esta capa está muy irrigada por vasos sanguíneos, y además presenta una gran inervación nerviosa a cargo del plexo de Meissner que controla la motilidad de la mucosa y la secreción de las glándulas.

La submucosa está revestida por la túnica muscular, formada por músculo liso. La porción inicial del esófago presenta esta capa con fibras musculares estriadas entremezcladas. La túnica muscular se organiza en dos capas, una circular interna y otra longitudinal externa. Entre ambas se localiza un plexo nervioso neurovegetativo, el plexo de Auerbach, el cual controla el movimiento muscular permitiendo las contracciones peristálticas a lo largo del tubo digestivo.

La capa más externa del digestivo es la serosa o adventicia. Está formada por conjuntivo laxo con gran cantidad de células adiposas y establece el límite entre el tubo digestivo y las cavidades celómicas, uniéndose por su parte dorsal al mesenterio.

Dos grandes glándulas compuestas liberan su contenido al interior del tubo digestivo. Ambas utilizan el mismo conducto, el colédoco, que desemboca en el intestino delgado. El hígado secreta la bilis, que contiene, entre otros, ácidos biliares necesarios para la absorción de las grasas. El páncreas secreta de manera exocrina enzimas digestivas que ayudan a la digestión. Ambas glándulas poseen también una función endocrina, liberación de sustancias a la sangre, pero mientras que en el hígado es el propio hepatocito el que realiza tanto la función exocrina como endocrina, en el páncreas la función endocrina se localiza en los islotes de Langerhans.

## **APARATO GENITOURINARIO.**

El aparato genitourinario está formado por el aparato urinario y el aparato genital. Se los asocia en un mismo concepto porque tienen un origen común, el mesodermo intermedio.

## **SISTEMA EXCRETOR**

El sistema urinario humano es un conjunto de órganos encargados de la producción de orina mediante la cual se eliminan los desechos nitrogenados del metabolismo (urea, creatinina y ácido úrico), y de la osmorregulación. Su arquitectura se compone de estructuras que filtran los fluidos corporales (líquido celomático, hemolinfa, sangre). En los vertebrados la unidad básica de filtración es la nefrona o nefrón. El aparato urinario humano se compone, fundamentalmente, de dos partes que son:

- Los órganos secretores: los riñones, que producen la orina y desempeñan otras funciones.
- La vía excretora, que recoge la orina para expulsarla al exterior.

Está formado por un conjunto de conductos que son:

- Los uréteres que conducen la orina desde los riñones a la vejiga urinaria.
- La vejiga urinaria es una bolsa muscular y elástica en la que se acumula la orina antes de ser expulsada al exterior. En el extremo inferior tiene un músculo circular llamado esfínter, que se abre y cierra para controlar la micción (el acto de orinar).
- La uretra es un conducto que transporta la orina desde la vejiga hasta el exterior. En su parte inferior presenta el esfínter uretral, por lo que se puede resistir el deseo de orinar. La salida de la orina al exterior se produce por el reflejo de micción.

Los riñones están envueltos por una cápsula conjuntiva bajo la cual se encuentra la corteza renal, e internamente a ella se dispone la médula. En la médula se aprecian unas estructuras en forma de pirámides denominadas pirámides medulares. Los lóbulos renales están constituidos por unidades arquitectónicas y funcionales que se disponen entre la corteza y la médula y que se denominan nefronas. Entre ellas aparece tejido conectivo poco fibroso en el que se disponen vasos sanguíneos y linfáticos y nervios.

La unidad estructural y fisiológica del riñón es la nefrona. De hecho, el riñón está formado por numerosas repeticiones de esta estructura. La nefrona está formada por el corpúsculo renal que es donde se produce el primer filtrado de la sangre. Éste se encauza hacia el túbulo renal. Se pueden distinguir varios segmentos en el túbulo renal: túbulo proximal con su porción contorneada y su porción recta, un túbulo intermedio con su porción descendente y su porción ascendente, un túbulo distal con su porción recta y su porción contorneada y el túbulo de conexión. La porción recta del túbulo proximal, el túbulo intermedio y la porción recta del túbulo distal forman lo que se llama el asa de Henle.

La distribución de las nefronas y sus segmentos siguen un modelo muy organizado. Así, los glomérulos y la porción contorneada de los túbulos proximales y distales forman la corteza renal, mientras que el asa de Henle y finalmente el conducto colector le confieren una arquitectura típica a la médula, formando las pirámides renales. Los diferentes componentes de la nefrona se distribuyen entre la corteza y la médula de la siguiente manera:

- En la corteza se pueden diferenciar dos zonas, el laberinto cortical y los rayos medulares. El laberinto cortical lo constituyen los corpúsculos renales y los túbulos contorneados proximales y

distales. Los rayos medulares están constituidos por los túbulos rectos proximales y distales y los túbulos colectores.

- En la médula podemos diferenciar dos zonas, la externa y la interna. En la médula externa se localizan los túbulos rectos proximales y distales, los segmentos delgados y los túbulos colectores. En la interna se localizan los segmentos delgados y los túbulos colectores.

### Corpúsculo renal

Es la primera parte de la nefrona y donde tiene lugar el filtrado de la sangre. Tiene forma esférica y está compuesto por el glomérulo renal y la cápsula de Bowman. El glomérulo renal está constituido por una red de capilares fenestrados, que se derivan de una arteriola aferente y son drenados por una arteriola eferente, y un elemento celular sustentador denominado mesangio. La zona por donde entra la arteriola aferente y sale la eferente se denomina polo vascular.

La cápsula de Bowman presenta dos hojas o capas, una externa denominada parietal y otra interna denominada visceral. La capa visceral se continúa con la parietal a nivel del polo vascular. Ambas hojas están separadas por el espacio urinario o de Bowman, que se continúa con la luz del túbulo contorneado proximal. El área de glomérulo dirigida hacia la zona donde surge ésta estructura tubular se localiza en la parte opuesta al polo vascular y se denomina polo urinario.

La capa parietal la forma un epitelio simple plano sobre una gruesa membrana basal. La capa visceral está constituida por células epiteliales modificadas que recubren la superficie externa de la membrana basal de los capilares glomerulares. Estas células se denominan Podocitos y tienen forma estrellada. Separando los podocitos de las células endoteliales de los capilares fenestrados hay una gruesa membrana basal.

Presenta tres zonas de densidad variable: externa e internamente aparecen dos capas poco electrodensas denominadas lámina rara externa e interna, respectivamente. En el centro aparece una lámina más electrodensa denominada lámina densa. La lámina densa está compuesta por colágeno y laminina, y las láminas raras por fibronectina y heparán sulfato.

Los capilares glomerulares se caracterizan porque sus células endoteliales presentan escaso grosor y por la presencia de múltiples poros cerrados por diafragmas.

El mesangio es una especie de tejido conectivo formado por células mesangiales embebidas en una matriz que contiene fibronectina.

La barrera de filtración está compuesta por las ranuras de filtración (compuestas a su vez por las prolongaciones de los podocitos y la membrana de la hendidura), la membrana basal y el endotelio de los capilares fenestrados.

#### Túbulo proximal

Es el elemento de la nefrona de mayor longitud y está formado por los túbulos contorneado proximal y recto proximal. Está revestido por células cúbicas o cilíndricas bajas, que tienen un citoplasma acidófilo y un núcleo esférico situado entre las porciones central y basal. En su porción apical presentan numerosas microvellosidades que constituyen el ribete en cepillo.

#### Túbulo o segmento delgado

Proviene del segmento grueso y se continúa de una forma brusca, pasando a un epitelio simple plano, cuyas células presentan núcleos que sobresalen hacia una luz amplia, por lo que pueden confundirse con capilares. Estas células presentan menos organelos citoplasmáticos que las de los túbulos proximales, sus vellosidades son más cortas y las proyecciones baso-laterales de la membrana son menos llamativas.

El túbulo delgado, junto con las porciones rectas de los túbulos proximal y distal, forman el asa de Henle, donde se produce la reabsorción de parte del agua del filtrado glomerular ayudando a la producción de una orina hipertónica con respecto al plasma

#### Túbulo distal

Está formado por los túbulos recto distal y contorneado distal. El túbulo recto distal comienza a nivel de la medular externa y se dirige hacia la corteza, contactando con el polo vascular de su

correspondiente corpúsculo renal. Allí, conforma un grupo especializado de células denominado mácula densa, que forma parte del aparato yuxtaglomerular.

#### Túbulos colectores

Formando parte del sistema colector encontramos los túbulos colectores arqueados o arciformes, los túbulos colectores rectos y los tubos o conductos papilares.

#### Aparato yuxtaglomerular

Se localiza en el polo vascular del corpúsculo renal y es un complejo constituido por la mácula densa, las células yuxtaglomerulares y las células mesangiales extraglomerulares

#### Intersticio renal

Es el espacio que queda externamente a las membranas basales de los túbulos y los vasos sanguíneos. En él aparecen células fibroblásticas y fibras de colágeno. A nivel de la médula las células fibroblásticas pueden presentar gotas de lípidos en su citoplasma.

El sistema vascular renal es muy complicado. La arteria renal entra por el hilio y se ramifica profusamente hasta formar el ovillo glomerular. En el extremo de los glomérulos se forma la arteriola eferente que origina vasos rectos que irrigan la médula y se continúan con los vasos rectos venosos. Todos ellos se reúnen en venas cada vez de mayor calibre para salir al exterior del riñón por el hilio y en forma de vena renal.

Las vías urinarias están formadas por todos los conductos y órganos huecos que transportan o almacenan la orina. Están formadas por la pelvis renal, el uréter, la vejiga y la uretra. Todas ellas, a excepción de la porción medial y distal de la uretra, presentan en su pared una mucosa formada por un epitelio de transición (urotelio) caracterizado por su adaptación a los cambios de volumen que ocurren sobre todo en la vejiga y por un tejido conjuntivo subepitelial. Debajo de la mucosa se encuentra el tejido muscular liso y por último la capa adventicia que está formada por tejido conjuntivo.

La vejiga urinaria es un contenedor de la orina, en ella desembocan los uréteres procedentes de cada uno de los riñones y de ella sale la uretra. Posee una pared que tiene la capacidad de formar pliegues, cuando está vacía, y de distenderse cuando está llena.

Las vías urinarias presentan diferencias sexuales sobre todo a nivel de la uretra. Mientras que en la mujer la uretra es un conducto cuya misión es expulsar la orina al exterior, en el hombre además expulsa a los espermatozoides. Por eso se dice que es un conducto uroseminal. Esta diferente función marca la diferencia de longitud, 3-4 cm para las mujeres y 20-25 cm para los hombres. Además, existen diferencias en los tipos de epitelios que recubren su interior y glándulas asociadas.

## **SISTEMA REPRODUCTOR**

El sistema reproductor tiene múltiples funciones en los vertebrados, quizás la más importante es la producción de los gametos, células haploides especializadas en la transmisión de información genética. Los gametos masculinos se denominan espermatozoides y los gametos femeninos óvulos. La fusión de ambos o fecundación da lugar a una célula diploide llamada cigoto, la cual por divisiones mitóticas y diferenciación celular dará lugar a un organismo completo.

El sistema reproductor es diferente morfológicamente en machos y en hembras. Esta diferenciación se produce muy pronto durante el desarrollo embrionario y la formación de un sistema reproductor masculino o femenino condiciona la morfología posterior y adulta del individuo, mediante el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios como son desarrollo muscular, estructura ósea, vello, mamas, distribución de la grasa, comportamiento.

### Aparato reproductor femenino

Está formado por los ovarios, trompas, útero, glándulas accesorias, vagina y genitales externos. Sus funciones son la producción y transporte de ovocitos, el transporte de espermatozoides, la fecundación y alojar al feto hasta el nacimiento.

Los ovarios se consideran glándulas exocrinas (producen los ovocitos) y endocrinas (producen hormonas, principalmente estrógenos y progesterona). Son órganos pares, funcionales en las hembras sexualmente maduras. Presentan dos partes sin separación evidente entre ambas, la externa o corteza y la interna o médula. La corteza presenta un epitelio de superficie plano o cúbico denominado epitelio germinal. A nivel del hilio ovárico, el epitelio se continúa con el mesotelio del repliegue peritoneal. Debajo del epitelio aparece una capa de tejido conectivo fibroso no modelado denominada túnica albugínea y hacia el interior se dispone un tejido conectivo laxo y aparecen los ovocitos (células primordiales femeninas) y los folículos en diferentes fases de evolución. La médula está constituida por tejido conectivo laxo con fibras musculares lisas y numerosos vasos sanguíneos (grandes y arrollados), vasos linfáticos y nervios. En humanos cada ovario está unido a la superficie posterior del ligamento ancho del útero a través de un pliegue de peritoneo denominado mesoovario. La parte superior del ovario está fijada mediante el ligamento lumboovárico a la pared de la pelvis. Por este ligamento también viajan los nervios y vasos sanguíneos que irrigan el ovario. La parte inferior está unida al útero mediante el ligamento ovárico.

Los ovocitos se generan a partir de las oogonias, las células germinales femeninas, durante el periodo embrionario. Estas células se originan antes de que se formen las crestas gonadales durante el periodo embrionario. Inicialmente se dividen por mitosis alcanzando en humanos un número de unos 5 a 7 millones durante el periodo fetal. A los seis meses tras la fecundación se detiene la proliferación y las oogonias comienzan la meiosis convirtiéndose inicialmente en oocitos primarios. La meiosis se detiene en la profase meiótica I, antes de la primera división meiótica. Durante la profase I los oocitos se localizan en la corteza, donde permanecen hasta que comienza su proceso de maduración. La meiosis sólo se reiniciará en aquellos oocitos que vayan a ser ovulados. Es interesante destacar que la segunda división meiótica en humanos sólo se produce tras la fecundación.

Los folículos ováricos crean el ambiente para el desarrollo de los oocitos. El tamaño de un folículo ovárico es indicativo del estado de desarrollo del oocito. Hay tres tipos de folículos ováricos: primordiales, en crecimiento y maduros o de Graaf. Cuando las células somáticas se han desprendido del oocito se convierten en el cuerpo lúteo. Producirán progestágenos y

estrógenos que estimularán las paredes del útero para el implante. Si no hay fecundación, el cuerpo lúteo degenera varios días después de la ovulación. Si hay fecundación el cuerpo lúteo crece en tamaño y producirá progestágenos y estrógenos, principalmente durante las primeras semanas del embarazo.

Los óvulos liberados durante la ovulación son recogidos por las trompas de Falopio, también llamadas trompas uterinas u oviductos, y conducidos hasta la cavidad del útero. En humanos miden entre 10 y 12 cm. Hay dos trompas, una por cada ovario y en ellas se produce la fecundación y parte del desarrollo embrionario temprano, aproximadamente hasta el estado de blastocisto. Los espermatozoides han de hacer un largo recorrido: la distancia del útero y subir por las trompas de Falopio hasta encontrarse con el óvulo para realizar la fecundación. Los oviductos están constituidos por tres regiones: infundíbulo, ampolla e istmo, con una estructura histológica muy parecida. El infundíbulo tiene forma de embudo con bordes festoneados y largas prolongaciones digitiformes, denominadas fimbrias. La ampolla tiene una pared delgada, se localiza caudalmente al infundíbulo y presenta pliegues ramificados. El istmo es un segmento estrecho que se une al cuerno uterino. La mucosa está revestida por un epitelio simple cilíndrico o pseudoestratificado donde aparecen dos tipos celulares: unas células no ciliadas, que tienen actividad secretora y otras ciliadas, que mueven el producto secretado por las células glandulares para tapizar toda la superficie epitelial. Bajo el epitelio aparece una propia submucosa constituida por tejido conectivo laxo, mastocitos, eosinófilos y células plasmáticas. La túnica muscular está constituida por dos capas de músculo liso, una circular interna muy desarrollada y otra longitudinal externa más delgada y que a veces puede estar incompleta. Periféricamente aparece una serosa constituida por tejido conectivo laxo muy vascularizado y revestida por un mesotelio.

El útero es la parte de los conductos donde se produce la mayor parte del desarrollo embrionario en el caso de que se haya producido fecundación. Se localiza entre las trompas de Falopio y la vagina. En humanos mide unos 7.5 cm de longitud. Se divide en una porción superior denominada cuerpo y otra inferior o cérvix. La pared del útero es gruesa y la componen tres capas de tejidos: endometrio o mucosa del útero formada por epitelio simple prismático más tejido conectivo, miometrio o capa muscular gruesa que se continúa con la de las trompas de Falopio y perimetrio que es la envuelta peritoneal constituido por tejido conectivo laxo muy

vascularizado con fibras musculares lisas que aparece recubierto por un mesotelio. Las dos primeras capas, endometrio y miometrio sufren cambios durante los ciclos mensuales que conforman el ciclo menstrual. Si se produce fecundación el embrión invadirá estas capas y se formará la placenta. La placenta tiene dos componentes, uno de origen embrionario o corion y otro producido por el endometrio denominado decidua. La parte del cérvix posee una mucosa diferente a la del resto del útero porque posee unas glándulas que liberan contenidos más o menos viscosos dependiendo de la fase del ciclo menstrual, lo cual dificulta o facilita la entrada de los espermatozoides en la cavidad uterina.

Modificaciones histológicas del endometrio durante el ciclo sexual

Pueden diferenciarse tres fases:

Fase proliferativa: coincide con el crecimiento de los folículos ováricos y la secreción de estrógenos y se caracteriza por un aumento de grosor en el endometrio debido a la hipertrofia e hiperplasia de las glándulas y al alargamiento de las arterias helicineas.

Fase secretora: coincide con el periodo en el que el cuerpo lúteo es funcional y hay secreción de progesterona y se caracteriza porque el endometrio alcanza su máximo grosor y hay un desarrollo máximo de las glándulas y un alargamiento máximo de las arterias. En esta fase es en la que aparece el edema endometrial. Esta es la situación óptima para recibir al óvulo fecundado. Si eso no ocurre, se pasa a la siguiente fase.

Fase de involución: coincide con la desaparición de los estímulos hormonales y se caracteriza porque hay una disminución en el grosor del endometrio por una involución de glándulas y arterias, volviendo a la fase de reposo o preproliferativa. En el caso del mono y la mujer, esta fase es la fase menstrual, en la cual hay pérdida parcial de las estructuras del endometrio y una hemorragia producida por la rotura de las arterias.

El cuello o cérvix la mucosa y la submucosa forman pliegues primarios que presentan pliegues secundarios y terciarios. La mucosa está revestida por un epitelio simple cilíndrico en el que aparecen numerosas células caliciformes que producen moco durante el estro y la gestación. La lámina propia submucosa está compuesta por tejido conectivo denso que en el estro se edematiza y aparece más laxo. La capa muscular la componen dos capas de fibras musculares lisas, una

interna circular y otra externa longitudinal. En la interna aparecen fibras elásticas. Periféricamente aparece una serosa.

La vagina es el receptáculo del órgano sexual masculino y comunica la cavidad uterina con el vestíbulo vaginal, la zona localizada entre los dos labios menores. Está formada por una capa mucosa interna muy plegada, con un epitelio estratificado plano, normalmente no queratinizado. Internamente le sigue una capa muscular formada por dos estratos de músculo liso, uno interno circular y otro externo longitudinal. El longitudinal es mucho más grueso y se continúa con el del útero. Existen algunas fibras musculares estriadas en la zona de la entrada de la vagina. Por último existe una capa adventicia formada por una capa de conectivo laxo denso, seguida por conectivo laxo. La vagina no posee glándulas y su lubricación proviene de las glándulas que se encuentran en la cérvix, mientras que la lubricación externa se produce por glándulas situadas entre los labios vaginales.

#### Modificaciones histológicas de la vagina durante el ciclo estral

Durante el anestro, el epitelio vaginal está constituido por dos o tres capas de células cúbicas. Durante el proestro, debido a las concentraciones crecientes de estrógenos, el epitelio comienza a dividirse, constituyendo un epitelio estratificado plano con unas 16 capas de células. En las más basales se observa hiperplasia, hipertrofia y mitosis, mientras que las más superficiales se queratinizan. Conforme desciende la concentración de estrógenos, en el epitelio se incrementa el número de células queratinizadas que mueren y se desprenden, disminuyendo el número de células nucleadas. Durante el estro, el epitelio está constituido por unas 12-20 capas, de las cuales, las más superficiales están queratinizadas y se descaman. Hacia el final del estro y durante el metaestro, el epitelio y la propia-submucosa son infiltrados por gran cantidad de neutrófilos y el grosor disminuye hasta unas 3-6 capas. Hacia la mitad del metaestro, el epitelio se queda con tan solo dos capas y disminuye el infiltrado de neutrófilos.

El órgano sexual externo femenino se denomina vulva e incluye el monte de Venus, labios mayores, labios menores, clítoris y vestíbulo vaginal. El monte de Venus es una elevación redondeada formada por tejido adiposo subcutáneo. Los labios son pliegues cutáneos, los externos poseen folículos pilosos y músculo liso, y ambos tienen glándulas sudoríparas y

sebáceas. El clítoris es una estructura eréctil homóloga al pene y posee cuerpos cavernosos. El vestíbulo vaginal está revestido por epitelio estratificado plano con una gran cantidad de pequeñas glándulas mucosas y otras más complejas tubuloalveolares que desembocan en las proximidades de la abertura vaginal. Son las que producen la lubricación de la parte externa del órgano sexual femenino. Los genitales externos poseen una gran cantidad de terminaciones nerviosas como corpúsculos Meissner, de Pacini y terminaciones nerviosas libres.

#### Aparato reproductor masculino

El aparato reproductor masculino lo constituyen una serie de estructuras cuya misión es producir las células reproductoras masculinas (espermatozoides) y las hormonas responsables de los caracteres masculinos y la formación del semen y su posterior eyaculación. Está constituido por los testículos, un sistema tubular de almacenamiento y conducción, glándulas accesorias que participan en la formación del semen y el pene, órgano de la copulación.

Los testículos son órganos pares situados en el interior del escroto y son los responsables de la producción de gametos masculinos y de hormonas sexuales. Al ser una prolongación del peritoneo, el escroto contiene una capa doble de mesotelio entre las que se encuentra un líquido seroso secretado por las células mesoteliales que actúa de lubricante permitiendo la movilidad al testículo.

Cada testículo está rodeado por una envuelta de tejido conectivo denominada capa albugínea, que se divide en dos capas: una externa que está formada en su mayor parte por tejido conectivo fibroelástico denso, con algunas células musculares lisas, y una zona más interna rica en vasos sanguíneos denominada túnica vascular. En la parte posterior de cada testículo, la capa albugínea se engruesa para formar el mediastino testicular, desde el cual se emite hacia la parte anterior del testículo una serie de tabiques, denominados testiculares, que dividen al testículo en numerosos compartimentos con forma piramidal denominados lobulillos testiculares. Estos lobulillos se conectan unos con otros mediante discontinuidades de los tabiques testiculares y cada uno contiene entre 1 y 4 túbulos seminíferos, rodeados por conectivo laxo en donde se encuentran vasos sanguíneos, prolongaciones nerviosas y células intersticiales como las células de Leyding, que son las productoras de testosterona.

Los túbulos seminíferos están compuestos por un epitelio estratificado especializado, cuyas células desarrollan un proceso denominado espermatogénesis, por el cual se originan los espermatozoides. Este proceso se divide a su vez en otras dos fases: la espermatocitogénesis, durante la cual se originan las células del epitelio seminífero mediante procesos de mitosis y meiosis, y la espermiogénesis, que es la diferenciación que sufren las espermátidas para dar lugar a los espermatozoides. Están constituidos por una lámina propia, por las células de sostén o de Sertoli y por las células germinales. Confluyen en una red de tubos anastomosados e inmersos en el mediastino testicular denominada red testicular, también rete testis o red de Haller, y sus conductos están formados por epitelio cúbico simple.

De la parte superior de la red testicular surgen de 15 a 20 conductos eferentes que forman unos lóbulos denominados epididimarios o también conos eferentes, los cuales constituyen la mayor parte de lo que se conoce como cabeza del epidídimo. Los conductos eferentes van confluyendo hasta formar un solo conducto denominado conducto del epidídimo, que forma la mayor parte del cuerpo del epidídimo. Es un tubo muy contorneado donde se almacenan los espermatozoides. El epitelio del epidídimo es cilíndrico pseudoestratificado rodeado por una lámina basal y tejido conectivo, bajo la cual se encuentra una capa muy delgada con células musculares lisas que producen contracciones peristálticas. En los conductos eferentes también se observa esta capa de tejido muscular.

El conducto del epidídimo se transforma en conducto deferente, el cual transcurre desde el escroto hasta la región inguinal, recorriendo la pared lateral de la pelvis en dirección hacia la uretra. Es un conducto de paredes muy gruesas y una luz muy reducida. Está revestido por un epitelio pseudoestratificado bajo el cual hay una lámina propia muy delgada, y una submucosa poco delimitada. Externamente presenta una capa muscular muy desarrollada con tres capas de músculo liso. Una capa adventicia rodea a la capa muscular. Cerca de su terminación el conducto deferente forma una dilatación denominada ampolla.

El conducto eyaculador es un segmento terminal corto que ocupa el tramo que hay tras la ampolla del conducto deferente, atraviesa la próstata y desemboca en la uretra. Es un conducto formado por epitelio cilíndrico o pseudoestratificado.

Las glándulas accesorias están situadas en el trayecto del conducto deferente y la uretra, cuya secreción forma parte del semen. Su secreción favorece el movimiento, nutrición, longevidad y vigor de los espermatozoides. Forman parte de las glándulas accesorias las glándulas del conducto deferente o la ampolla, las glándulas seminales, la próstata y las glándulas bulbouretrales o de Cowper.

Las glándulas o vesículas seminales están rodeadas por una cápsula de tejido conectivo denso no modelado con fibras musculares lisas que emite trabéculas que la dividen en lóbulos y lobulillos, la porción glandular está constituida como un grueso túbulo contorneado, y a veces enrollado, que forma numerosos divertículos en su recorrido. El epitelio glandular es pseudoestratificado con células cilíndricas altas de citoplasma claro y vesiculoso, y otras células basales, pequeñas y esféricas.

La próstata presenta dos zonas: una porción externa o compacta, que está rodeando a la uretra prostática o cubre parte de la cara dorsal, y una porción interna o diseminada, localizada en la propia submucosa de la uretra prostática. Presenta una cápsula de tejido conectivo denso e irregular que contiene muchas fibras musculares lisas. Las porciones glandulares están rodeadas por un epitelio simple cilíndrico con dos tipos celulares: unas células con abundante RER, Golgi desarrollado y pequeños gránulos de secreción apicales, y otras células que contienen abundantes gránulos mucosos.

Las glándulas bulbouretrales, también llamadas glándulas de Cowper, son pequeñas y se encuentran posteriores a la uretra. Cada glándula bulbo-uretral es compuesta tubulo-alveolar cuyo conducto excretor desemboca en la uretra del pene. La parte secretora está formada por epitelio cúbico o cilíndrico, rodeado por tejido conectivo, donde se pueden encontrar fibras musculares esqueléticas, que emite prolongaciones a modo de tabique para separar los lobulillos de las glándulas. Su producto de secreción es fundamentalmente lubricante y se libera independientemente de la eyaculación.

El pene es el órgano reproductor masculino, está dividido en dos masas dorsales denominadas cuerpos cavernosos y una masa central denominada cuerpo esponjoso, donde se encuentra la uretra. Hay una capa de tejido conectivo que rodea a cada una de estas partes y además un tejido fibroelástico la túnica albugínea que las enlaza. Los cuerpos cavernosos son cavidades vasculares grandes anastomosadas que se llenan de sangre durante la erección. Externamente están recubiertas por musculatura lisa. La parte final del pene se denomina glándula y está bordeada por un repliegue de la piel denominada prepucio.

## TEJIDO SANGUÍNEO, HEMATOPOYESIS Y SISTEMA CIRCULATORIO

El sistema circulatorio está formado por los conductos por los que circula la sangre, que se agrupan en el denominado sistema cardiovascular, y por aquellos conductos, estructuras y órganos que forman el sistema linfático. El sistema cardiovascular conduce a la sangre y está formado por arterias, venas, capilares y por el corazón. El sistema linfático es más heterogéneo y está formado por los vasos linfáticos, los cuales conducen un fluido denominado linfa, por los ganglios linfáticos, además de por órganos tales como el bazo y el timo.

La sangre es un tejido conectivo líquido, que circula por capilares, venas y arterias de todos los vertebrados. Su color rojo característico es debido a la presencia del pigmento hemoglobínico contenido en los eritrocitos.

Es un tipo de tejido conjuntivo especializado, con una matriz coloidal líquida y una constitución compleja. Tiene una fase que incluye a los eritrocitos (o glóbulos rojos), los leucocitos (o glóbulos blancos) y las plaquetas, y una fase líquida, representada por el plasma sanguíneo. El plasma es amarillo transparente y está compuesto por un 90% de agua, 9% de proteínas (fibrinógeno, albuminas y globulinas) y 1% de sales inorgánicas, compuestos nitrogenados, nutrientes y gases.

Todas las células sanguíneas se encuentran en un número y porcentaje más o menos constante, que puede variar según la especie y la condición fisiológica o patológica del animal.

Los glóbulos rojos o eritrocitos constituyen aproximadamente el 96% de los elementos figurados. Su valor normal promedio es de alrededor de 4.800.000 en la mujer, y de aproximadamente 5.400.000 en el varón, eritrocitos por  $\text{mm}^3$  (o microlitro). Estas células carecen de núcleo y organelos (solamente en mamíferos). Su citoplasma está constituido casi en su totalidad por la hemoglobina, una proteína encargada de transportar oxígeno y contienen también algunas enzimas. El dióxido de carbono es transportado en la sangre (libre disuelto 8%, como compuestos carbodinámicos 27%, y como bicarbonato, este último regula el pH en la sangre). En la

membrana plasmática de los eritrocitos están las glucoproteínas (CDs) que definen a los distintos grupos sanguíneos y otros identificadores celulares.

Los eritrocitos tienen forma de disco bicóncavo deprimido en el centro. Esta forma particular aumenta la superficie efectiva de la membrana. Los glóbulos rojos maduros carecen de núcleo, porque lo expulsan en la médula ósea antes de entrar en el torrente sanguíneo (esto no ocurre en aves, anfibios y ciertos otros animales). Los eritrocitos en humanos adultos se forman en la médula ósea.

La hemoglobina es un pigmento, una proteína conjugada que contiene el grupo "hemo". También transporta el dióxido de carbono, la mayor parte del cual se encuentra disuelto en el eritrocito y, en menor proporción, en el plasma. Los niveles normales de hemoglobina están entre los 12 y 18 g/dl de sangre, y esta cantidad es proporcional a la cantidad y calidad de eritrocitos (masa eritrocitaria). La hemoglobina constituye el 90% de los eritrocitos y, como pigmento, otorga su color característico, rojo, aunque esto solo ocurre cuando el glóbulo rojo está cargado de oxígeno. Tras una vida media de 120 días, los eritrocitos son destruidos y extraídos de la sangre por el bazo, el hígado y la médula ósea, donde la hemoglobina se degrada en bilirrubina y el hierro es reciclado para formar nueva hemoglobina.

Los glóbulos blancos o leucocitos forman parte del sistema inmunitario, y son células con capacidad migratoria que utilizan la sangre como vehículo para tener acceso a diferentes partes del cuerpo. Los leucocitos son los encargados de destruir los agentes infecciosos y las células infectadas, y también segregan sustancias protectoras como los anticuerpos, que combaten a las infecciones. El conteo normal de leucocitos está dentro de un rango de 4.500 y 11.500 células por  $\text{mm}^3$  de sangre, variable según las condiciones fisiológicas (embarazo, estrés, deporte, edad, etc.) y patológicas (infección, cáncer, inmunosupresión, aplasia, etc.). El recuento porcentual de los diferentes tipos de leucocitos se conoce como "fórmula leucocitaria".

Según las características microscópicas de su citoplasma (tintoriales) y su núcleo (morfología), se dividen en:

- Los granulocitos o células polimorfonucleares: son los neutrófilos, basófilos y eosinófilos; poseen un núcleo polimorfo y numerosos gránulos en su citoplasma, con tinción diferencial según los tipos celulares.

- Los agranulocitos o células monomorfonucleares: son los linfocitos y los monocitos; carecen de gránulos en el citoplasma y tienen un núcleo redondeado.

Las plaquetas (trombocitos) son fragmentos celulares pequeños (2-3  $\mu\text{m}$  de diámetro) sin núcleo. Se producen en la médula ósea a partir de la fragmentación del citoplasma de los megacariocitos quedando libres en la circulación sanguínea. Su valor cuantitativo normal se encuentra entre 150.000 y 450.000 plaquetas por  $\text{mm}^3$ .

Las plaquetas sirven para taponar las lesiones que pudieran afectar a los vasos sanguíneos. En el proceso de coagulación, las plaquetas contribuyen a la formación de los coágulos así son las responsables del cierre de las heridas vasculares. Una gota de sangre contiene alrededor de 250.000 plaquetas. Su función es coagular la sangre, cuando se rompe un vaso circulatorio las plaquetas rodean la herida para disminuir el tamaño para evitar el sangrado.

El fibrinógeno se transforma en unos hilos pegajosos y junto con las plaquetas forman una red para atrapar a los glóbulos rojos, red que se coagula y forma una costra con lo que se evita la hemorragia.

El plasma sanguíneo es la porción líquida de la sangre en la que están inmersos las células sanguíneas. Es el mayor componente de la sangre, representando un 55% del volumen total de la sangre, con unos 40-50 mL/kg peso. Además de transportar las células de la sangre, lleva los nutrientes y las sustancias de desecho recogidas de las células. El plasma sanguíneo es esencialmente una solución acuosa, ligeramente más densa que el agua, con un 91% agua, un 8% de proteínas y algunas trazas de otros materiales. El plasma es una mezcla de muchas proteínas vitales, aminoácidos, glúcidos, lípidos, sales, hormonas, enzimas, anticuerpos, urea, gases en disolución y sustancias inorgánicas como sodio, potasio, cloruro de calcio, carbonato y bicarbonato.

Entre estas proteínas están: fibrinógeno (para la coagulación), globulinas (regulan el contenido del agua en la célula, forman anticuerpos contra enfermedades infecciosas), albúminas (ejercen presión osmótica para distribuir el agua entre el plasma y los líquidos del cuerpo) y lipoproteínas

(amortiguan los cambios de pH de la sangre y de las células y hacen que la sangre sea más viscosa que el agua). Otras proteínas plasmáticas importantes actúan como transportadores hasta los tejidos de nutrientes esenciales como el cobre, el hierro, otros metales y diversas hormonas. Los componentes del plasma se forman en el hígado (albúmina y fibrógeno), las glándulas endocrinas (hormonas), y otros en el intestino. Cuando se coagula la sangre y se consumen los factores de la coagulación, la fracción fluida que queda se denomina suero sanguíneo

### Hematopoyesis

Es la formación de las células sanguíneas y tiene lugar en la médula ósea. La teoría más respaldada sobre la formación de las células sanguíneas es la teoría monofilética, según la cual todos los tipos de células sanguíneas derivan de una célula madre pluripotencial. Estas células madre experimentan divisiones de diferenciación y dan lugar a dos linajes diferentes, el de las células linfoides, que dan lugar a los linfocitos, y el de las células mieloides, que originan los granulocitos (neutrófilos, eosinófilos y basófilos), glóbulos rojos (eritrocitos), monocitos y plaquetas (trombocitos). La división de las células madre pluripotenciales da lugar a células hijas denominadas células progenitoras unipotenciales o bipotenciales, y la división de éstas, da lugar a las células precursoras o blastos. Las células madre pluripotenciales y las unipotenciales o bipotenciales son indistinguibles morfológicamente y se trata de células grandes de citoplasma escaso y basófilo con una relación núcleo/citoplasma alta. En el núcleo aparece la cromatina dispersa y con nucléolos prominentes. Las células precursoras son de menor tamaño y en ellas ya se distinguen algunas características morfológicas de los diferentes linajes.

Las células sanguíneas derivadas de las células pluripotenciales mieloides permanecen en la médula ósea para completar su diferenciación y maduración, mientras que las células progenitoras de los linfocitos T abandonan la médula ósea y se dirigen al timo, donde proliferan y se diferencian. Los linfocitos B pueden formarse en lugares diversos como el tejido linfoide asociado al intestino, bazo y médula ósea, considerándose este último lugar como el más importante.

La hematopoyesis se encuentra regulada por citocinas y hormonas (poyetinas). Las citocinas actúan como factores de crecimiento sobre células madres, progenitoras y precursoras e inducen

mitosis y crecimiento. Entre las hormonas, la eritropoyetina actúa en la proliferación y diferenciación de los eritrocitos y la trombopoyetina en la de las plaquetas.

### **Sistema cardiovascular**

El sistema cardiovascular tiene un doble circuito, uno que irriga los pulmones y otro que irriga el resto del cuerpo. Ambos tienen su origen y fin en el corazón, el órgano que se encarga de mantener a la sangre en constante movimiento. Los vasos sanguíneos por los que circula la sangre presentan el mismo patrón en ambos circuitos: corazón, arterias, arteriolas, red de capilares, vénulas, venas y corazón. En algunas ocasiones una arteriola o una vénula pueden estar entre dos redes capilares, lo que se denominan sistemas porta, como los del digestivo e hígado.

Tanto arterias como venas están formadas por tres capas o tunicas: túnica íntima, túnica media y túnica adventicia. La túnica íntima es la más interna, más próxima a la sangre, y está formada por el epitelio simple plano, la lámina basal y por una capa de tejido conectivo laxo. La túnica media está formada sobre todo por fibras de músculo liso. La túnica adventicia es la capa más externa y está formada por tejido conectivo. Las arterias y las arteriolas tienen las paredes más gruesas que las de venas y vénulas porque tienen que soportar mayor presión sanguínea por estar más cerca del corazón. Las arterias suelen tener menor diámetro que las venas, lo que junto con el mayor grosor de sus paredes les da un aspecto más redondeado.

Los capilares son vasos sanguíneos que tienen un diámetro muy pequeño, a veces más pequeño que las dimensiones de un glóbulo rojo. En ellos se produce el intercambio de moléculas entre las células de los tejidos y la sangre. Esto es debido a que los capilares están formados solo por una capa endotelial y una lámina basal. Forman redes vasculares enormemente extensa en el organismo que irrigan todos los órganos, a esto se le denomina perfusión. Según las características del endotelio los capilares se denominan continuos, fenestrados y discontinuos.

Las venas tienen la misma estructura histológica que las arterias pero la túnica media no está tan desarrollada y presentan diámetros más grandes. Además, en muchas venas, sobre todo las de las extremidades, aparecen válvulas en la luz de sus conductos que impiden que la sangre viaje en dirección contraria por efecto de la gravedad o por una menor presión. Las venas se clasifican por su tamaño en vénulas o venas pequeñas, venas medianas y venas grandes.

## **Corazón**

El corazón es el órgano encargado de propulsar la sangre por el sistema circulatorio, aunque es ayudado por los movimientos corporales. Está formado principalmente por células musculares estriadas cardíacas.

En mamíferos consta de 4 cavidades, dos ventrículos que propulsan la sangre, y dos aurículas que recogen la sangre de los pulmones y del resto del cuerpo, respectivamente. Las aurículas están separadas por un tabique interauricular y los ventrículos por un tabique interventricular. El reflujo de la sangre se evita con las válvulas que se encuentran en las salidas de las diferentes cavidades.

Las paredes de las aurículas y de los ventrículos están formadas por tres capas, que de afuera a dentro se denominan epicardio, miocardio y endocardio. El epicardio es una capa de tejido que consta de células mesoteliales y tejido conectivo, las mesoteliales recubriendo al tejido conectivo y situándose en la parte más superficial. Nervios y vasos sanguíneos que inervan e irrigan el corazón se encuentran en el tejido conectivo del epicardio, numerosas células adiposas. El miocardio está formado por las células musculares cardíacas, más algo de tejido conectivo entre ellas. En los ventrículos esta capa es más gruesa que en las aurículas, y se dispone en dos capas, una externa y otra interna. La capa externa se dispone en una orientación espiral, mientras la profunda lo hace de modo circular en torno al ventrículo. El endocardio consiste de una capa de endotelio y tejido conjuntivo, así como algunas células musculares lisas. El tejido conectivo del endocardio que está en contacto con el miocardio contiene vasos sanguíneos y nervios.

El tabique interventricular está formado por tejido muscular cardíaco, que está tapizado en ambas capas por endocardio. El tabique interauricular es más delgado y posee la misma distribución tisular que el tabique interventricular, aunque en algunas zonas es básicamente una estructura fibrosa.

Las válvulas cardíacas están formadas por tejido conectivo y están rodeadas por endotelio. Cada válvula está formada, desde el interior al exterior por tres capas: fibrosa, esponjosa y ventricular. Estas capas se diferencian por el tipo de conectivo, siendo denso, laxo y denso, respectivamente.

## SISTEMA INMUNITARIO

El sistema inmunitario es aquel conjunto de estructuras y procesos biológicos en el interior de un organismo que le protege contra enfermedades identificando y matando células patógenas y cancerosas. Detecta una amplia variedad de agentes, desde virus hasta parásitos intestinales, y necesita distinguirlos de las propias células y tejidos sanos del organismo para funcionar correctamente.

El sistema inmunitario se encuentra compuesto principalmente por leucocitos (linfocitos, otros leucocitos, anticuerpos, células T, citoquinas, macrófagos, neutrófilos, entre otros componentes que ayudan a su funcionamiento). La detección es complicada, ya que los patógenos pueden evolucionar rápidamente, produciendo adaptaciones que evitan el sistema inmunitario y permiten a los patógenos infectar con éxito a sus huéspedes.

Para superar este desafío, se desarrollaron múltiples mecanismos que reconocen y neutralizan patógenos. Incluso las bacterias poseen sistemas enzimáticos que los protegen contra infecciones virales. Otros mecanismos inmunitarios básicos se desarrollaron en antiguos eucariontes y permanecen en sus descendientes modernos, como las plantas, los peces, los reptiles y los insectos. Entre estos mecanismos figuran péptidos antimicrobianos llamados defensinas, la fagocitosis y el sistema del complemento.

Los vertebrados, como los humanos, tienen mecanismos de defensa aún más sofisticados. Los sistemas inmunitarios de los vertebrados constan de muchos tipos de proteínas, células, órganos y tejidos, los cuales se relacionan en una red elaborada y dinámica. Como parte de esta respuesta inmunitaria más compleja, el sistema inmunitario humano se adapta con el tiempo para reconocer patógenos específicos de manera más eficaz. A este proceso de adaptación se le llama "inmunidad adaptativa" o "inmunidad adquirida" capaz de poder crear una memoria inmunitaria. La memoria inmunitaria creada desde una respuesta primaria a un patógeno específico proporciona una respuesta mejorada a encuentros secundarios con ese mismo patógeno específico. Este proceso de inmunidad adquirida es la base de la vacunación.

Los trastornos en el sistema inmunitario pueden ocasionar enfermedades. La inmunodeficiencia ocurre cuando el sistema inmunitario es menos activo que lo normal, lo que favorece las

infecciones recidivantes y con peligro para la vida. La inmunodeficiencia puede ser el resultado de una enfermedad genética, como la inmunodeficiencia combinada grave, o ser producida por fármacos o una infección, como el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (SIDA). En cambio, las enfermedades autoinmunes son consecuencia de un sistema inmunitario hiperactivo que ataca tejidos normales como si fueran organismos extraños. Entre las enfermedades autoinmunitarias comunes figuran la tiroiditis de Hashimoto, la artritis reumatoide, la diabetes mellitus tipo 1 y el lupus eritematoso. La inmunología cubre el estudio de todos los aspectos del sistema inmunitario que tienen relevancia significativa para la salud humana y las enfermedades.

El sistema inmunitario protege los organismos de las infecciones con varias líneas de defensa de especificidad creciente. Las más simples son las barreras físicas, que evitan que patógenos como bacterias y virus entren en el organismo. Si un patógeno penetra estas barreras, el sistema inmunitario innato ofrece una respuesta inmediata, pero no específica. El sistema inmunitario innato existe en todas las plantas y animales. Sin embargo, si los agentes patógenos evaden la respuesta innata, los vertebrados poseen una tercera capa de protección, que es el sistema inmunitario adaptativo. Aquí el sistema inmunitario adapta su respuesta durante la infección para mejorar el reconocimiento del agente patógeno. La información sobre esta respuesta mejorada se conserva aún después de que el agente patógeno sea eliminado, bajo la forma de memoria inmunitaria, y permite que el sistema inmunitario adaptativo desencadene ataques más rápidos y más fuertes si en el futuro el sistema inmunitario detecta este tipo de patógeno.

<b>Características del sistema inmunitario</b>	
<b>Sistema inmunitario innato</b>	<b>Sistema inmunitario adaptativo</b>
La respuesta no es específica.	Respuesta específica contra patógenos y antígenos.
La exposición conduce a la respuesta máxima inmediata.	Demora entre la exposición y la respuesta máxima.
Inmunidad mediada por células y componentes humorales.	Inmunidad mediada por células y componentes humorales.
Sin memoria inmunológica.	La exposición conduce a la memoria inmunológica.
Presente en casi todas las formas de vida.	Presente sólo en vertebrados mandibulados.

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_inmunitario](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_inmunitario)

Tanto la inmunidad innata como la adaptativa dependen de la habilidad del sistema inmunitario para distinguir entre las moléculas propias y las que no lo son. En inmunología, las moléculas propias son aquellos componentes de un organismo que el sistema inmunitario distingue de las sustancias extrañas. Al contrario, las moléculas que no son parte del organismo, son reconocidas como moléculas extrañas. Un tipo de moléculas extrañas son los llamados antígenos, son moléculas que se enlazan a receptores inmunitarios específicos y desencadenan una respuesta inmunitaria.

Varias barreras protegen los organismos de las infecciones, incluyendo barreras mecánicas, químicas y biológicas. La piel es ejemplo de barrera mecánica que forman la primera línea defensiva contra las infecciones. Sin embargo, como los organismos no pueden aislarse completamente de su medio, otros sistemas participan en la protección de las aberturas corporales, como los pulmones, intestinos y el aparato genitourinario. Los pulmones, la tos y los estornudos expulsan mecánicamente los patógenos y otros irritantes de las vías respiratorias. La acción limpiadora de las lágrimas y la orina también expulsa patógenos mecánicamente, mientras que las mucosidades secretadas por los aparatos respiratorio y gastrointestinal sirven para atrapar y enganchar a los microorganismos.

Las barreras químicas también protegen contra infecciones. La piel y el tracto respiratorio secretan péptidos antimicrobianos tales como las defensinas- $\beta$ . Enzimas tales como la lisozima y

la fosfolipasa A en la saliva, las lágrimas y la leche materna también son agentes antibacterianos. Las secreciones de la vagina sirven como barreras químicas en la menarquia, cuando se vuelven ligeramente ácidas, mientras que el semen contiene defensinas y zinc para matar patógenos. En el estómago, el ácido gástrico y las peptidasas actúan como poderosas defensas químicas frente a patógenos ingeridos.

Dentro de los tractos genitourinario y gastrointestinal, la microbiota comensal sirve como barrera biológica porque compite con las bacterias patógenas por alimento y espacio, y en algunos casos modificando las condiciones del medio, como el pH o el contenido de hierro disponible. Esto reduce la probabilidad de que la población de patógenos alcance el número suficiente de individuos como para causar enfermedades.

Los microorganismos o toxinas que consigan entrar en un organismo se encontrarán con las células y los mecanismos del sistema inmunitario innato. La respuesta innata suele desencadenarse cuando los microbios son identificados por receptores de reconocimiento de patrones, que reconocen componentes que están presentes en amplios grupos de microorganismos, o cuando las células dañadas, lesionadas o estresadas envían señales de alarma, muchas de las cuales son reconocidas por los mismos receptores que reconocen los patógenos. Los gérmenes que logren penetrar en un organismo se encontrarán con las células y los mecanismos del sistema inmunitario innato. Las defensas del sistema inmunitario innato no son específicas, lo cual significa que estos sistemas reconocen y responden a los patógenos en una forma genérica. Este sistema no confiere una inmunidad duradera contra el patógeno. El sistema inmunitario innato es el sistema dominante de protección en la gran mayoría de los organismos.

Los leucocitos son el segundo brazo del sistema inmunitario innato, incluyen fagocitos (macrófagos, neutrófilos y células dendríticas), mastocitos, eosinófilos, basófilos y células asesinas naturales. Estas células identifican y eliminan patógenos, bien sea atacando a los más grandes a través del contacto o englobando a otros para así matarlos. Las células innatas también son importantes mediadores en la activación del sistema inmunitario adaptativo.

La fagocitosis es una característica importante de la inmunidad innata celular, llevada a cabo por células llamadas fagocitos, que engloban patógenos y partículas rodeándolos exteriormente con su membrana hasta hacerlos pasar al interior de su citoplasma. Los fagocitos generalmente patrullan en búsqueda de patógenos, pero pueden ser atraídos a ubicaciones específicas por las citocinas. Al ser englobado por el fagocito, el patógeno resulta envuelto en una vesícula intracelular llamada fagosoma que a continuación se fusiona con otra vesícula llamada lisosoma para formar un fagolisosoma. El patógeno es destruido por la actividad de las enzimas digestivas del lisosoma. La fagocitosis evolucionó como un medio de adquirir nutrientes, pero este papel se extendió en los fagocitos para incluir el englobamiento de patógenos como mecanismo de defensa.

Los neutrófilos y macrófagos son fagocitos que viajan a través del cuerpo en busca de patógenos invasores. Los neutrófilos son encontrados normalmente en la sangre y es el tipo más común de fagocitos, que normalmente representan el 50 ó 60% del total de leucocitos que circulan en el cuerpo. Durante la fase aguda de la inflamación, particularmente en el caso de las infecciones bacterianas, los neutrófilos migran hacia el lugar de la inflamación en un proceso llamado quimiotaxis, y son las primeras células en llegar a la escena de la infección. Los macrófagos son células versátiles que residen dentro de los tejidos y producen una amplia gama de sustancias como enzimas, proteínas del complemento, y factores reguladores como la Interleucina 1. Los macrófagos también actúan como carroñeros, librando al organismo de células muertas y otros residuos, y como "células presentadoras de antígenos" para activar el sistema inmunitario adaptativo.

Las células dendríticas son fagocitos en los tejidos que están en contacto con el ambiente externo; por lo tanto están localizados principalmente en la piel, la nariz, los pulmones, el estómago y los intestinos. Se llaman así por su semejanza con las dendritas neuronales, pues ambas tienen muchas proyecciones espiculares en su superficie, pero las células dendríticas no están relacionadas en modo alguno con el sistema nervioso. Las células dendríticas actúan como enlace entre los sistemas inmunitarios innato y adaptativo, pues presentan antígenos a las células T, uno de los tipos de célula clave del sistema inmunitario adaptativo.

Los mastocitos residen en los tejidos conectivos y en las membranas mucosas, y regulan la respuesta inflamatoria. Se encuentran asociadas muy a menudo con la alergia y la anafilaxia. Los basófilos y los eosinófilos están relacionados con los neutrófilos. Secretan mediadores químicos que están involucrados en la defensa contra parásitos y desempeñan un papel en las reacciones alérgicas, como el asma. Las células asesinas naturales (NK, del inglés *Natural Killer*) son leucocitos que atacan y destruyen células tumorales, o células que han sido infectadas por virus.

El sistema inmunitario adaptativo evolucionó en los vertebrados primitivos y permite una respuesta inmunitaria mayor, así como el establecimiento de la denominada "memoria inmunológica", donde cada patógeno es "recordado" por un antígeno característico y propio de ese patógeno en particular. La respuesta inmunitaria adaptativa es específica de los anticuerpos y requiere el reconocimiento de antígenos que no son propios durante un proceso llamado "presentación de los antígenos". La especificidad del antígeno permite la generación de respuestas que se adaptan a patógenos específicos o a las células infectadas por patógenos. La habilidad de montar estas respuestas específicas se mantiene en el organismo gracias a las células de memoria. Si un patógeno infecta a un organismo más de una vez, estas células de memoria desencadenan una respuesta específica para ese patógeno que han reconocido, con el fin de eliminarlo rápidamente.

Las células del sistema inmunitario adaptativo son una clase especial de leucocitos, llamados linfocitos. Las células B y las células T son las clases principales de linfocitos y derivan de células madre hematopoyéticas pluripotenciales de la médula ósea. Las células B están involucradas en la respuesta inmunitario humoral, mientras que las células T lo están en la respuesta inmunitaria mediada por células.

Las células B y T contienen moléculas receptoras que reconocen objetivos o blancos específicos. Las células T reconocen un objetivo no-propio, como un patógeno, solo después de que los antígenos (pequeños fragmentos del patógeno) han sido procesados y presentados en combinación con un receptor propio, una molécula del llamado complejo mayor de histocompatibilidad (CMH). Hay dos subtipos principales de células T: la célula T asesina (Linfocito T-CD8) y la célula T colaboradora o ayudante (Linfocito T-CD4). Las células T

asesinas solo reconocen antígenos acoplados a moléculas del CMH de clase I, mientras que las células T colaboradoras solo reconocen antígenos acoplados a moléculas del CMH de clase II. Estos dos mecanismos de presentación de antígenos reflejan los diferentes cometidos de los dos tipos de células T.

Por el contrario, el receptor específico de antígeno de las células B es una molécula de anticuerpo en la superficie de la célula B, y reconoce patógenos completos sin la necesidad de que los antígenos sean procesados previamente. Cada linaje de células B expresa en su superficie un anticuerpo diferente, de forma que el conjunto completo de receptores de antígenos de las células B de un organismo, representa todos los anticuerpos que ese organismo es capaz de fabricar.

Los linfocitos T citotóxicos, son un subgrupo de células T que matan células infectadas con virus (y otros patógenos), o que estén dañadas o enfermas por otras causas. Al igual que las células B, cada tipo de célula T reconoce un antígeno diferente. Las células T asesinas son activadas cuando su receptor de células T (RCT) se liga a su antígeno específico en un complejo con el receptor del CMH de clase I de otra célula. El reconocimiento de este complejo CMH-antígeno se ve favorecido por un co-receptor en la célula T, llamado CD8 (de ahí deriva su nombre T-CD8). Así, la célula T viaja a través del organismo en busca de células donde los receptores del CMH de clase I lleven este antígeno.

Cuando una célula T activada toma contacto con tales células, libera citotoxinas que forman poros en la membrana plasmática de la célula diana o receptora, permitiendo que iones, agua y toxinas entren en ella. Esto provoca el estallido de la célula diana o que experimente apoptosis. La muerte de células huésped inducida por las células T asesinas tiene una gran importancia para evitar la replicación de los virus. La activación de las células T tiene unos controles muy estrictos y por lo general requiere una señal muy fuerte de activación por parte del complejo CMH/antígeno, o señales de activación adicionales proporcionadas por las células T colaboradoras.

Los linfocitos T colaboradores regulan tanto la respuesta inmunitaria innata como la adaptativa, y contribuyen a determinar qué tipo de respuesta inmunitaria ofrecerá el cuerpo ante un patógeno

particular. Estos linfocitos no tienen ningún tipo de actividad citotóxica y no matan las células infectadas ni eliminan patógenos directamente. En cambio, controlan la respuesta inmunitaria dirigiendo otras células para que lleven a cabo estas tareas. Los linfocitos T colaboradores expresan receptores de los linfocitos T que reconocen antígenos unidos a moléculas de MHC de clase II. El complejo MHC-antígeno también es reconocido por el correceptor CD4 del linfocito T colaborador, que recluta moléculas dentro del linfocito T que son responsables de la activación de dicho linfocito. Los linfocitos T colaboradores tienen una asociación más débil con el complejo MHC-antígeno que la de los linfocitos T citotóxicos, lo que significa que muchos receptores (unos 200 a 300) del linfocito T colaborador deben quedar unidos a un MHC-antígeno para activar el linfocito, mientras que los linfocitos T citotóxicos pueden ser activados por el acoplamiento de una única molécula de MHC-antígeno. La activación de los colaboradores también requiere una unión de duración superior con una célula presentadora de antígeno. La activación de un linfocito T colaborador en reposo hace que libere citoquinas que influyen en la actividad de muchos tipos de células. Las señales de citocinas producidas por los linfocitos T colaboradores mejoran la función microbicida de los macrófagos y la actividad de los linfocitos T citotóxicos. Además, la activación de los linfocitos T colaboradores provoca un aumento de las moléculas que se expresan en la superficie del linfocito T, como el ligando CD40 (también llamado CD154), que envía señales estimulantes adicionales requeridas generalmente para activar los linfocitos B, productores de anticuerpos.

El linfocito B identifica los patógenos cuando los anticuerpos de su superficie se unen a antígenos foráneos específicos. Este complejo antígeno/anticuerpo pasa al interior del linfocito B donde es procesado por proteólisis y descompuesto en péptidos. El linfocito B muestra entonces estos antígenos peptídicos en su superficie unidos a moléculas del CMH de clase II. Esta combinación de CMH/antígeno atrae a un linfocito T colaborador que tenga receptores complementarios de ese complejo CMH/antígeno. La célula T libera entonces linfoquinas (el tipo de citoquinas producido por los linfocitos) y activa así al linfocito B.

Cuando el linfocito B ha sido activado comienza a dividirse y su descendencia segrega millones de copias del anticuerpo que reconoce a ese antígeno. Estos anticuerpos circulan en el plasma sanguíneo y en la linfa, se ligan a los patógenos que portan esos antígenos, dejándolos marcados

para su destrucción por la activación del complemento o al ser ingeridos por los fagocitos. Los anticuerpos también pueden neutralizar ciertas amenazas directamente, ligándose a toxinas bacterianas o interfiriendo con los receptores que virus y bacterias emplean para infectar las células.

## **GLÁNDULAS ENDOCRINAS**

El sistema endocrino es el responsable de la síntesis y secreción de hormonas que, distribuidas por el sistema circulatorio, actúan sobre sus órganos diana o sobre una amplia variedad de órganos y tejidos, regulando su actividad metabólica. Se compone de células secretoras de origen epitelial sostenidas por un tejido conectivo reticular rico en capilares fenestrados, a los que vierten su producto de secreción. Sus células se localizan formando parte de glándulas exocrinas o de órganos complejos (riñón, testículos, ovario, placenta, encéfalo y aparato gastrointestinal), o bien, constituyen órganos aislados (hipófisis, glándula pineal o epífisis, glándulas adrenales, tiroides y paratiroides).

En la siguiente tabla se mencionan algunas glándulas endocrinas y las hormonas correspondientes.

<b>Algunas glándulas endocrinas y sus hormonas</b>			
<b>Glándula endocrina</b>	<b>Hormonas</b>	<b>Tejido adiposo blanco</b>	<b>Acciones principales</b>
Hipotálamo ( <i>producción</i> ) Hipófisis, neurohipófisis (almacenamiento y liberación)	oxitocina, vasopresina	bajo el cerebro	Estimula las contracciones
Glándulas mamarias	Estimula la expulsión de leche hacia los conductos		
Hormona antidiurética (vasopresina)	Riñones (conductos colectores)	Estimula la reabsorción de agua; conserva agua.	
Hipófisis ( <i>producción</i> ) <i>Lóbulo anterior de la hipófisis</i>	Hormona del crecimiento (GH)	General	Estimula el crecimiento al promover la síntesis de proteínas.
Prolactina	Glándulas mamarias	Estimula la producción de leche.	
Hormona estimulante del tiroides (TSH)	tiroides	Estimula la secreción de hormonas tiroideas; estimula el aumento de tamaño del tiroides.	
Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Corteza suprarrenal	Estimula la secreción de hormonas corticosuprarrenales.	
Hormonas gonadotrópicas (foliculoestimulante, FSH;	Gónadas	Estimula el funcionamiento y crecimiento gonadales.	

luteinizante, LH)			
Tiroides	Tiroxina (T <sub>4</sub> ) y triyodotironina (T <sub>3</sub> )	General	Estimulan el metabolismo; esencial para el crecimiento y desarrollo normal.
Calcitonina	Hueso	Reduce la concentración sanguínea de calcio inhibiendo la degradación ósea por osteoclastos.	
Glándulas paratiroides	Hormona paratiroidea (PTH) <sup>1</sup>	Hueso, riñones, tubo digestivo	Incrementa la concentración sanguínea de calcio estimulando la degradación ósea; estimula la reabsorción de calcio por los riñones; activa la vitamina D.
Islotes de Langerhans del páncreas	Insulina, somatotatina, glucagon	General	Reduce la concentración sanguínea de glucosa facilitando la captación y el empleo de ésta por las células; estimula la glucogénesis; estimula el almacenamiento de grasa y la síntesis de proteína.
Glucagón	Hígado, tejido adiposo	Eleva la concentración sanguínea de la glucosa estimulando la glucogenólisis y la gluconeogénesis; moviliza la grasa.	
Médula suprarrenal	Adrenalina y noradrenalina	Músculo, miocardio, vasos sanguíneos, hígado, tejido adiposo	Ayuda al organismo a afrontar el estrés; incrementa la frecuencia cardíaca, la presión arterial, la tasa metabólica; desvía el riego sanguíneo; moviliza grasa; eleva la concentración sanguínea de azúcar.

Corteza suprarrenal	Mineralocorticoides (aldosterona)	Túbulos renales	Mantiene el equilibrio de sodio y fosfato.
	Glucocorticoides (cortisol)	General	Ayuda al organismo a adaptarse al estrés a largo plazo; eleva la concentración sanguínea de glucosa; moviliza la grasa.
Glándula pineal	Melatonina	Gónadas, células pigmentarias, otros tejidos	Influye en los procesos reproductivos en cricetos y otros animales; pigmentación en algunos vertebrados; puede controlar biorritmos en algunos animales; puede ayudar a controlar el inicio de la pubertad en el ser humano.
Ovario	Estrógenos (estradiol)	General; útero	Desarrollo y mantenimiento de caracteres sexuales femeninos, estimula el crecimiento del revestimiento uterino.
	Progesterona	Útero; mama	Estimula el desarrollo del revestimiento uterino.
Testículos	Testosterona	General; estructuras reproductivas	Desarrollo y mantenimiento de caracteres sexuales masculinos; promueve la espermatogénesis; produce el crecimiento en la adolescencia.
	Inhibina	Lóbulo anterior de la hipófisis	Inhibe la liberación de FSH(crecimiento de vello en el pecho y la barba).

Fuente: [http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndulas\\_endocrinas](http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndulas_endocrinas)

## PIEL Y ANEXOS.

El tegumento recubre la totalidad del cuerpo y está formado por la piel y sus derivados. La piel está compuesta por epidermis, dermis e hipodermis. Entre los derivados de la piel se encuentran los pelos, las uñas (escamas y plumas en el caso de los vertebrados no mamíferos) y aquellas glándulas que liberan su producto de secreción a la superficie externa corporal. Se habla de piel gruesa cuando el espesor de la dermis y epidermis es grande y es consecuencia de soportar un alto estrés mecánico. La piel fina tiene epidermis y dermis más delgadas y se localiza en zonas corporales con pocos roces mecánicos.

La epidermis es la capa más externa de la piel, forma una barrera de protección, tanto contra daños mecánicos como contra la pérdida de agua. Es un epitelio estratificado plano queratinizado formado principalmente por células denominadas queratinocitos. La epidermis puede ser más o menos gruesa, dependiendo de las tensiones mecánicas a las que se haya sometida. Por ejemplo, es más gruesa en la palma de las manos o en aquellas zonas de fricción frecuente. Independientemente de su grosor se suele dividir en 5 estratos, que de dentro a fuera son: basal o germinativo, espinoso, granuloso y córneo. En la piel gruesa puede distinguirse a veces un estrato entre el granuloso y el córneo denominado estrato lúcido. En el estrato basal es donde se da la proliferación de los queratinocitos, los cuales van desplazándose hacia la superficie y madurando hasta convertirse en células muertas queratinizadas que forman el estrato córneo.

En la epidermis se encuentran otros tipos celulares, además de los queratinocitos. Los melanocitos sintetizan la melanina, la cual protege frente a los rayos ultravioleta; las células de Langerhans, o dendríticas, forman parte del sistema inmune como células presentadoras de antígenos; las células de Merkel tienen carácter sensorial. Estos tres tipos celulares se encuentran distribuidos en forma laxa en los estratos profundos de la epidermis. Como todos los epitelios, la epidermis presenta características típicas como carecer de vasos sanguíneos y descansar sobre una capa de matriz extracelular muy diferenciada denominada lámina basal.

La dermis se sitúa debajo de la lámina basal y está formada por tejido conectivo, su función es dar soporte mecánico y nutrir a la epidermis y sus derivados. Existen proyecciones de la dermis

hacia la dermis denominadas papilas dérmicas, las cuales están rodeadas por expansiones de la epidermis denominadas crestas epidérmicas. Tanto papilas como crestas son más frecuentes en la piel más gruesa, aquella sometida a más estrés mecánico. Se pueden distinguir dos capas en la dermis. La más externa denominada papilar, que forma parte de las papilas dérmicas, está formada por conectivo laxo que posee una gran cantidad de capilares sanguíneos encargados de alimentar a la epidermis, además de regular la temperatura corporal mediante vasodilatación y vasoconstricción. Existen también numerosas prolongaciones de células sensoriales, algunas de las cuales llegan hasta la epidermis. La capa más profunda de la dermis se denomina reticular y es tejido conectivo denso con menor número de células y con fibras de colágeno más gruesas.

Bajo la dermis se encuentra la hipodermis, también llamado tejido subcutáneo. Formado principalmente por células adiposas rodeadas por tejido conectivo laxo, presenta distinto grosor dependiendo de la zona del cuerpo que consideremos. Las zonas de máximo grosor de la hipodermis varían con la edad y es diferente en hombres y en mujeres. En las zonas de la cabeza la dermis se continúa directamente con el hueso y por tanto carece de hipodermis. A veces, bajo la dermis se pueden encontrar células musculares lisas responsables de la erección de los pelos, y en algunos casos células musculares estriadas como en el cuello y la cara.

Los derivados de la piel son los pelos, uñas y glándulas, todos ellos formados por la inducción de la dermis. Los pelos crecen en invaginaciones epidérmicas especializadas denominados folículos pilosos, con distribución desigual por el cuerpo. Asociados a los folículos pilosos se encuentran las glándulas sebáceas y las sudoríparas de tipo apocrino, que liberan sus contenidos a la luz del folículo. Mientras, las glándulas sudoríparas de tipo ecrino se distribuyen en humanos por todo el cuerpo y liberan su contenido directamente a la superficie epidérmica. Las uñas son placas de queratina endurecida con abundancia de azufre, que la distingue de la queratina del resto de la piel.

## TEJIDO NERVIOSO Y ÓRGANOS DE LOS SENTIDOS.

El sistema nervioso se divide en dos partes: sistema nervioso central y sistema nervioso periférico. El sistema nervioso central está formado por el cerebro y por la médula espinal. El sistema nervioso periférico lo componen multitud de neuronas, generalmente agrupadas en ganglios o plexos, dispersos por el interior del organismo.

Clásicamente, en el SNC se distinguen dos partes atendiendo a su apariencia macroscópica: la sustancia gris y la sustancia blanca. La sustancia gris está formada por las áreas donde se ubican los grupos de neuronas. La sustancia blanca está constituida por las prolongaciones citoplasmáticas y las terminaciones nerviosas de las neuronas que van de una parte a otra del encéfalo o que se conectan con los componentes del sistema nervioso periférico (SNP).

### Meninges

Son cubiertas de tejido conectivo que rodean y aíslan al encéfalo y medula espinal de los huesos del cráneo y las vértebras. Están constituidas por tres capas: duramadre la más externa, aracnoides la intermedia y piamadre la más interna.

### Cerebro

La sustancia gris se sitúa en la periferia de los hemisferios cerebrales y aparece plegada en circunvoluciones y surcos conformando la corteza cerebral. La corteza cerebral está constituida por seis capas ordenadas que están compuestas básicamente por dos tipos de neuronas: piramidales y estrelladas. La disposición de las capas desde la superficie cerebral hacia el interior es la siguiente:

- Capa molecular
- Capa granular externa
- Capa piramidal externa
- Capa granular interna
- Capa piramidal interna
- Capa multiforme.

La sustancia blanca se sitúa internamente a la corteza cerebral y está constituida por los axones de neuronas situadas en la sustancia gris y por fibras aferentes que se dirigen a la corteza cerebral. En ella también se puede apreciar la presencia de células de neuroglía: astrocitos (sobre todo fibrosos), oligodendroctios y células de microglía.

La sustancia gris está compuesta por los somas y cuerpos neuronales, que no poseen mielina, y se la relaciona más con el procesamiento de la información. Presenta dos astas grises anteriores y dos astas grises posteriores unidas por la comisura gris.

Las células que componen el sistema nervioso son las neuronas y las células gliales. Aunque las neuronas reciben la mayor atención, también la glía es necesaria para su correcto funcionamiento. Se estima que hay de  $10^{11}$  a  $10^{12}$  neuronas en el cerebro humano, mientras que el número de células gliales es todavía mayor, con miles de tipos neuronales diferentes. Las neuronas son células que se comunican entre sí fundamentalmente mediante sinapsis y cada neurona puede recibir información de miles de otras neuronas, enviando a su vez información a otras tantas neuronas.

Neurona: Tienen un diámetro que va desde los  $5\mu\text{m}$  a los  $150\mu\text{m}$  son por ello una de las células más grandes y más pequeñas a la vez. La gran mayoría de neuronas están formadas por tres partes: un solo cuerpo celular, múltiples dendritas y un único axón. El cuerpo celular también denominado como soma, es la porción central de la célula en la cual se encuentra el núcleo y el citoplasma perinuclear. Del cuerpo celular se proyectan las dendritas, prolongaciones especializadas para recibir estímulos.

Se creía antes que estas eran las únicas células que no se reproducían, y cuando mueren no se podía reponer; sin embargo, hace poco se demostró que su capacidad regenerativa es extremadamente lenta, pero no nula. Se reconocen tres tipos de neuronas:

- Las neuronas sensitivas: reciben el impulso originado en las células receptoras.
- Las neuronas motoras: transmiten el impulso recibido al órgano efector.
- Las neuronas conectivas o de asociación: vinculan la actividad de las neuronas sensitivas y las motoras.

Células gliales: Son células no nerviosas que protegen y llevan nutrientes a las neuronas. Glia significa pegamento, es un tejido que forma la sustancia de sostén de los centros nerviosos. Está compuesta por una finísima red en la que se incluyen células especiales muy ramificadas. Se divide en:

- Glia central. Se encuentra en el SNC (encéfalo y médula):
  - Astrocitos
  - Oligodendrocitos
  - Microglía
  - Células Ependimarias
- Glia Periférica. Se encuentra en el SNP (ganglios nerviosos, nervios y terminaciones nerviosas):
  - Células de Schwann
  - Células capsulares
  - Células de Müller

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- 1) Histología. <http://es.wikipedia.org/wiki/Histolog%C3%ADa>
- 2) Preparación De Cortes Histológicos. Atlas de histología vegetal y animal <http://webs.uvigo.es/mmegias/6-tecnicas/1-introduccion.php>
- 3) Microscopio. <http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio>
- 4) Cronología del microscopio. [http://es.wikipedia.org/wiki/Cronolog%C3%ADa\\_del\\_desarrollo\\_del\\_microscopio](http://es.wikipedia.org/wiki/Cronolog%C3%ADa_del_desarrollo_del_microscopio)
- 5) Microscopio Óptico. [http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Instrumentos\\_%C3%B3pticos#Microscopio\\_.C3.93ptico](http://es.wikibooks.org/wiki/F%C3%ADsica/%C3%93ptica/Instrumentos_%C3%B3pticos#Microscopio_.C3.93ptico)
- 6) Microscopía Óptica <http://estructurayfuncioncelularbacteriana.wikispaces.com/Microscopia+%C3%B3ptica>
- 7) Microscopy Enhanced by the Wave Characteristics of Light, OpenStax College <http://cnx.org/content/m42290/latest/>
- 8) Microscopio electrónico. [http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio\\_electr%C3%B3nico](http://es.wikipedia.org/wiki/Microscopio_electr%C3%B3nico)
- 9) Microscopio electrónico de Barrido y de Transmisión. <http://psicologiafisiologica.wikispaces.com/Metodo+de+Investigaci%C3%B3n>
- 10) Tejido Adiposo <http://bioquimicaum.wikispaces.com/Tejido+Adiposo>
- 11) Tipos tejidos adiposo. [http://webs.uvigo.es/mmegias/guiada\\_a\\_adiposo.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/guiada_a_adiposo.php)
- 12) Tejido óseo. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema11-tejido-oseo.pdf>
- 13) Tejido cartilaginoso. [http://es.wikipedia.org/wiki/Tejido\\_cartilaginoso](http://es.wikipedia.org/wiki/Tejido_cartilaginoso)
- 14) Tejido muscular. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema13-musculo.pdf>
- 15) Aparato respiratorio. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema21-aparato-respiratorio-i.pdf>
- 16) Aparato digestivo. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema23-sistema-digestivo.pdf>

17) Aparato urogenital

- a. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_urinario\\_humano](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_urinario_humano)
- b. [http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada\\_o\\_a\\_09excretor.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada_o_a_09excretor.php)
- c. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema28-urinario.pdf>
- d. [http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada\\_o\\_a\\_07reproductor.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada_o_a_07reproductor.php)
- e. [http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada\\_o\\_a\\_07re-masculino.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada_o_a_07re-masculino.php)

18) Sistema Inmunitario. [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_inmunitario](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_inmunitario)

19) Sistema circulatorio. Hematopoyesis.

- a. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema12-la-sangre.pdf>
- b. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema18-sistema-circulatorio.pdf>
- c. [http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada\\_o\\_a\\_05cardiovascular.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada_o_a_05cardiovascular.php)

20) Glándulas endocrinas

- a. [http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndulas\\_endocrinas](http://es.wikipedia.org/wiki/Gl%C3%A1ndulas_endocrinas)
- b. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema29-endocrino-i.pdf>

21) Sistema nervioso

- a. <http://ocw.um.es/cc.-de-la-salud/citologia-e-histologia-veterinaria/material-de-clase-1/tema34-sistema-nervioso-i.pdf>
- b. [http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada\\_o\\_a\\_01snc.php](http://webs.uvigo.es/mmegias/2-organos-a/guiada_o_a_01snc.php)