

CAPÍTULO 1

Organización del cuerpo animal

Francisco Speroni

1.1 Sistemas o aparatos

1.2 Órganos

1.3 Tejidos

1.3.1 Tejido epitelial

1.3.2 Tejido conectivo

1.3.3 Tejido muscular

1.3.4 Tejido nervioso

1.4 Células

1.5 Componentes subcelulares

1.6 Clasificaciones *versus* complejidad

Los estudiantes de carreras como Biotecnología, Farmacia o Bioquímica están familiarizados con el estudio de la química y de la física y entienden que los fenómenos naturales se pueden explicar como consecuencia de cambios que sufren los átomos, los iones y las moléculas. El cuerpo humano no escapa a esa lógica, pero en ocasiones no resulta sencillo explicar la estructura o comportamientos de ese cuerpo en términos de física o química. Ciertos fenómenos macroscópicos (como el movimiento de una mano, la transpiración, el latido del corazón) se producen por una serie de reacciones químicas o transportes de sustancias a niveles que no pueden siquiera apreciarse con un microscopio. La comprensión de estos fenómenos puede facilitarse prestando atención a la sucesión ordenada en que se organizan sus componentes. En este capítulo se recorrerá la escala desde el nivel macroscópico del individuo hasta el nivel ultraestructural, prestando más atención a ciertas cuestiones que servirán a otros capítulos.

Al estudiar un organismo pluricelular surge un aspecto importante tanto anatómico como fisiológico, que es la definición de los medios interno y externo. Estos organismos poseen un **medio interno** acuoso que se encuentra rodeando las células, ya sea dentro de vasos (sanguíneos y linfáticos) o en otras ubicaciones. Estos líquidos que conforman el medio interno tienen composiciones químicas relativamente constantes, sirven para aportar nutrientes a las células y funcionan como vehículo para sustancias que abandonan las células. La mayoría de

estos líquidos intercambian materia entre sí rápida y continuamente. Por otro lado, el **medio externo** comprende un entorno fisicoquímico variable (temperatura, presión, contenidos de O₂, CO₂, H₂O, nutrientes, etc.) que provee señales que podrían afectar al medio interno del individuo. La **homeostasis** es el conjunto de fenómenos de autorregulación que conducen al mantenimiento del estado estacionario del medio interno y debe ocurrir a pesar de los cambios y señales provenientes del medio externo.

La disciplina científica que estudia el conjunto de los mecanismos que permiten lograr la homeostasis es la fisiología y será el objeto de estudio de este libro.

1.1 Sistemas o aparatos

El cuerpo de la mayoría de los animales se organiza en sistemas o aparatos¹, cada uno de los cuales permite cumplir con ciertas funciones. De esta manera existen distintos agrupamientos de estructuras que se ocupan de la digestión, la respiración, la locomoción, etc. Cada sistema o aparato está formado por grupos de órganos que se disponen ordenadamente generando distintas aptitudes (como ejemplos: la capacidad de degradar un alimento hasta convertirlo en moléculas pequeñas que puedan ser absorbidas; tener un sistema de conducción de aire que lo acondicione y lo lleve a donde pueda intercambiar O₂ y CO₂ con la sangre; la posibilidad de retirar automáticamente la mano de una superficie que queme o que genere dolor). Para su estudio, el cuerpo puede dividirse en los sistemas nervioso, endócrino y linfático, y los aparatos digestivo, respiratorio, cardiovascular, locomotor, reproductor y urinario. Corresponde aclarar que esta clasificación no es unívoca y pueden describirse otras formas de agrupar las funciones (y por lo tanto los órganos).

Los sistemas o aparatos a su vez están formados por órganos. Algunos aparatos tienen sus órganos en ubicaciones precisas (como ejemplo el aparato respiratorio tiene todos sus componentes distribuidos entre la cabeza, el cuello y el tórax), mientras que sistemas como el nervioso, el linfático o el endócrino tienen sus componentes dispersos, localizados en distintas partes del cuerpo o en órganos que cumplen otras funciones (como ciertas células que se ubican en la pared del estómago y secretan hormonas).

¹ En la concepción clásica, los sistemas se diferencian de los aparatos: los sistemas son aquellos formados por órganos que comparten el origen embriológico, tienen estructuras histológicas similares y predominio de un tejido (como ocurre en el sistema nervioso, en el sistema endócrino o en el sistema linfático). Los aparatos están formados por órganos de distinto origen y estructura (como sucede en el aparato digestivo o en el aparato respiratorio). Actualmente esta clasificación no se usa en forma estricta y distintos autores dividen al cuerpo en distintos números de aparatos o sistemas y ciertos órganos pueden aparecer formando parte de más de un sistema o aparato. Con respecto a estas potenciales contradicciones, conviene aclarar que todas las clasificaciones tienen un grado de arbitrariedad y el objetivo de su uso debe ser facilitar el estudio. Este aparente conflicto tiene que ver con la complejidad estructural del cuerpo humano en donde los componentes macro y microscópicos están interrelacionados sin ajustarse a divisiones o clasificaciones artificiales.

1.2 Órganos

Los órganos son estructuras formadas por dos o más tejidos dispuestos u ordenados de una forma particular capaces de cumplir funciones específicas. Un rasgo macroscópico clasifica a los órganos como huecos o macizos; esta clasificación es sencilla y facilita el estudio. En los órganos huecos se describe la pared que está formada por capas y se encuentra en torno a una cavidad denominada luz. En los órganos macizos se describen dos porciones: parénquima y estroma. El parénquima está formado por los componentes que dan la función particular del órgano y se distribuye por las distintas partes del volumen del órgano. El estroma, formado generalmente por un tipo de tejido que se denomina conectivo, es la porción que da sostén, estabiliza y protege al parénquima, participando además en la regulación de su desarrollo y diferenciación.

Las paredes de los órganos huecos generalmente están formadas por tres o cuatro capas o túnicas concéntricas, cada capa a su vez se compone de varios tejidos que le otorgan al conjunto las características que le permiten cumplir sus funciones: barreras selectivas de permeabilidad, secreción de sustancias hacia la luz del órgano, resistencia mecánica, capacidad de recuperar su forma luego de una deformación, capacidad de moverse activamente, unión a otras estructuras o deslizamiento con poco roce. La luz de algunos órganos huecos corresponde al medio externo (como los órganos que forman el tubo digestivo o el aparato respiratorio), mientras que en otros casos la luz corresponde al medio interno (vasos sanguíneos y linfáticos o el globo ocular). La túnica más interna, en contacto con la luz, en cada caso tendrá características especiales que favorecen o limitan ciertos transportes, modifican o mantienen estable la composición del contenido del órgano. La túnica más interna se denomina “túnica mucosa” (o “membrana mucosa”) cuando la luz está en contacto con el medio externo. En cambio, cuando la luz está en contacto con el medio interno, la túnica más interna recibe otros nombres, por ejemplo, en las arterias y las venas, se denomina “túnica íntima”.

1.3 Tejidos

Los tejidos están formados por células y sustancias extracelulares que se organizan y asocian desarrollando colectivamente funciones determinadas. En un tejido las células pueden ser iguales o distintas entre sí, pueden estar unidas entre sí o separadas por la sustancia extracelular. Si bien existen importantes diferencias entre las estructuras del cuerpo, ya sea en sus aspectos (estructuras transparentes, opacas, blancas, grises, rojas, amarillas, líquidas, sólidas, rígidas, elásticas) o en sus funciones (acortamiento, generación de impulsos eléctricos, hidrólisis o síntesis de sustancias), sólo existen cuatro tipos de tejidos fundamentales o básicos que se diferencian y organizan formando todos los órganos de los distintos aparatos y sistemas y sus respectivas funciones. Estos cuatro tejidos fundamentales se clasifican en:

- **Tejido epitelial**
- **Tejido conectivo**
- **Tejido muscular**
- **Tejido nervioso**

Estos tejidos tienen a su vez subclases, por ejemplo tejidos musculares liso y estriado o tejidos epiteliales glandular y de revestimiento. Para definir y clasificar cada uno de los tejidos fundamentales se emplean criterios originados en características morfológicas y funcionales. Las definiciones de los tejidos epitelial y conectivo se basan principalmente en la morfología o estructura, mientras que las definiciones de los tejidos muscular y nervioso se basan en sus funciones. Sin embargo, se puede mencionar que la subdivisión del tejido muscular en liso y estriado está basada en un rasgo puramente morfológico (aspecto de las células cuando se observan al microscopio óptico). Por lo tanto, la definición y la clasificación de los tejidos no se pueden reducir a una simple fórmula. Esta complejidad se debe, entre otras causas, al hecho de que los cuatro tejidos fundamentales se originan a partir de una sola célula (producto de la fecundación) que luego por sucesivas mitosis y diferenciaciones genera al embrión (y también a estructuras extraembrionarias, como la placenta).

Un estadio temprano del embrión es el disco germinativo trilaminar, que consta del ectodermo, el mesodermo y el endodermo. Las células que forman estas tres capas se multiplican, se diferencian y migran diferencialmente para combinarse y formar tejidos y órganos. El endodermo origina muchos epitelios, pero también existen epitelios originados a partir del mesodermo y del ectodermo. El mesodermo genera muchos tejidos conectivos de cualquier parte del cuerpo, pero el ectodermo genera tejidos conectivos en la región de la cabeza. El mesodermo origina a la mayoría del tejido muscular, pero algunos músculos lisos se originan del ectodermo. El ectodermo da origen al tejido nervioso y a epitelios como el de la epidermis (Figura 1.1). El hecho de que un mismo tejido (por ejemplo el epitelial) se origine a partir de distintas capas del disco germinativo trilaminar contribuye a ciertas características particulares que se detectan en ciertos tejidos o tipos celulares del adulto.

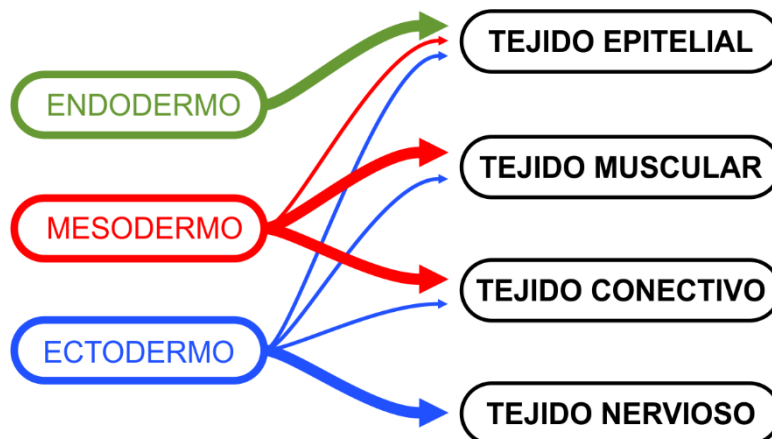


Figura 1.1 Origen embriológico de los diferentes tejidos fundamentales.

A continuación se describen las características propias de cada tejido fundamental:

1.3.1 Tejido epitelial

El **tejido epitelial** está formado por células muy próximas entre sí (en “íntima aposición”), lo que se verifica porque las células se mantienen unidas entre sí por un complejo de unión formado por distintas proteínas. Muchas células epiteliales son polarizadas, presentan una región apical y una región basolateral con distinta distribución de organoides, especializaciones o funciones (por ejemplo en la región basal de una célula se sintetizan proteínas, mientras que éstas se acumulan en gránulos en la región apical). Los epitelios son tejidos avasculares (no tienen vasos entre sus componentes), por lo que necesitan estar asociados (adyacentes) a un tejido conectivo del que obtienen las sustancias necesarias para sus metabolismos. La sustancia extracelular del tejido epitelial está representada por la membrana basal, que es una capa celular compuesta por proteínas y glucoproteínas que se encuentra unida por un lado a las células epiteliales y por el otro al tejido conectivo adyacente (Figura 1.2).

Un rasgo característico del tejido epitelial es la presencia de un complejo de unión entre las células. Este complejo está compuesto por distintas proteínas transmembrana que establecen tres tipos de enlaces: las uniones adherentes (que garantizan la unión mecánica), las uniones oclusivas (que delimitan compartimentos, ya que crean sellos de baja permeabilidad) y las uniones comunicantes (que permiten el paso de iones y moléculas de pequeño tamaño de una a otra célula, y también se llaman “nexos” o “uniones de hendidura”) (Figura 1.2).

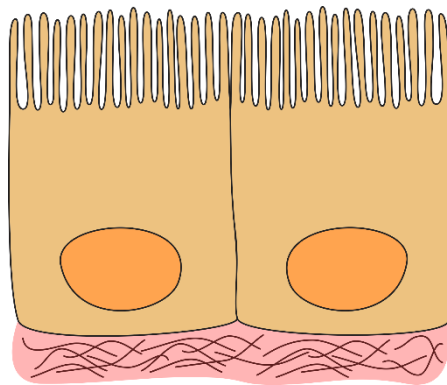


Figura 1.2 Células de un tejido epitelial tipo: en el tejido epitelial las células se encuentran muy juntas unidas por proteínas que forman un complejo de unión. El componente extracelular en este tejido está representado por la membrana basal (color rosado). En este caso es un epitelio simple que cumple (entre otras) funciones de barrera y de transporte.

La clasificación más importante que se usa para estudiar los epitelios es funcional y los divide en dos clases: epitelio de revestimiento y epitelio glandular. El epitelio de revestimiento recubre la mayoría de las superficies corporales, todas las que están en contacto con el medio externo y la mayoría de las superficies que contactan con el medio interno. En cada uno de

estos epitelios de revestimiento aparecen células con distintas características que logran impermeabilizar, absorber, filtrar, proteger, lubricar, etc. El epitelio glandular forma estructuras más o menos complejas que sintetizan moléculas y las secretan a otra parte, ya sea al medio externo (glándulas exócrinas) o al medio interno (glándulas endócrinas). Las glándulas pueden ser microscópicas y formar parte de la pared de un órgano hueco (como las glándulas corporificadas del estómago o las células caliciformes que aparecen en varios órganos) o pueden ser órganos macroscópicos macizos cuya función principal es la secreción (como el hígado, el páncreas o la glándula tiroides).

1.3.2 Tejido conectivo

El **tejido conectivo** (o “tejido conjuntivo”) se caracteriza por presentar una sustancia extracelular (matriz extracelular) que es abundante y que tiene funciones particulares.

Los distintos tejidos conectivos cumplen funciones específicas muy distintas. En los adultos se describen los tejidos conectivos laxo, denso, adiposo, sanguíneo, hematopoyético, linfático, cartilaginoso y óseo. Los tejidos conectivos laxo y denso se encuentran formando parte de la mayoría de los órganos por lo que se los denomina “tejido conectivo común”, mientras que los otros se denominan “tejidos conectivos especializados”.

En la mayoría de los tejidos conectivos la matriz extracelular cumple un rol preponderante, aportando las características funcionales más importantes. Como ejemplo, la matriz extracelular de la sangre (el plasma) es líquida y fluye distribuyendo sustancias y células; si esa matriz se coagulara (y dejara de fluir) dentro de los vasos, las células no podrían cumplir sus funciones. Otro ejemplo lo constituye el tejido óseo, que posee una matriz extracelular sólida y mineralizada, cuyas características mecánicas definen las funciones típicas de los huesos. En algunos tejidos conectivos las funciones desempeñadas por la matriz extracelular son tanto o más importantes que las desempeñadas por las células, por ejemplo, en ciertos casos, una parte de un hueso puede ser reemplazada por una prótesis, hecha de metal o cerámica (sin células), evidenciando que es la matriz (y no las células) la porción del tejido que otorga la función a esa parte del hueso.

1.3.3 Tejido muscular

El **tejido muscular** está formado por células capaces de contraerse. Al contraerse, estas células desarrollan fuerzas y cambian la forma y posición de las estructuras en que se encuentran. Las células musculares son alargadas (tienen una dimensión espacial más desarrollada que las otras dos) y en su citoplasma contienen miofilamentos constituidos principalmente por actina (filamentos finos) o por miosina (filamentos gruesos). Es interesante notar que los filamentos de actina y de miosina aparecen en muchos otros tipos celulares formando parte del

citoesqueleto, pero en las células musculares se encuentran muy concentrados, ordenados de formas muy particulares y sus funciones se regulan de maneras muy precisas.

Una clasificación típica del tejido muscular proviene de cómo se ven las células al microscopio óptico en los preparados histológicos y los divide en tejido muscular liso o estriado. Si en el corte longitudinal de estas células se observa un citoplasma sin estructura distinguible al microscopio óptico, se denomina “liso”, si el citoplasma se observa con estrías o bandas transversales, se denomina “estriado”. A su vez el músculo estriado puede ser esquelético o cardíaco dependiendo de su ubicación anatómica y de sus características ultraestructurales y fisiológicas. De esta forma se pueden distinguir tres tipos de tejidos musculares: liso, esquelético y cardíaco. Entre las numerosas diferencias entre estos tres tipos, un rasgo histológico interesante es la presencia o ausencia de uniones entre células. Las células musculares cardíacas y, en algunos órganos, las células musculares lisas se encuentran comunicadas por proteínas similares a las mencionadas como parte del complejo de unión entre células epiteliales (uniones adherentes y de hendidura). Este tipo de uniones no se encuentra entre las células musculares esqueléticas.

1.3.4 Tejido nervioso

El **tejido nervioso** está formado por neuronas y células gliales que se organizan formando la base estructural que coordina e integra las funciones de todo el cuerpo. Las neuronas se caracterizan por el gran desarrollo de funciones celulares tales como la capacidad de reaccionar a una señal y la capacidad de generar un cambio eléctrico y transmitirlo a distintas partes de la célula y a otras células.

Las neuronas son células polarizadas ya que presentan distintos componentes con estructuras y funciones diferentes distribuidos en distintas regiones. Las neuronas adquieren distintos aspectos y funciones pero comparten rasgos característicos como el soma y las prolongaciones. El soma es el cuerpo celular que contiene al núcleo y organoides como el retículo endoplasmático rugoso entre otros. Las prolongaciones del soma son el axón (generalmente uno solo, que puede presentar ramificaciones) y las dendritas (que pueden variar en número entre cero y miles). A través de sus prolongaciones, una neurona establece distintas conexiones con otras células, que pueden ser otras neuronas, células de la glía, o células pertenecientes a otros tejidos como el muscular o el epitelial.

Cada neurona se comunica con otras neuronas, células musculares o epiteliales a través de sinapsis. El tipo de sinapsis más abundante en los mamíferos es la sinapsis química, que se define como la zona especializada de acercamiento celular donde tiene lugar la transmisión de señales entre células, mediadas por neurotransmisores. Entre las dos células que participan de una sinapsis hay un espacio (“hendidura sináptica”) en el cual las moléculas de neurotransmisor difunden desde la membrana presináptica hasta los receptores que se encuentran en la membrana postsináptica.

Según el número de prolongaciones que presentan, las neuronas pueden clasificarse en multipolares (tienen varias dendritas y un axón), bipolares (tienen una dendrita principal y un axón) y pseudounipolares (no tienen dendritas y tienen un axón que se bifurca muy cerca del soma generando una proyección central y otra periférica) (Figura 1.3).

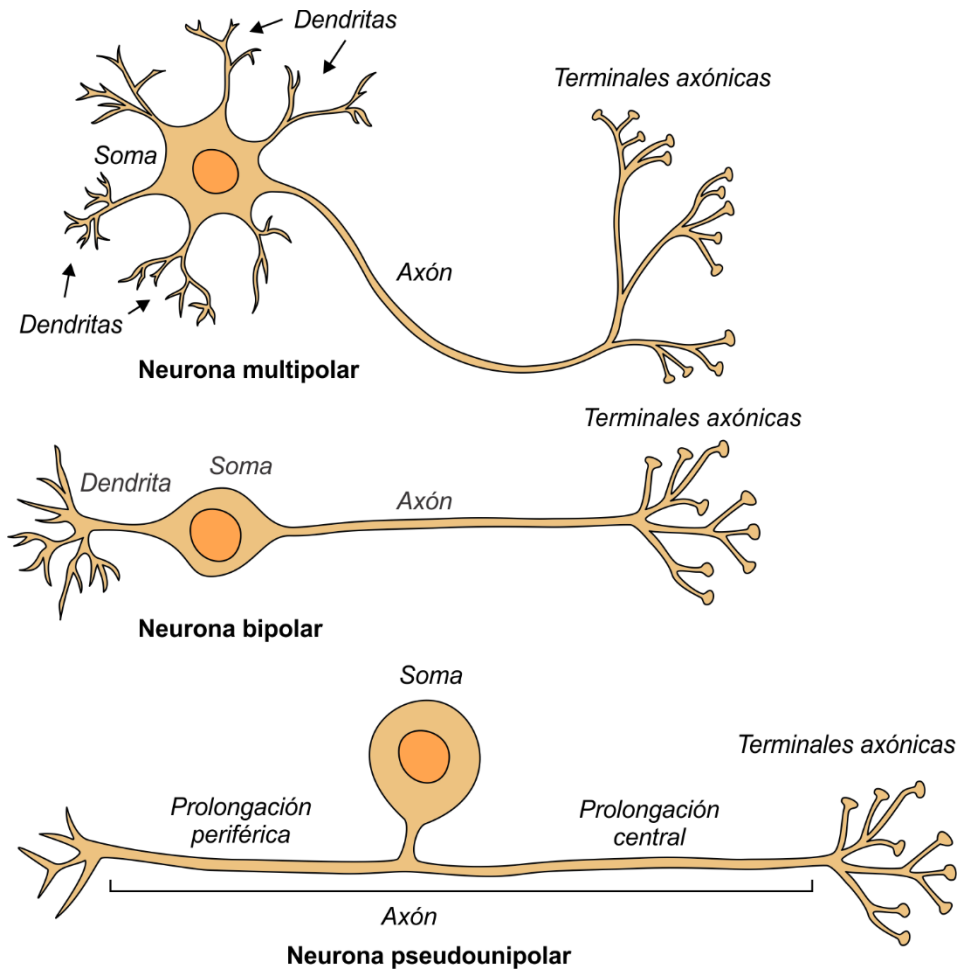


Figura 1.3: Tipos de neuronas de acuerdo a su morfología

1.4 Células

La célula, como componente elemental de los tejidos, constituye la mínima porción de protoplasma (materia viva) que posee existencia independiente. Las definiciones y descripciones detalladas de los componentes celulares pueden encontrarse en libros de biología, citología e histología. En esta sección se mencionarán, en forma de preguntas o inquietudes, algunas características morfológicas que son importantes cuando se estudian fenómenos fisiológicos.

Preguntas clave

- **Forma y tamaño:** ¿La célula en estudio es esférica, alargada, aplanada, con forma de disco? ¿Tiene dimensiones microscópicas o puede llegar a medir algunos centímetros? ¿Estas características se relacionan con fenómenos de transporte a través o dentro de la célula?
- **Polarización:** ¿La célula en estudio presenta en todas sus regiones las mismas estructuras (organoides, especializaciones de membrana) y por lo tanto tiene la capacidad de cumplir todas las funciones en cualquier parte, o es una célula polarizada (como muchas epiteliales o las neuronas) en la cual la síntesis o degradación de sustancias, la recepción de señales y el transporte pueden ocurrir en sitios determinados, generando características morfológicas y funcionales muy distintas en cada región?
- **Disposición espacial:** ¿La célula se dispone aleatoriamente dentro del órgano o tiene una orientación (longitudinal, circular, oblicua con respecto a un eje)? ¿Se agrupa en capas (como en ciertos epitelios o músculos), en haces (como en ciertos músculos, tractos o nervios) o forma secuencias de células en serie (como las neuronas que forman vías nerviosas)?
- **Uniones:** ¿Las células se encuentran separadas entre sí por una matriz extracelular o se encuentran unidas? ¿Qué tipos de uniones pueden establecerse entre dos células?
- **Ubicación:** ¿La célula tiene una ubicación permanente o puede desplazarse por distintas partes del cuerpo? En caso de migrar, ¿cómo lo hace: es conducida por un fluido o puede moverse activamente como respuesta a determinadas señales?
- **Funciones:** ¿Todas las células cumplen las mismas funciones con igual magnitud (absorción, secreción, excreción, respiración, excitabilidad, contractilidad, reproducción)? ¿Esto tendrá consecuencias sobre el grado de expresión de ciertas proteínas y el desarrollo de organoides, y por lo tanto sobre la morfología de cada tipo celular?

Reflexionar sobre estas cuestiones facilitará el aprendizaje de los fenómenos fisiológicos que se verifiquen en una célula.

1.5 Componentes subcelulares

A pesar de que las células de un mismo individuo comparten el material genético, la diferenciación celular hace que ciertos componentes subcelulares estén más o menos desarrollados en distintos tipos celulares, lo que permite cumplir con diferentes funciones y presentar distintos aspectos. En este sentido es conveniente prestar atención a la abundancia y disposición espacial de ciertos componentes en la célula.

El estudio de estos componentes incluye a la membrana plasmática, al núcleo, a organoides limitados por membrana como la mitocondria, el aparato de Golgi y los retículos endoplasmáticos liso y rugoso, al citoesqueleto, a inclusiones y otras estructuras. Además de la ultraestruc-

tura y funciones de cada componente celular, resulta interesante analizar su ubicación y disposición dentro de la célula. Como ejemplo, el retículo endoplasmático liso, que en las células musculares se denomina “retículo sarcoplasmático”, se dispone rodeando a las miofibrillas del músculo esquelético de una manera muy particular y acumula el Ca^{2+} necesario para la contracción.

En esta sección se mencionarán algunas características de las membranas plasmáticas que se retomarán en otros capítulos. Para un estudio detallado de todas las estructuras que forman una célula se recomienda consultar textos de biología.

La **membrana plasmática** limita a la célula de su entorno (medios interno o externo) y cumple varias funciones: transporte de sustancias, unión y comunicación con otras células, recepción de señales y otras. Estas funciones están especializadas en ciertas células, así aparecen características estructurales particulares. En estos casos la membrana plasmática no es una cubierta sin accidentes sino que presenta relieves, depresiones, proyecciones, prolongaciones. Algunas de estas especializaciones se describen brevemente a continuación:

- **Microvellosidades:** prolongaciones inmóviles que permiten aumentar la superficie de la cara apical de la célula. Son abundantes en células con función absortiva como las que se encuentran en el riñón y en el intestino.
- **Cilios:** prolongaciones móviles que permiten empujar o barrer líquidos que se encuentran en contacto con la cara apical de la célula. Los cilios poseen un arreglo de microtúbulos, y enzimas ATPasas que funcionan permitiendo el movimiento activo y ordenado.
- **Cavéolas:** depresiones o invaginaciones de la membrana con forma de fosa que se observan en las células musculares lisas. Las cavéolas se relacionan por su cara interna con el retículo sarcoplasmático.
- **Túbulos T:** invaginaciones alargadas que atraviesan el citoplasma en forma transversal al eje mayor de la célula. Los túbulos T se encuentran en células musculares cardíacas y esqueléticas y se asocian internamente con el retículo sarcoplasmático. Gracias a la presencia de los túbulos T (o “túbulos transversos”) un cambio eléctrico en la membrana plasmática se propaga rápidamente por todo el espesor de la célula.
- **Fenestraciones:** aberturas redondeadas que se presentan en ciertas células endoteliales. Estas aberturas pueden estar tabicadas por un diafragma compuesto por glucoproteínas que derivan del glucocáliz. Las fenestraciones representan sitios de transporte y aparecen en las células endoteliales de ciertos órganos pertenecientes a los sistemas digestivo, urinario y endócrino.
- **Criptas sinápticas:** depresiones o cavidades de la membrana de la célula muscular donde se alojan las terminaciones del axón de la neurona motora. Las criptas sinápticas son típicas de la placa motora terminal (zona de acercamiento entre el axón de la neurona motora y la célula muscular esquelética).

1.6 Clasificaciones *versus* complejidad

La clasificación es una herramienta ampliamente utilizada en biología para ordenar la diversidad y también como herramienta de construcción de conocimiento del sujeto. Los intentos de ordenamiento de la diversidad natural pueden basarse en dos supuestos antagónicos: el que afirma que las clasificaciones reflejan un orden natural y el que afirma que las clasificaciones plantean un orden artificial, por lo tanto las categorías son construidas por el hombre. En este último sentido las propuestas de ordenamientos alternativos o la existencia de objetos de estudio que no cumplen con todas las características de una dada categoría no deben sorprender sino que representan un llamado de atención para profundizar el estudio o descripción de un determinado objeto (Mengascini y Menegaz, 2005).

En un esquema clasificatorio se privilegian ciertas propiedades de los objetos en una simplificación que acentúa diferencias y semejanzas. Cuando se profundiza el estudio de un cierto objeto comienzan a aparecer rasgos que revelan la complejidad y ponen a prueba las categorías de las clasificaciones. En este contexto, en los distintos niveles de la escala de dimensiones, se encuentran ejemplos de estructuras que no son fáciles de clasificar ya que pueden pertenecer a más de una clase.

Como ejemplos se pueden mencionar órganos, tejidos, células y moléculas que ponen en tensión los agrupamientos habituales. Existen órganos que podrían clasificarse como pertenecientes a distintos sistemas: el ovario y el testículo forman parte del aparato reproductor, por ser los encargados de formar las gametas, pero también secretan hormonas por lo que se incluyen en el sistema endócrino. El estómago pertenece al aparato digestivo, y la tráquea al aparato respiratorio pero secretan hormonas a la sangre, por lo que cabe preguntarse qué rol juegan en el sistema endócrino. El tejido adiposo es un tejido conectivo especializado, cumple funciones de sostén y acumulación de lípidos como reserva de energía, pero secreta la hormona leptina, y la secreción de hormonas es una de las funciones típicas del tejido epitelial glandular. Células como las ependimarias o las olfatorias tienen características propias del tejido epitelial (revisten una superficie, pueden tener cilios, están en íntima aposición con otras células) y del tejido nervioso (las células ependimarias no están separadas por una membrana basal de otras células nerviosas, tienen el mismo origen embrionario que muchas otras células del sistema nervioso central; las células olfatorias tienen un axón asociado a células de Schwann). Las uniones entre células, que se describen como parte del complejo de unión de las células epiteliales, también están presentes en otros tejidos: las células musculares lisas o cardíacas, las células del tejido óseo o las células del perineuro, donde cumplen las mismas funciones (unión mecánica, comunicante u oclusiva entre dos células). Otro ejemplo lo constituyen las proteínas filamentosas que permiten el acortamiento celular (típico de las células musculares) que también aparecen en algunas células epiteliales (mioepiteliales que favorecen el vaciamiento de ciertas glándulas exócrinas) o en células del tejido conectivo (miofibroblastos que aparecen en procesos de cicatrización). Moléculas como la oxitocina o la noradrenalina pueden funcionar en el sistema nervioso como neurotransmisores cuando se liberan a un es-

pacio sináptico, pero funcionan como hormonas cuando se liberan a la sangre. Estos y otros muchos ejemplos ponen de manifiesto la complejidad de estos objetos de estudio. De esta manera, algunas estructuras del cuerpo son difíciles de clasificar, porque tienen características muy particulares y atraviesan las categorías establecidas para el estudio.

Entonces, lo importante, y la meta del estudio, es conocer la estructura, la organización y las funciones de cada objeto de estudio, utilizando la clasificación como herramienta para la sistematización del estudio y no como un fin en sí misma.