

Algunas dificultades en la enseñanza de la Histología animal

Manuel Tamayo Hurtado¹ y Francisco González García²

¹Universidad Católica de Maule, Talca, Chile. E-mail: mtamayo@hispanavista.com.

²Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada, España. E-mail: pagoga@ugr.es

Resumen: Se revisan las principales dificultades detectadas en la enseñanza de la Histología animal mediante el análisis y comparación de los contenidos presentes en una cantidad importante de libros clásicos de Histología, textos de estudio de nivel universitario, textos escolares de Biología de enseñanza secundaria, y diccionarios técnicos, editados en diferentes países y épocas. Se analizaron en especial los problemas asociados a las definiciones, clasificaciones y delimitaciones de los tejidos animales, la relación entre tejidos y órganos, y la influencia de concepciones previas, detectándose dificultades, contradicciones y errores. Se presentan algunas sugerencias para mejorar la enseñanza de estos contenidos y favorecer su aprendizaje.

Palabras clave: enseñanza de la Biología, análisis de textos, tejidos animales.

Title: Some difficulties in the teaching of the animal histology.

Abstract: The main difficulties detected in the teaching of the animal Histology are revised by means of the analysis and comparison of the contents delivered in an important quantity of classical histological books, university level study texts, school texts of basic or secondary biology of teaching, and technical dictionaries, originated in different countries and epochs. The definitions and classifications were compared especially, being detected difficulties, contradictions, and errors. Some suggestions to improve the teaching of these contents and facilitate learning are presented.

Key words: biological education, textbooks analysis, animal tissues.

Introducción

La eficiente comunicación con sus alumnos requiere del profesor utilizar conceptos fundamentales precisos y manejar terminologías que reflejen dichos conceptos con la mayor exactitud posible. La enseñanza de las Ciencias Biológicas presenta una serie de problemas en relación con conceptos, nomenclaturas y clasificaciones, que a veces confunden e inducen o refuerzan concepciones erróneas. Los textos de estudio suelen contener conceptos antiguos, términos en desuso o dudosos, concepciones antropomórficas o teleológicas, generalizaciones excesivas, inexactitudes, contradicciones, ambigüedades, clasificaciones defectuosas, vaguedades,

etimologismos, afirmaciones que suponen verdades absolutas, definiciones erróneas, tautológicas o redundantes, o *lapsus* generados al transcribir o traducir un texto (Tamayo y González, 1998). El análisis de libros de texto muestra semejanzas entre sus contenidos y concepciones previas de los alumnos, lo cual dificulta el aprendizaje significativo de la Biología (González y Tamayo, 2000).

La Histología animal, ciencia que estudia los tejidos animales, es importante por su contenido y además porque relaciona el nivel celular con el macroscópico, sirve de base para disciplinas como la Fisiología o la Patología, y proporciona técnicas de estudio para aclarar diversos aspectos de la Biología, incluyendo parámetros reproductivos aplicables a la conservación de especies silvestres (Tamayo, 2000:395). Aunque considerada a veces como una disciplina secundaria en las carreras biomédicas, la Histología es fundamental en la investigación médica y biológica, según la percepción de profesores y alumnos (De Juan, 1978:40).

En este trabajo presentamos las principales dificultades que hemos encontrado en la enseñanza de la Histología durante nuestra experiencia docente. Intentaremos clarificar, precisar y actualizar conceptos y términos esenciales, que presentan especial dificultad para su aprendizaje, mediante el análisis y comparación de numerosas fuentes bibliográficas. Se consultaron casi dos centenares de textos, incluyendo libros clásicos, textos universitarios, textos escolares de enseñanza media y diccionarios técnicos, editados en diferentes países europeos y americanos. Las referencias bibliográficas citadas en el presente trabajo son una selección del total analizado.

Naturaleza de los tejidos animales

Entre el siglo XVI y principios del XIX, muchos anatomistas consideraban a los seres vivos como formados por fibras. El término "tejido" deriva de "*tistre*", forma arcaica del verbo tejer (en francés *tisser*, en latín *texere*) que se refiere a una "tela tejida" o asociación de fibras (Bynum, Browne y Porter, 1986:545). La palabra griega "*histos*", que significa urdimbre o tela, se utilizó como raíz para palabras vinculadas (Histología, histogénesis, Histoquímica, etc.). El cirujano italiano Gabrielle Fallopio (1523-1562) usó por primera vez en Biología la palabra tejido ("*texturae*") para designar a las "partes similares" que conforman nuestros órganos. Su uso general y sistemático se inició con el trabajo de Françoise Marie Xavier Bichat (1771-1802), quien en 1802 estableció que los seres pluricelulares están formados por partes elementales que se repiten y forman órganos. Bichat disecó órganos hasta obtener fragmentos homogéneos que sometió a desecación, ebullición, cocción, putrefacción, maceración, acidificación o alcalinidad, y los tipificó considerando sus reacciones, propiedades físicas (coloración, dureza, resistencia, textura, etc.) y conducta en la enfermedad. Con la aceptación de la Teoría celular, se desechó la concepción fibrilarista y se reconsideró la naturaleza de los tejidos. En 1841, Friedrich Gustav Jacob Henle (1809-1885), integró el trabajo de Bichat con la Teoría celular (Papp, 1977:186).

Para situar el concepto de tejido en su contexto, debemos recordar una idea biológica básica, los niveles de organización e integración. Los libros

elementales de Biología explican una serie de grados de organización de la materia viva: moléculas – macromoléculas – orgánulos – células – tejidos – órganos – aparatos – organismos – poblaciones – comunidades – ecosistemas. Esta jerarquización es inclusiva: los organismos están formados por órganos, los órganos por tejidos, los tejidos por células, etc. El concepto de tejido es importante y surge naturalmente como un nivel intermedio entre células y órganos. Sin embargo, la inclusividad no es absoluta, puede haber saltos de niveles intermedios, de modo que hay células que son organismos (los unicelulares), organismos constituidos por células no integradas en verdaderos tejidos (esponjas), organismos sin verdaderos órganos (por ejemplo, las medusas).

La adecuada enseñanza de las Ciencias requiere realizar un esfuerzo de transposición didáctica de conceptos complejos para que puedan ser asimilados por los alumnos. En este proceso se corre el peligro de tergiversar o desnaturalizar los contenidos, induciendo a veces a errores. Veamos algunas situaciones comunes en los textos analizados.

1. Linhares y Gewandsznajder (2000:19) escriben: *“Tejidos semejantes forman un órgano.”* En realidad, los órganos están formados por asociación de tejidos diferentes. Así, en el intestino encontramos un tejido epitelial que limita, protege y secreta, el tejido conjuntivo que contiene reservas, proporciona defensa inmunitaria y vascularización, el tejido muscular que efectúa movimientos, etc.

2. El concepto de organización jerarquizada puede llevar a conceptualizar a los tejidos como unidades que forman órganos, o como asociaciones de células. Holmes (1979:440) define a los tejidos como *“una organización de células similares”*, para King y Sullivan (1991:21) y para Curtis y Barnes (1987:842) los tejidos son *“grupos de células similares”*. En general, las definiciones de tejido que se centran excesiva o únicamente en los componentes celulares son inexactas, porque aunque las células son el componente más típicos, hay tejidos animales en las que incluso han desaparecido, como el esmalte dentario. Del mismo modo que un bosque no es un simple conjunto de árboles, un tejido es generalmente mucho más que una asociación de células. Incluye normalmente productos, derivados celulares y fluidos que forman la matriz extracelular (Windle, 1977:7-10; Paniagua *et al.* 1993:371). Por otra parte, los tejidos pueden considerarse como unidades que forman órganos, sin embargo Weisz (1968:146) advierte que *“No todos los tejidos se unen para formar órganos; incluso el hombre posee tejidos que no forman parte de ningún órgano”*.

3. Diversos autores consideran a los tejidos como una asociación de células de igual naturaleza o similares, sin especificar el alcance de su semejanza. Podemos encontrar esta visión en Schumacher (1955:15), Price y Reed (1974:17), Ferrer (1975:115), Curtis y Barnes (1987:842), King y Sullivan (1991:21), Stedman (1993:1352) y Mosby (2000:1216). En sus definiciones no se especifica cuál es la clase ni el grado de similitud. Si todas las células del tejido fuesen idénticas no habría problemas, pero rara vez es el caso. Así, Plattner y Hentschel (2001:368) manifiestan: *“Un tejido consiste en la asociación de células similares, de un tipo o, más frecuentemente, de varios tipos, con una estructura típica y una función en común. En la mayoría de los casos están implicados muchos tipos celulares”*.

distintos...". Stevens y Lowe (1993:2) expresan: "La biología molecular ha demostrado que células de distinto aspecto morfológico pueden agruparse debido a la existencia de propiedades o interacciones funcionales comunes".

4. Desde los inicios de la Histología, se plantearon tres criterios para la clasificación de los tejidos. Diversos autores plantean que las células asociadas en un tejido son similares simultáneamente en tres aspectos: estructura o morfología, función o fisiología y origen o embriología. Así se expresan Arévalo (1972:101), Rebollo (1973:117), Motta (1974:47), Ribas Penés (1980:32), Wallace (1995:906) y Anzalone (1999:220).

El avance del conocimiento gracias a técnicas más efectivas llevó a diversos investigadores a plantear reparos a estos tres criterios de clasificación. A pesar de ello, existe cierta inercia que ha impedido renovar los conceptos histológicos básicos. Así lo expresan, por ejemplo, Stevens y Lowe (1993:2): *"Durante muchos años se han conservado los términos y clasificaciones establecidos a partir de los primeros estudios histológicos. La información derivada de los nuevos descubrimientos sobre la estructura de la materia viva se ha intentado encajar en las ya antiguas y a menudo inapropiadas clasificaciones de células y tejidos".*

Algunos investigadores descartan el origen común como carácter definitorio, (Verne, 1960:78; Leonhard, 1984:96; Sherman y Sherman, 1987:44; Dalle Donne y Milzani, 2000:1); otros privilegian la semejanza funcional (Pecci Saavedra, Vilar y Pellegrino 1979: 55; Daintith 1982:316; Paulino, 1996:223; Bernstein y Bernstein, 1998:330; Biggs, Kapicka y Lundgren, 1999:207; Geneser, 2000: 1), aunque un tejido puede realizar varias funciones; e incluso otros se basan sólo sobre bases estructurales (Hogben, 1951: 27-28).

La clasificación funcional de los tejidos enfrenta la dificultad de cómo establecer objetivamente que una determinada función celular es la función "principal" de tal célula. La diferenciación celular implica una modificación bioquímica y morfológica gradual, lo cual produce una nueva dificultad: cómo establecer objetivamente cuándo se traspasa el límite entre la propiedad general y la función específica. Si todas las células tienen algún grado de contractilidad, ¿cuánta actina y miosina deben concentrarse y organizarse para que la célula comience a considerarse de naturaleza muscular y no epitelial?; etc. La falta de un criterio preciso y objetivo explica en parte las dificultades para definir la naturaleza de células tales como las mioepiteliales o las fotorreceptoras.

En 1914, Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) planteó la necesidad de reconocer tejidos simples, formados solo por células, y tejidos compuestos, con una mayor diversidad de componentes y funciones (Terrada y López Piñero, 1974:42). Stevens y Lowe (1993:3) escriben: *"Un tejido es un conjunto de células ordenadas en una formación regular. Este término es útil para describir los conjuntos simples de células denominados tejidos simples. Sin embargo, la mayoría de los tejidos, aparentemente distintos, contienen una mezcla de células, matriz extracelular y productos celulares con funciones diferentes, por lo que pueden denominarse tejidos compuestos".* Por tanto, con un mismo término hablamos de dos unidades diferentes: células ordenadas regularmente ("tejidos simples") y asociaciones de células, derivados celulares y productos celulares ("tejidos

compuestos"). Se trata de los dos extremos de un continuo difíciles de delimitar. Las definiciones que se refieren a "*células de igual origen, estructura y función*" se aplican solamente a los tejidos simples, que son los menos comunes.

En síntesis, hemos de reconocer que la noción de tejido es muy ambigua y que las definiciones más comunes de tejido dadas en los textos son inexactas. Mientras algunos histólogos consideran origen, estructura y función, otros manifiestan que en un mismo tejido el origen celular puede ser variado, que la morfología celular puede ser distinta, o que las funciones pueden ser múltiples, y la aplicación simultánea de los tres criterios genera clasificaciones ambiguas o contradictorias. Por otra parte, con la mejora de las técnicas de estudio microscópico, tejidos que antiguamente se consideraban bastante homogéneos en su composición, han resultado ser complejos celulares muy diversos. Por ello suele fracasar la aplicación de las definiciones señaladas a tejidos animales concretos, con poblaciones celulares muy diferentes en su origen, estructura y funciones. Por ejemplo, nuestra epidermis está formada por queratinocitos, melanocitos, células de Merkel y de Langerhans (Hinrichsen, 1997:5-9). Estos cuatro tipos celulares tienen formas, funciones y orígenes muy diversos, por tanto, aplicando cualquiera de los criterios mencionados, la epidermis, uno de los tejidos más típicos (epitelio de revestimiento pluriestratificado plano queratinizado), ¡no podría considerarse como tejido!

Las dificultades para definir y delimitar un tejido se deben a su inexistencia real. Hay que resaltar que cuando creemos observar un tejido en realidad estamos observando células u otros materiales, que interpretamos como una unidad al integrar esos elementos en una estructura conceptual teórica, que les supone ciertos caracteres comunes relativos a su origen, estructura, organización y funciones, y que rara vez se cumplen. Esta inexistencia real del tejido ha sido expresada por diversos histólogos. Citamos dos ejemplos "*La noción de tejido es, como la de protoplasma, una noción abstracta en su origen*" (Verne, 1960:76). "*Un tejido no es un miembro bien delimitado de un sistema, es decir, una unidad comparable a la de la célula o del órgano, sino simplemente material constitutivo del organismo*" (Bargmann, 1981:92). En fecha reciente, De Juan (1999:108-110) también ha analizado el concepto de tejido como una unidad teórica y abstracta.

Por una parte, creemos que las dificultades para definir "*tejido*" derivan de la confusión entre dos niveles de integración. Habitualmente se buscan caracteres comunes al nivel de las células que forman el tejido, y no al nivel que corresponde que es el del propio tejido. En otras palabras, los caracteres estructurales, funcionales o de origen común son válidos para definir o reconocer a un determinado tejido, pero considerados a su nivel y no en la totalidad de las células que lo forman. En un tejido compuesto pueden asociarse células que presentan diferentes estructuras, funciones y origen, en una unidad continua, el tejido, a los que dan cierta individualidad: su propia estructura (derivada de las diversas estructuras de sus células y de la interacción entre ellas), sus funciones (conjunto particular de funciones derivadas de las funciones de las células que lo forman) y origen (uno o varios, según el origen de sus células).

Por otra parte, cuando se debe precisar la definición de *"tejido"* también se suelen mezclar dos problemas diferentes: la existencia de determinadas unidades relativamente independientes, a cada una de las cuales consideramos un tejido, y la reunión de varias de ellas bajo un mismo nombre genérico, es decir, la clasificación de los tejidos. Ello lleva a cierta confusión. Por ejemplo, a veces se afirma que el origen común no es un buen criterio de definición de tejido porque hay tejido muscular de origen ectodérmico, a diferencia de la mayoría de ellos, de origen mesodérmico. En este caso se está objetando el criterio de origen para agrupar varios tejidos en una misma categoría, pero cada ejemplo específico de tejido muscular tiene un solo origen, ya sea mesodérmico o ectodérmico. Se podría definir la categoría desde el punto de vista del origen de los tejidos incluidos señalando que son generalmente mesodérmicos y excepcionalmente ectodérmicos.

Recomendaciones para la enseñanza

1. Evidentemente, no queremos proponer que se elimine el concepto de tejido. Solamente sugerimos que los profesores de Biología y Ciencias Naturales deben tener conciencia de que la noción de tejido depende más del sistema conceptual que se usa para definirlo que de su naturaleza. Los tejidos son unidades abstractas que carecen de la existencia "real" en el sentido que lo puede tener la célula o el órgano. El tejido es útil para fines descriptivos porque facilita la comunicación y el conocimiento racional de la estructura de los animales, pero se trata de una entidad teórica irreal, por lo que en su aplicación, delimitación y clasificación deben utilizarse convencionalismos.

Podemos hacer una analogía con el concepto de "barrio" (en Chile, "comuna"). Las casas, análogamente a las células, existen y pueden ser reconocidas, contadas y limitadas; también podemos aceptar que existe la ciudad, que podemos conceptualizar como una entidad análoga al organismo. El reconocimiento de los barrios o comunas, en cambio, es convencional, aunque importante para el buen manejo administrativo de la ciudad, recolección de basuras, entrega de correspondencia, atención en salud o educación. Sería absurdo eliminar los barrios o comunas debido a que son entidades arbitrarias y convencionales, más productivo es sugerir el establecimiento de las mismas de acuerdo a los criterios más prácticos o útiles para los fines requeridos.

2. Es conveniente que el profesor de Biología sea consciente de las dificultades que plantea la definición del concepto "tejido animal", y que la mayoría de las definiciones que entregan los textos son deficientes o incorrectas. El profesor puede sugerir al curso que compare diferentes definiciones y las discuta. Sería deseable aproximarse a una definición similar a la siguiente: Tejido animal es una unidad morfofuncional continua, delimitada en mayor o menor grado, formada por un tipo o una combinación específica de células diferentes, sus productos y derivados, que forma órganos o se encuentra entre los órganos. Si bien los componentes celulares de un mismo tejido pueden diferenciarse por su estructura, funciones y origen, cada tipo de tejido representa una unidad que puede caracterizarse en relación a estos tres criterios.

3. El profesor de Biología debe ser consciente de que con el mismo término, "tejido", podemos referirnos a dos unidades diferentes, correspondientes a niveles distintos de organización: células de un mismo tipo ordenadas regularmente ("tejidos simples") y asociaciones de diversas células, sus derivados y productos ("tejidos compuestos"). Se trata de los dos extremos de un continuo. Se puede plantear al curso el ejercicio de comparar tejidos de diversa naturaleza, para que los mismos alumnos descubran las diversas situaciones que pueden encontrarse.

4. Se debe ser consciente de la existencia de tres problemas asociados pero diferentes: la definición de "tejido", su clasificación y su delimitación.

Los tejidos animales básicos o fundamentales

Basándose en diferentes criterios, en 1800 y 1801, Xavier Bichat reconoció 21 clases de tejidos animales (Bynum, Browne y Porter, 1986:545; Carrascal, 1991, 1:245). En el otro extremo, otros investigadores reconocieron solamente dos tipos básicos. Así Wilhelm His (1831-1904) habló de tejidos arquiblasticos y parablasticos, Theodor Schwann (1810-1882) distinguió entre tejidos de células poco modificadas y tejidos de células estiradas en fibras o canales (Terrada y López Piñero, 1974:42; Carrascal, 1991, 1:245).

El origen posee actualmente escaso valor como criterio de clasificación, pues por ejemplo los epitelios provienen de cualquiera de las capas embrionarias. Aunque los criterios estructural y funcional también son cuestionables, actualmente se aceptan por lo general cuatro tejidos animales básicos o fundamentales, siguiendo los trabajos de mediados del siglo XIX de Rudolf Albert von Kölliker (1817-1905) y de Franz Leydig (1821-1908). Estos son los tejidos epitelial, conjuntivo, muscular y nervioso. Esta clasificación es fundamentalmente morfofisiológica, se basa en aspectos estructurales y funcionales, aunque secundariamente incorpora criterios como origen, grado de diferenciación, autonomía o capacidad de regeneración (Arévalo, 1972:102-104; Mery, Grunert y Morales, 1979:20-23). Las clasificaciones tradicionales no están exentas de problemas. De tal problemática da fe el hecho de que diversos investigadores agregan uno o dos tejidos a los cuatro básicos, o bien excluyen a alguno de ellos. Además, cuando se quiere delimitar un tejido de otro o realizar divisiones entre tejidos pertenecientes al mismo tejido básico también se presentan diversas dificultades. Vamos a comentarlas en diverso grado.

1. Ningún tejido se encuentra en forma pura ni aislada. Rondón de Ortiz y García de Zamora (1998:21) afirman: *"En general, en el organismo, los tejidos no existen en estado puro, ellos se yuxtaponen donde se entremezclan y se combinan para formar los órganos"*. Se estudia cada uno separadamente, pero todos son interdependientes. Los epitelios tienen fibras nerviosas, y a veces neuronas; el tejido conectivo contiene generalmente nervios y vasos con sangre o linfa en su interior, etc.

2. La separación de los tejidos básicos es especialmente discutible en animales simples. La Histología animal se ha centrado especialmente en la descripción de los tejidos de vertebrados, pero en diversos invertebrados

existen tipos celulares y tejidos peculiares (Gardiner, 1978: 116-121; Welsch y Storch, 1980:64).

3. Las características que utilizan los textos para definir a los tejidos epiteliales no están libres de dificultades. El carácter epitelial más distintivo, su disposición celular estrecha, con escaso o nulo material extracelular, tiene excepciones. Así, los epitelios reticulares tienen células separadas por tejido conjuntivo, y se encuentran en el timo, en el retículo estrellado del órgano del esmalte y sobre la amígdala palatina y adenoides (Craigmyle, 1975:8-9; Krstic, 1989:56-61). Inversamente, existen muchos tejidos no epiteliales que presentan estrecha yuxtaposición celular. Algunos autores los califican como "epitelioides" o "con disposición epitelioides" (Arey, 1972:34; Maillet 1980, 1:6), para distinguirlos de los verdaderos epitelios. También es destacable la controversia respecto a la naturaleza de los "endotelios", que revisten vasos sanguíneos, linfáticos y corazón, y los "mesotelios", que forman parte de las membranas serosas. A veces se les considera verdaderos epitelios simples planos (Windle, 1977:57; Bacon y Niles, 1983:56; Leeson, Leeson y Paparo, 1990:103; Fawcett, 1995:67,178; Geneser, 2000:157-158) y otras veces se les clasifica entre los tejidos conjuntivos (Verne 1960:100; Craigmyle, 1975:23,28; Cormack 1988:205). Otros tejidos de difícil clasificación son los epitelios sensoriales y neuroepitelios. Según Motta (1974:50) y Grau y Walter (1975:27,182), un verdadero epitelio sensorial está formado por células epiteliales (gustativas, acústicas y del equilibrio) que reciben estímulos y conducen impulsos hacia neuronas intercaladas. En cambio, en los neuroepitelios las células epiteliales son de sostén y las sensoriales intercaladas tienen naturaleza nerviosa (epitelio olfatorio y retina). Sin embargo, algunos investigadores consideran también como epiteliales a los fotorreceptores retinianos y a las células olfatorias, junto con las acústicas y gustativas, bajo la denominación de "epitelios especiales" o "neuroepitelios" (Snell, 1984:98; Tchernitchin, 1995:55).

4. Los tejidos musculares tampoco son claramente definibles. La característica más típica del músculo, y a veces la única que se incluye en su definición, es funcional: su especialización en la generación de movimientos. Sin embargo, existe tejido muscular formado por miocitos incapaz de contracción, como los miocitos conductores del miocardio (Amenta, 1992:139). Existen células con abundante actina y miosina organizadas en filamentos contráctiles, que simultáneamente presentan características de células epiteliales, por lo cual es dudosa su adscripción a uno u otro de estos tejidos. Por ejemplo, las células "mioepiteliales" o en cesta, que rodean a los adenómeros en las glándulas mamarias y salivales. Algunos textos las clasifican como una variedad de epitelio (Cormack, 1988:184; Leeson, Leeson y Paparo, 1990:123; Paulsen, 1991:73; McKenzie y Klein, 1999:160,202) y otros como una variedad especializada de músculo liso (Vaquero Crespo, 1982:129; Poirier, 1985, 1:109; Junqueira y Carneiro, 1987:91; Carrascal, 1991, 1:354; Stevens y Lowe, 1993:57). En invertebrados, como ciertas medusas, se encuentran células epiteliomusculares, compuestas por una parte apical sin actina ni miosina y otra, basal, con abundancia de estas proteínas (Gardiner, 1978:107).

El tejido muscular suele dividirse en "músculo estriado" y "músculo liso o no estriado", sobre la base de la existencia o no de estriaciones

transversales visibles al microscopio. Los músculos estriados son de dos tipos: esqueléticos y cardíacos. Un error bastante frecuente es denominar "estriado" al músculo esquelético (Copenhaver, Kelly y Wood, 1981:238; Weisz y Keogh, 1987:164; Leeson, Leeson y Paparo, 1990:235,236; Otte, 1995:39), o considerar a ambos términos como sinónimos, por lo cual el músculo cardíaco queda en tierra de nadie o se induce a pensar que quizás sea una variedad de liso. En la clasificación de los tejidos musculares se agrega una segunda dificultad, al separarse en voluntarios e involuntarios. Esta subdivisión crea numerosas confusiones. Existen músculos esqueléticos (que son considerados a veces como "estriados voluntarios") que tienen contracción involuntaria, como los de la primera porción del esófago (Amenta, 1992:139). En un texto de enseñanza media se afirma que "*la contracción del tejido muscular estriado es voluntaria*" (Arribas *et al.*, 1995:159) pero a continuación se dice que "*el tejido muscular cardíaco, exclusivo del corazón, está constituido por fibras musculares estriadas*". Hay aquí una contradicción evidente, porque el tejido muscular cardíaco es involuntario.

5. Respecto al tejido nervioso, su delimitación del epitelio tampoco es fácil, y de hecho algunos histólogos resaltan su origen a partir de epitelios (Weisz y Keogh, 1987: 162; Junqueira y Carneiro, 1987:173) o lo definen como un tejido epitelial especializado (Gardiner, 1978:112; Tchernitchin, 1995:107). Durante el desarrollo embrionario, el tejido nervioso deriva de un epitelio y mantiene una organización con células asociadas estrechamente, muchas de ellas con funciones secretoras similares a las de los epitelios glandulares.

La confusión más habitual en los textos de enseñanza media se ilustra bien en Alvarez *et al.* (1995:14): "*las neuronas son las células que forman el tejido nervioso*", lo cual induce a pensar que las neuronas son las únicas células del tejido nervioso e ignora la existencia de células gliales. En otra página del mismo libro se menciona a la glía como un tejido, lo cual podría explicar que se le excluya del tejido nervioso, pero inicialmente en este texto se clasifican a los tejidos animales en epitelial, conjuntivo, cartilaginoso, óseo, muscular y nervioso, por lo tanto queda claro que para estos autores la glía no constituye un tejido independiente, y quizás lo consideren como una variedad de tejido conjuntivo. También en textos superiores encontramos cierta confusión, así Werner (1961:40) define a la neuroglia como "*tejido intersticial no nervioso del sistema nervioso*".

6. El concepto de tejido conectivo o conjuntivo presenta las mayores dificultades, siendo incluso discutible su calidad de tejido. Ya en 1857, Franz Leydig distinguía a la "substancia conjuntiva" junto a los tejidos epitelial, nervioso y muscular (Terrada y López Piñero, 1974:42). Stevens y Lowe (1993:3) escriben: "*La única excepción a la aplicación aceptable del término tejido es la antigua expresión "tejido conectivo", que era utilizada para describir una gran variedad de materiales vivos que contenían células asociadas a un componente de matriz celular importante*".

Las mayores dificultades se presentan en la clasificación y delimitación de las variedades del tejido conjuntivo. Bargmann (1981:108) dice que "*cualquier sistema que escojamos para el caso concreto de los tejidos de sostén se revelará como un lecho de Procusto*", en otras palabras, todas las

clasificaciones resultan defectuosas. Por lo general, se clasifican, según la consistencia de la matriz extracelular, en esqueléticos, conjuntivos y sanguíneos. Aunque pueden parecer muy claras las diferencias entre el tejido óseo, el conectivo laxo y la sangre, representantes típicos de cada uno de ellos, la separación no es precisa. Los tejidos hematopoyéticos son incluidos a veces entre los conjuntivos y otras veces se reúnen con la sangre, a la que dan origen y con la que comparten elementos celulares, lo cual parece lógico. El tejido hematopoyético llamado "médula ósea hematogena" puede experimentar gradualmente una transformación adiposa (médula ósea amarilla), asemejándose al tejido adiposo, además estos tejidos están relacionados por su origen, funciones y por su trama de fibras reticulares, por lo cual Grau y Walter (1975:32) incluyen al tejido adiposo y a los tejidos hematopoyéticos en un mismo grupo, el tejido conectivo reticular. El tejido adiposo se encuentra a menudo mezclado con el tejido conjuntivo laxo, que puede adquirir gran cantidad de adipocitos formando una especie de transición entre ambos (fibroadiposo). Por lo tanto, partiendo desde la sangre llegamos gradualmente hasta el tejido conjuntivo más típico, el laxo o areolar.

En el otro extremo, entre los tejidos esqueléticos, el fibrocartilago es intermedio entre el cartilago hialino y el tejido conjuntivo compacto regular u ordenado. Como expresa Werner (1961:21), *"se hace difícil en algunos casos determinar si un tejido es fibrocartilago o tejido conectivo colágeno denso"*. Por ello, es lógico incluir a este último tejido en el mismo grupo de los tejidos esqueléticos, como hacen Cormack (1988:326) y Bargmann (1981:108,134). Pero hay formas intermedias entre los tejidos conjuntivos compactos regulares e irregulares, por ejemplo ligamentos, fascias, periostio, pericondrio y esclerótica (Amenta, 1992:71), y formas intermedias entre el tejido conjuntivo irregular y el laxo o areolar, como los tejidos membranosos y lamelares (Rebollo, 1973:170-171; Mery, Grunert y Morales, 1979:78). En consecuencia, partiendo desde el otro extremo llegamos nuevamente en forma gradual hasta el tejido conjuntivo más típico, el conjuntivo laxo o areolar. Hay una secuencia gradual de tejidos intermedios desde la sangre hasta el tejido óseo, lo cual justifica la idea de la inexistencia real del tejido conjuntivo (Stevens y Lowe, 1993:3), mezcla de distintos componentes en diferentes proporciones, variables espacial y temporalmente en un organismo.

7. Finalmente hemos de abordar el conflictivo caso de la naturaleza de la sangre. Los pueblos antiguos reconocían que la pérdida de sangre podía llevar a la muerte, por lo cual se le atribuyó propiedades mágicas (Sherman y Sherman, 1987:251), y los griegos la elevaron al rango de uno de los cuatro humores componente de nuestro organismo. Desde entonces, su naturaleza ha sido muy debatida. En los textos se encuentran diversas opiniones.

Por influencia de una concepción intuitiva, durante siglos se consideró a la sangre como un líquido, y célebres histólogos de la escuela alemana, como Franz Leydig y Rudolph Albert von Kölliker, la consideraron un medio líquido con substancias en suspensión. Tal criterio se ha mantenido en autores como Di Fiori (1963:342), Grau y Walter (1975:17), Vogel y Angermann (1985:67, 285), Crouch y McClintic (1980:110) y Paulsen (1991:218-227). Welsch (1999:112-117) no describe a la sangre entre los

tejidos, sino en el capítulo de anatomía microscópica. Algunos textos mantienen una cierta ambigüedad al decidir si la sangre es un tejido o un fluido: Schumacher (1955:81) la incluye al final de los cuatro tejidos básicos, bajo el título de *"los elementos figurados de la sangre y de la linfa"*; Rebollo (1973:237-254) la analiza en un capítulo intercalado entre el del tejido conjuntivo y el del tejido muscular. Ferrer (1975:182-201) trata a la sangre en un capítulo bajo el título de *"tejido hemático"*, que comienza con la aclaración: *"Mucho se ha discutido si la sangre merece, por su estructura, el nombre de tejido, o bien si constituye simplemente un humor. Nosotros prescindimos de esta discusión y entramos en su descripción"*. Ribas Penés (1980:84) la coloca en un apéndice, después de tratar a los diferentes tejidos.

Si aceptamos que la sangre es un tejido de consistencia fluida, se plantea un nuevo problema: ¿dónde establecer el límite, y sobre qué bases, entre un tejido fluido como la sangre y un fluido derivado de la sangre, como es, por ejemplo, el humor acuoso?. ¿Deben ser considerados como tejidos también la linfa y el líquido cefalorraquídeo? Ambos contienen células, aunque en una concentración inferior a la de la sangre (Dufresne, 1972:23-29; Ross, Reith y Romrell, 1992:305-308). Otte (1995:27) elimina a la sangre de la lista de tejidos básicos, pero por mantener una opinión extrema en sentido opuesto, que la sangre es un órgano: *"El caudal sanguíneo es, en realidad, un verdadero órgano de jerarquía superior"*.

En general predomina la idea de considerar a la sangre como un tejido, aunque se siguen manteniendo dos posiciones principales: o se le considera como uno de los tejidos básicos, bajo el nombre de tejido sanguíneo, hemático, vascular o simplemente *"sangre"* (Gardiner, 1978:106; Nason y De Haan, 1980:199; Bacon y Niles, 1983:157; Wheeler, Burkitt y Daniels, 1987:36,37; Fawcett, 1995:121; Alberts *et al.*, 1996:1017; Hickman, Roberts y Parsons, 1998:38; Cooper, 2002: 14) o bien, como opina una gran mayoría, se conceptualiza como una variedad especializada de tejido conjuntivo (Verne, 1960:79; Werner, 1961:27; Price y Reed, 1974:55; Greep y Weiss, 1975:285; Schuchner y Pérez Lloret, 1976:172; Warren y Jeynes, 1983:39; Krause y Cutis, 1983:79; Cormack, 1988:190, 230; Feeback, 1989:41; Johnson, 1990:123; Amenta, 1992:63; Ross, Reith y Romrell, 1992:183; Dellmann, 1994:59; Burns y Cave, 1996:61,114; Boya Vegue, 1996:55; McKenzie y Klein, 1999:211; Geneser, 2000:235).

Algunos histólogos no se pronuncian con claridad respecto a la clasificación de la sangre (Corset, 1968:21), o como Patt y Patt (1969:226) consideran a la sangre como un tejido fluido, y aunque no la incluyen entre los tejidos conectivos, reconocen que *"se diferencia en íntima asociación con el tejido conectivo"*.

Existen tanto argumentos a favor como en contra para considerar a la sangre como variedad de tejido conjuntivo. Por su profusión y particular especialización en el ámbito de los textos superiores, no vamos a reproducir tales argumentos. Hay que considerar, por tanto, que aunque la opinión mayoritaria considera a la sangre como tejido (sea variedad de conjuntivo o sea tejido básico), dada la complejidad de la materia es lógico encontrar que en varios textos de enseñanza media se considere a la sangre como un líquido, aún reconociendo sus elementos celulares (Anguita *et al.*, 1996:88).

Esta conceptualización es más común en textos del último año de educación primaria, sexto curso, que consideran a la sangre como un líquido que contiene elementos celulares, escapando de tal nivel escolar el propio concepto de célula (Jiménez y Blázquez García, 1995:36; Orpinell *et al.*, 1995:155).

Recomendaciones para la enseñanza

1. El profesor debe ser consciente que la delimitación precisa de los diferentes tipos de tejidos animales en muchas veces imposible. Los tejidos rara vez se encuentran formando unidades puras y claramente delimitadas. En muchos casos, como en la clasificación de las variedades de tejido conectivo, el reconocimiento de diferentes variedades es arbitrario. Se opta generalmente por describir tejidos típicos (areolar, adiposo, hematopoyético, etc.) y se señalan sus ubicaciones, indicándose que en ciertas partes del organismos existen variedades intermedias o mezclas de algunos de ellos.

2. Se puede aprovechar didácticamente la diversidad de las clasificaciones histológicas propuestas en textos de estudio, pidiendo a los alumnos que extraigan clasificaciones de diversas fuentes y luego las comparen y discutan. A partir de esta experiencia, los alumnos pueden tomar conciencia que existen conceptos que son simplemente abstracciones que facilitan la comprensión y la comunicación de ideas. También deberán apreciar que son válidas diferentes clasificaciones que toman como base diferentes caracteres, y que en muchos casos es discutible cuál pueda ser "mejor" o "peor", de modo que no es lo mismo un error en un texto que un punto de vista diferente al tradicional.

3. La clasificación de los tejidos que presentan características morfológicas intermedias entre dos grupos puede ser arbitraria. Sugerimos concordar un criterio básico de clasificación para los diferentes tejidos fundamentales, y jerarquizar los otros dos, utilizando siempre el mismo criterio secundario, y en tercer lugar el restante. Proponemos que el criterio principal sea el estructural, puesto que la histología es eminentemente una ciencia morfológica, que trabaja fundamentalmente con preparaciones y fotografías. Una vez agotado ese criterio, puede apelarse a las funciones, que en muchos casos son múltiples y que de alguna manera se asocian con la estructura. Como tercer criterio se consideraría el origen. Aplicando este principio la sangre debería considerarse un tejido fundamental, separándose estructuralmente del conectivo del cual deriva, de la misma forma que el tejido nervioso se considera un tejido fundamental diferente del epitelial del que deriva.

4. Se debe tener presente que generalmente los textos de histología describen tejidos humanos, pero en otros animales, especialmente invertebrados, se encuentran tejidos diferentes y las clasificaciones en histología comparada requieren algunas modificaciones.

5. Sugerimos plantear a los alumnos la antigua discusión acerca de si la sangre es un fluido o un tejido, después de hacer un análisis de la composición de la sangre y confrontándola con la definición de tejido.

6. Respecto a si la sangre es un tejido básico o una variedad especializada de tejido conjuntivo, el profesor puede hacer algún ejercicio

que permita a los alumnos comparar a la sangre con los tejidos conectivos propiamente tales y esqueléticos, en cuanto a composición, funciones y origen. Se puede plantear una discusión acerca de los tejidos básicos y comparar el grado de similitud o de diferencia entre la sangre y los tejidos trofoconjuntivos, por una parte, y entre el tejido nervioso y los epitelios por otra. Cualquiera sea la conclusión a la que se llegue, deberá tenerse especial cuidado de mantener un mismo criterio a través de un mismo curso o de un mismo texto.

La terminología histológica

En la enseñanza de la Histología existen problemas de terminología, que son dificultades independientes de la naturaleza del material en estudio. El profesor de ciencias debe asumir un papel de guía en el uso de la terminología científica siendo importante que tenga claridad en el uso y definición de términos de su especialidad. El lenguaje científico-técnico se encuentra en constante evolución, pero los educadores tenemos en parte la responsabilidad de efectuar aproximaciones y rectificaciones que mejoren su utilización (Tamayo y González, 1998). En el uso de la terminología histológica podemos encontrar varios problemas.

1. El uso en muy diferentes sentidos de un mismo término, como la palabra "fibra" (Welsch, 1999:244). El nombre "fibra muscular" se refiere a una célula individual (miocito) si se trata de músculo liso, a un conjunto de células asociadas en red en el músculo cardíaco y a una masa de células fusionadas en el músculo esquelético. El término "fibra" aplicado al tejido nervioso se refiere al axón con sus vainas y a las prolongaciones citoplasmáticas de las células neurogliales.

2. A veces una misma palabra se utiliza con diferente amplitud, por lo cual un alumno puede confundirse consultando dos textos. Por ejemplo, los nombres "*tejido conjuntivo*" o "*tejido conectivo*" se usan de forma amplia para designar a uno de los tejidos básicos; o en sentido más restringido se aplican a un subgrupo del mismo tejido básico. También puede ocurrir que un texto o el mismo profesor cambien desde el sentido amplio al restringido, o viceversa, confundiendo al alumnado.

En realidad, existen diferencias de opinión respecto al uso de los términos "conjuntivo" y "conectivo". Hay histólogos que utilizan una sola de estas denominaciones, otros emplean ambas como sinónimos, los hay que incluyen a los tejidos conectivos entre los conjuntivos, y los que por el contrario incluyen a los conjuntivos como una variedad de tejidos conectivos. Otras denominaciones pueden provocar aún más confusión: "tejido de sustancia conjuntiva" (Di Fiori, 1963:183), "tejidos derivados del mesénquima" (Ferrer, 1975:131), o "tejido con sustancia fundamental" (Mery, Grunert y Morales, 1979:58).

3. Numerosos términos histológicos son de origen alemán, inglés o francés. En algunos casos no existe una traducción única al castellano, o habiéndola, surgen dificultades cuando los traductores no están familiarizados con algunos tecnicismos. Por ejemplo, las células "*cebadas*" fueron denominadas así (en alemán, "*mastzellen*", de *mast*, bien nutrido) por Paul Ehrlich, que las creyó "*bien alimentadas*", "*muy nutridas*" porque

interpretó sus gránulos como materiales de reserva. El término alemán "*mastzellen*" pasó al inglés como "*mast cell*" y al castellano como "*mastocito*", pero algunos traductores le han asignado a estas células erróneamente nombres que tienen significados diferentes, como "*células mástiles*" (Kimball, 1982:586).

4. Gran parte de la nomenclatura histológica está regulada y recomendada por la Nomenclatura Anatómica, elaborada por el Comité Internacional de Nomenclatura. Existen muchos términos dedicados a personas (epónimos), que no han podido eliminarse a pesar de que están excluidos de la Nomenclatura Anatómica y algunos términos excluidos se suelen utilizar en traducciones al castellano, aunque en las ediciones originales se emplea el término correcto. Es lo que ocurre, por ejemplo, con los nódulos linfáticos, que aunque en textos originales en inglés se denominan correctamente "*lymph nodes*", en las traducciones al castellano de los mismos suelen llamarse "*ganglios linfáticos*" (compárese, por ejemplo, Bergman, Afifi y Heidger, 1996:143-145, con Bergman, Afifi y Heidger, 1997:157-158), aunque la Nomenclatura Anatómica señala que el término "ganglio" debe emplearse solamente para estructuras nerviosas.

5. Ocasionalmente el avance de los conocimientos produce cambios en ciertos conceptos a los que se han asociado ciertos nombres tradicionales, lo cual hace recomendable cambiar la denominación. Sin embargo, algunos textos o profesores continúan utilizando el nombre previo, que pasa a ser incorrecto. Por ejemplo, antiguamente al epitelio ovárico se le denominó "*epitelio germinativo*", porque se creía que formaba las células germinativas primordiales u oogonias. Aunque se ha desechado tal idea, el nombre suele mantenerse (Paulsen, 1991:470; Hinrichsen, 1997:306), induciendo un error conceptual.

6. Existe un uso informal del término "*tejido*" que puede llevar a confusiones. Por ejemplo, términos tales como "tejido mamario" o "tejido articular", no son verdaderos nombres taxonómicos, sino expresiones de uso corriente para facilitar la comunicación y referirse no a un tejido específico sino a un conjunto indefinido de tejidos diferentes que se encuentran en un órgano o en una zona corporal determinada.

Recomendaciones para la enseñanza

1. Es conveniente estar atento a la aplicación de ciertos términos que puedan causar confusión en los alumnos, y utilizar un lenguaje no ambiguo. En el caso de la palabra "fibra", que se usa en muy diferentes sentidos, es conveniente que el profesor advierta a los alumnos que solamente significa una estructura alargada, de cualquier tipo. Al referirse a las fibras del tejido conjuntivo, el profesor puede aprovechar la oportunidad de advertir que no se confundan con otros tipos de "fibras". También hay que evitar la terminología antigua y advertir acerca del uso informal del término "*tejido*" en términos como "tejido mamario".

2. Para evitar confusiones en la aplicación de los nombres "*tejido conjuntivo*" o "*tejido conectivo*", sugerimos que el profesor advierta a los alumnos de sus diferentes usos. Para designar al tejido fundamental, sugerimos el término alternativo "*tejido trofoconjuntivo*", el término "*tejido*

conectivo propiamente tal" se puede usar para la agrupación de estos tejidos que excluye a los esqueléticos y sanguíneo, y la variedad más común del mismo puede designarse como "*tejido conectivo laxo o areolar*". Se podría hacer un ejercicio para que los alumnos, a partir de frases extraídas de diferentes textos, indiquen en qué casos el término "conectivo" o "conjuntivo" se está aplicando a uno u otro de estos niveles.

3. El profesor puede adelantarse a la posible confusión entre términos similares, aprovechando estas similitudes para enseñar las principales raíces griegas y latinas de uso común en Biología, cuyo conocimiento facilita el aprendizaje y evita confusiones. Muchos problemas de terminología desaparecerían si los textos y profesores utilizaran regularmente la nomenclatura sugerida por la Nómina Anatómica.

Tejidos y órganos

Un órgano es una asociación de tejidos diferentes que actúan en forma coordinada. Sin embargo, en diversos textos de estudio, probablemente por una mal entendida simplicidad didáctica, se afirma o se induce a pensar que determinado órgano está formado solamente por un tejido, lo cual además de ser inexacto lleva a los estudiantes a confundir dos niveles de organización conceptualmente diferentes. Refiriéndose al tejido epitelial, Alvarez *et al.* (1995:8) escriben: "*La piel es un tipo especial de este tejido*". Sin embargo, la piel está formada por epidermis (tejido epitelial), dermis (tejido conjuntivo) e hipodermis (tejido conjuntivo y adiposo).

Otro ejemplo de confusión frecuente entre tejido y órgano se presenta entre tejido óseo y hueso. Anguita *et al.* (1996:59) dicen: "*Óseo: es el tejido que forma los huesos*". El hueso es un órgano formado por tejido óseo, pero también por otros tejidos (conjuntivo, nervioso, vasos, etc). En muchos textos de Histología se mezclan referencias al "hueso" considerado como órgano y como tejido, y se refuerza la confusión al incluir en el capítulo sobre "tejido óseo" temas relativos al hueso como órgano, tales como la estructura general del hueso, la histología de las articulaciones, crecimiento y remodelación de los huesos, reparación de fracturas o los mecanismos de osificación.

El tejido cartilaginoso abunda en órganos que erróneamente son llamados "cartílagos" en las siguientes frases: "*La faringe se continúa con la laringe, formada por un cartílago*" (Arribas *et al.*, 1995:105) y "*La laringe es una cavidad formada por cartílagos*" (Orpinell *et al.*, 1995:147). La laringe, como todos los órganos, presenta diversos tejidos. También suele confundirse "*tejido muscular*" con el órgano llamado "*músculo*".

El uso inapropiado del término "*glándula*" es un ejemplo de confusión conceptual entre los niveles celular, tisular y de órganos. Según Maillet (1980:2-3), el término glándula se comenzó a utilizar en el siglo XVII para designar a las estructuras lobuladas. Se trataba inicialmente de un término exclusivamente morfológico, que describía órganos como parótida, nódulos linfáticos, riñón, bazo, etc. A fines del siglo XIX se limitó su empleo para las estructuras especializadas en la síntesis de productos útiles (secretoras) o para la eliminación de desechos (excretoras). Habitualmente se utiliza para las secretoras. En ocasiones un epitelio de revestimiento puede llegar a

formar un epitelio especializado en la secreción y que se denomina "epitelio glandular". Además, existen epitelios de revestimiento con funciones secretoras, como el epitelio gástrico, que forman láminas secretoras, y células, como las llamadas "caliciformes", especializadas en la secreción y que forman parte de epitelios de revestimiento. La confusión conceptual se produce al clasificar a estos epitelios, que también se incluyen como epitelios glandulares, como "glándulas". Se produce así el uso ambiguo del término "glándula", que se define de dos formas (López Muñoz, 1996:5) y la imprecisión en la distinción de tejidos epiteliales de revestimiento y glandulares.

Recomendaciones para la enseñanza

1. El profesor debe tener especial cuidado en no simplificar la exposición de la materia hasta el extremo de señalar la existencia de un solo tejido en un determinado órgano, aunque éste tenga un tejido predominante, mediante frases inexactas tales como "la lengua es un músculo..." En general es necesario tener cuidado en no generalizar excesivamente ni realizar afirmaciones categóricas, especialmente al resumir algún tema, y al analizar las características o distribución de cada tipo de tejido, es conveniente advertir cuando existan excepciones importantes, situaciones ambiguas o casos especiales.

2. Tanto en textos básicos como en el desarrollo de cursos de histología se debería evitar mezclar contenidos del nivel de tejidos con otros del nivel de órganos, especialmente en referencia al tejido muscular, al tejido óseo y al tejido nervioso, lo cual implica reajustar los capítulos o las clases. Por ejemplo, en lugar de dedicar una sesión al tejido óseo en la que se incluye aspectos relativos al hueso como órgano, otra acerca del tejido cartilaginoso con contenidos del cartílago, y una tercera acerca del tejido muscular que incorpora aspectos de los órganos llamados músculos, es preferible dedicar una sesión a los tejidos esqueléticos (cartilaginoso y óseo), una segunda al tejido muscular, y en la parte correspondiente a la organología la tercera sesión acerca del aparato locomotor o sistema osteomuscular, que incorpora además la descripción del tendón. Análogamente, las meninges y el líquido cefalorraquídeo son más apropiadamente incluidas en el contexto del sistema nervioso, no en el relativo al tejido nervioso. Así lo hace, por ejemplo, el texto de Rebollo (1973:347, 442).

3. Debe tenerse especial cuidado para utilizar apropiadamente el concepto de "glándula". Ello implica considerar a las láminas secretoras como epitelios de revestimiento con función secretora y a las células caliciformes como células especializadas en la secreción que son constituyentes de un epitelio de revestimiento. El nombre "epitelios glandulares" debe reservarse para las unidades epiteliales secretoras de las glándulas, entendidas éstas como órganos formados por diversos tejidos.

Concepciones previas

Los textos y el profesorado, como hemos venido comentando, pueden ser el origen de conceptos erróneos del alumnado. En la enseñanza de la citología se han descrito varias concepciones previas muy comunes (Dreyfus y Jungwirth, 1989; Mondelo et al., 1997) que confluyen en la enseñanza-

aprendizaje de la Histología animal. De nuestra experiencia docente destacamos las siguientes concepciones erróneas del alumnado.

1. De acuerdo con una concepción empirista-positivista del mundo, los alumnos suelen creer que en la naturaleza existen objetos y fenómenos claramente delimitados, de modo que la labor del científico se limitaría a descubrir y describir *"lo que está ahí"*. Por lo tanto, en todos los campos exigen clasificaciones absolutas, precisas, sin excepciones, y esperan respuestas inequívocas. A los alumnos les cuesta entender que las clasificaciones biológicas se han ido construyendo trabajosamente mediante el análisis de miles de casos, que los conceptos han ido cambiando a través de la historia, que pueden aplicarse diferentes criterios en la clasificación de las mismas entidades, que pueden haber situaciones intermedias, que las clasificaciones son meros instrumentos establecidos para facilitar la comunicación, organizar el conocimiento y facilitar el intercambio de ideas, pero que sin embargo cualquier clasificación es en parte arbitraria o convencional.

2. Los alumnos suelen pensar que cada estructura realiza una sola función y que cada función es propia de una única estructura, y a veces los textos refuerzan esa concepción intuitiva refiriéndose a *"la función"* de tal o cual célula o tejido. Sin embargo, diferentes células pueden efectuar una misma función, y una célula puede realizar numerosas funciones. La concepción intuitiva de *"una estructura – una función"* no solo tiene como consecuencia negativa que se tienda a centrar la enseñanza en una sola función para cada célula o tejido, ignorándose otras; además induce a confundir estructuras diferentes que realizan funciones similares. Por ejemplo, los oligodendrocitos y los lemmocitos o *"células de Schwann"* mielinizan a las fibras nerviosas, en el Sistema Nervioso Central y en el Sistema Nervioso Periférico, respectivamente. No solo tienen distinta ubicación sino que ambas mielinas son químicamente distintas (Vaquero Crespo, 1982:172), junto a otras importantes diferencias (Dellmann, 1994:110-111; Fawcett, 1995:373-374; Gartner y Hiatt, 1997:172; Henrikson *et al.*, 1997:75).

3. Debido a una analogía frecuente, algunas personas mantienen una concepción que considera el funcionamiento de los nervios como cables eléctricos. Tal como explican Weisz y Keogh (1987:497), *"pronto quedó claro que las neuronas no son como los hilos que conducen los electrones"*. La conducción del impulso nervioso debe explicarse en términos de cambios electroquímicos transitorios. Sin embargo, esta concepción es reforzada en algunos textos escolares, en los que se encuentran afirmaciones como las siguientes: *"está especializado en la conducción de impulsos eléctricos"* (Alvarez *et al.*, 1995:9); *"el funcionamiento del sistema nervioso se basa en los impulsos eléctricos que recorren las neuronas"* (Alvarez *et al.*, 1995:14).

4. Mucha gente cree que el pelo es una sustancia inerte simple, y algunos textos escolares refuerzan esta idea. En este caso podríamos usar los numerosos anuncios publicitarios que hablan de cómo nutrir y vitalizar el cabello para reafirmar que el pelo es una estructura epidérmica viva.

5. Los tejidos esqueléticos (cartilaginoso, óseo, dentina), son considerados por los alumnos como inertes, posiblemente por su dureza. Esta concepción se refuerza en algunos textos, debido a frases que inducen

a pensar erróneamente que el hueso es un material desprovisto de células: *"Los huesos están formados por una substancia llamada osteína y por sales cálcicas, que hacen que el hueso sea duro y quebradizo"* (Jiménez y Blázquez García, 1995:7).

6. Los alumnos creen a menudo que los nombres que se aplican a las categorías de objetos o fenómenos incluidos en una determinada clasificación, determinan estrictamente su contenido (fenómeno al que hemos llamado "etimologismo"), lo que no es verdad. Por ejemplo, los nombres de las categorías de músculos (lisos, esqueléticos, cardíacos) llevar a suponer erróneamente que el músculo cardíaco se encuentra solamente en el corazón y que todo el músculo presente en tal órgano es de ese tipo. Ambas suposiciones son falsas: también existe tejido muscular cardíaco en los grandes vasos junto al corazón y en el endocardio existen fibras musculares lisas. Hay diversos textos que refuerzan esta idea (Krause y Cutis, 1983:131; Paulsen, 1991:172; Erlandsen y Magney, 1993:50; Bergman, Afifi y Heidger, 1997:83). Citemos un ejemplo: *"Básicamente debemos considerar al músculo liso formando parte de las vísceras y de los vasos sanguíneos, al músculo estriado esquelético ubicado rodeando a los huesos y al músculo cardíaco constituyendo, como su nombre lo indica, el corazón"* (Schuchner y Pérez Lloret 1976:74).

Recomendaciones para la enseñanza

1. En los apartados anteriores se han desarrollado diversas sugerencias metodológicas que pueden prevenir, en lo posible, la influencia de los textos y del lenguaje utilizado por el profesor en el origen de las concepciones previas. Hemos de insistir en que el profesorado debe ser particularmente consciente de la importancia del lenguaje, de los criterios de clasificación que utilice, y de los ejemplos y analogías que desarrolle en sus explicaciones.

2. Para evitar el fenómeno que hemos denominado "etimologismo", recomendamos que el profesor advierta a sus alumnos que el nombre de las categorías no es previo a los agrupamientos en una clasificación, sino al revés. Los histólogos primero compararon numerosos tejidos, su distribución, estructura, funciones, origen y otras propiedades, y luego se vieron en la necesidad de escoger denominaciones para distinguir a estas agrupaciones, por ejemplo las distintas variedades del tejido muscular. Es difícil encontrar un nombre simple que separe en forma clara y sin ambigüedad a cada una de esas variedades. Puede aprovecharse esta relativa inexactitud de ciertos términos para hacer ejercicios en los que ello quede de manifiesto.

Conclusiones

A partir de los antecedentes discutidos se pueden extraer varias conclusiones generales que, junto a las recomendaciones incluidas en los diferentes epígrafes, pueden derivar en la mejora de la enseñanza de la Histología.

1. El concepto de "tejido", aunque muy útil para describir la estructura de los animales, es ambiguo, impreciso, y por lo tanto difícil de definir y de

limitar. Los criterios aceptados tradicionalmente no son válidos a la luz de los conocimientos actuales.

2. Como sucede con otros conceptos biológicos, la delimitación y clasificación de los diferentes tejidos animales son convencionales y en gran medida arbitrarias. Se utilizan abstracciones con las que el pensamiento intenta introducir orden y organización en la naturaleza, donde estas regularidades no existen.

3. Generalmente los tejidos se clasifican sobre la base del origen, estructura y función de sus células. A veces estos tres criterios no coinciden, por lo cual un mismo tejido puede ser arbitrariamente ubicado en uno u otro grupo.

4. En Histología y otras Ciencias Biológicas, coexisten en textos de estudio muchos puntos de vista, por ello no es recomendable que en los cursos se establezca un "texto guía", considerado como un libro definitivo. El alumno debe acostumbrarse a recurrir a muchas fuentes y el profesor debe poder orientarlo.

5. El alumno debe aceptar que las ciencias entregan conocimientos provisorios, en constante revisión y renovación, que el conocimiento científico, por su propia naturaleza, es falible y perfectible, y acostumbrarse a estudiar reflexivamente, sin considerar como necesariamente verdadero todo lo escrito en libros o lo afirmado por alguna autoridad.

6. Muchas ideas tradicionales han sido superadas con el avance de los conocimientos pero existe cierta inercia en los textos de estudio, en particular de enseñanza básica o media, y por lo tanto en el aula, lo que produce la conservación de conceptos y clasificaciones antiguas y la incorporación de los nuevos conocimientos en forma artificial, contradictoria o ilógica.

7. Las ideas o concepciones previas, cuya influencia en la enseñanza es bien conocida, se originan, mantienen o refuerzan mediante los textos de estudio. El profesor debe reconocer estas ideas en sus alumnos y procurar su modificación enfrentándolas al conocimiento académico.

8. Hemos desarrollado diversas recomendaciones didácticas y metodológicas para la mejora de la enseñanza. Estas consideraciones podrían ampliarse a otras disciplinas afines, considerarse en la elaboración de textos de estudios y podrían servir en investigaciones sobre su efecto en la comprensión de las materias por parte de los estudiantes.

Referencias bibliográficas

Alberts, B.; Bray, D.; Lewis, J.; Raff, M.; Roberts, K. y J.D. Watson (1996). *Biología molecular de la Célula*. 3ª ed. Barcelona: Omega.

Alvarez, M.I. et al (1995). *Ciencias de la Naturaleza. Biología y Geología 3 Curso de Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Santillana.

Amenta, P.S. (1992). *Compendio de Histología*. Barcelona: Doyma.

Anguita F. et al. (1996). *Ozono. Ciencias de la Naturaleza 1º Curso de Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: S.M.

- Anzalone, A. (1999). *Manual de Zoología*. Tomo 1. 17ª ed. Montevideo: Ediciones Ciencias Biológicas.
- Arévalo, J.L. (1972). *Manual de Histología humana*. Buenos Aires: Columba.
- Arey, L.B. (1972). *Histología humana*. México D.F.: La Prensa Médica Mexicana.
- Arribas C. et al. (1995). *Biología y Geología, 3º Curso de Educación Secundaria Obligatoria*. Zaragoza: Luis Vives.
- Bacon, R.L. y N.R. Nilis. (1983). *Medical histology*. New Cork: Springer-Verlag.
- Bargmann, W. (1981). *Histología y anatomía microscópica humanas*. 4ª ed. Barcelona: Espaxs.
- Bergman, R.A.; Afifi, A.K. y P.M. Heidger (1996). *Histology*. Philadelphia: W. B. Saunders.
- Bergman, R.A.; Afifi, A.K. y P.M. Heidger (1997). *Histología*. México D.F.: McGraw Hill Interamericana.
- Bernstein, R. y S. Bernstein (1998). *Biología*. 10ª ed. Santa Fé de Bogotá: Mc Graw Hill.
- Biggs, A.; Kapicka, C. y L. Lundgren (1999). *Biología. La dinámica de la vida*. México D.F.: Mc Graw Hill.
- Boya Vegue, J. (1996). *Atlas de Histología y Organografía Microscópica*. Madrid: Médica Panamericana.
- Burns, E.R. y M.D. Cave (1996). *Histology & Cell biology*. St. Louis: Mosby.
- Bynum, W. F.; Browne. E.J. y R. Porter (1986) *Diccionario de Historia de la Ciencia*. Barcelona: Herder.
- Carrascal, E. (1991). *Histología*. 2ª ed. 2 Vols. Salamanca: Universidad de Salamanca.
- Cooper, G.M. (2002) *La célula*. 2ª ed. Madrid: Marbán.
- Copenhaver, W.M.; Kelly, D.E. y R.L. Word (1981). *Tratado de Histología*. México D.F.: Interamericana, .
- Cormack, D. H. (1988). *Histología de Ham*. México D. F.: Harla.
- Corset, J. (1968). *Atlas d'Histologie animale*. París: N. Boubée & Cie.
- Craigmyle, M.B.L. (1975). *Atlas a color de Histología*. Madrid: Year Book Medical Publishers.
- Crouch, J. y R. McClintic (1980). *Principios de anatomía humana*. México D. F.: Limusa.
- Curtis, H. y N.S. Barnes (1987). *Invitación a la Biología*. 4ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Daintith, J. (1982). *Diccionario de Biología*. Norma.

- Dalle Donne, I. y A. Milzani (2000). *Laboratorio di Istologia*. Milano: Edizioni Unicopli.
- De Juan, J. (1978). *Objetivos, Planificación y evaluación en la enseñanza de la Histología*. Valladolid: Universidad de Valladolid, Instituto de Ciencias de la Educación.
- De Juan, J. (1999). *¿De qué están hechos los organismos?* Universidad de Alicante.
- Dellmann, H.D. (1994). *Histología veterinaria*. Zaragoza: Acribia.
- Di Fiori, M.S.H. (1963). *Diagnóstico histológico*. 5ª Ed. Buenos Aires: El Ateneo.
- Dufresne, J.J. (1972). *Citología práctica del líquido cefalorraquídeo*. Basilea: Ciba-Geigy.
- Dreyfus, A. y E. Jungwrth (1989). The pupil and the living cell: a taxonomy of dysfunctional ideas about an abstract idea. *Journal of Biological Education*, 23, 49-55.
- Erlandsen, S.L. y J.E. Magney (1993) *Coloratlas Histología*. Madrid: Mosby.
- Fawcett, D.W. (1995). *Tratado de Histología*. 12ª ed. Ed. México D.F.: Interamericana-Mc Graw Hill.
- Ferrer, D. (1975). *Esquemas de Histología*. Barcelona: Espaxs.
- Feedback, D.L. (1989). *Histology*. New York: Springer-Verlag.
- Gardiner, M.S. (1978). *Biología de los invertebrados*. Barcelona: Omega.
- Gartner, L.P. y J.L. Hiatt (1997). *Histología. Texto y atlas*. México D. F.: McGraw Hill Interamericana.
- Geneser, F. (2000). *Histología*. 3ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- González, F. y M. Tamayo (2000). Sobre el origen de los conocimientos previos en Biología: Elementos comunes entre el alumnado y los libros de texto. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 13: 199-215.
- Grau, H. y P. Walter (1975). *Histología y anatomía microscópica comparada de los mamíferos domésticos*. Barcelona: Labor.
- Greep, R.O. y L. Weiss (1975). *Histología*. 3ª ed. Barcelona: El Ateneo.
- Henrikson, R.C.; Kaye, G.I. y J.E. Mazurkiewicz (1997). *Histology*. Balatimore: Williams & Wilkins.
- Hickman, C.P.; Roberts, L.S. y A. Parsons (1998). *Principios integrales de Zoología*. Madrid: Interamericana.
- Hinrichsen, C. (1997). *Organ histology*. Singapore: World Scientific.
- Hogben, L. (1951). *Principios de Biología Animal*. Buenos Aires: Ediciones Librería del Colegio.
- Holmes, S. (1979). *Henderson's Dictionary of Biological Terms*. New York: Van Nostrand Reinhold Co.

Jiménez L.E. y T. Blázquez García (1995). *"Conocimiento del Medio 6"*. León: Everest.

Johnson, K.E. (1990). *Histology and cell biology*. 2ª ed. Baltimore: Williams & Wilkins.

Junqueira, L.C. y J. Carneiro (1987). *Histología básica*. 3ª ed. Barcelona: Salvat.

Kimball, J.W. (1982). *Biología*. 4ª. ed. México D.F.: Fondo Educativo Interamericano.

King, R.J. y F.M. Sullivan (1991). *Senior Biology*. Malaysia: Addison Wesley Longman Australia Pty Limited.

Krause, W.J. y J.H. Cutis (1983). *Histología*. Madrid: Editorial Médica Panamericana.

Krstic, R.V. (1989). *Los tejidos del hombre y de los mamíferos*. Madrid: Interamericana McGraw Hill.

Leeson, T.S.; Leeson, C.R. y A.A. Paparo (1990). *Texto/Atlas de Histología*. México D.F.: Interamericana Mc Graw Hill.

Leonhard, H. (1984). *Histología, Citología y Microanatomía humanas*. 2ª ed. Barcelona: Salvat.

Linhares, S. y F. Gewandsznajder (2000). *Biología Hoje. Volume 1. Citología, Histología, Origem da Vida*. Sao Paulo: Editora Atica.

López Muñoz, A. (1996). *Histología general humana*. Cádiz: Servicio de publicaciones Universidad de Cádiz.

Maillet, M. (1980). *Histología e Histofisiología humanas*. Madrid: Ed. AC.

McKenzie, J.C. y R.M. Klein (1999). *Basic concepts in cell Biology and Histology*. New York: Mc Graw Hill.

Mery, C.; Grunert, G. y B. Morales (1979). *Elementos de Morfología microscópica*. Santiago de Chile: Ediciones de la Universidad de Chile.

Mondelo, M.; García Barros, S.; Martínez Losada, C y P. Vega (1997). La constitución celular. ¿Desconocimiento o dificultades en su aplicación?. *V Congreso Internacional sobre la investigación en la Didáctica de las Ciencias*, pp. 147-148.

Mosby (2000) *Diccionario Mosby. Medicina, Enfermería y Ciencias de la Salud*. Madrid: Harcourt.

Motta, P. (1974). *Atlas fotográfico en color de Anatomía Microscópica*. Barcelona: Editorial Científico-Médica.

Nason, A. y R.L. De Haan (1980). *El mundo biológico*. México D. F. : Limusa.

Orpinell, M.A. et al. (1995). *Conocimiento del Medio 6º*. Guadiel.

Otte, J. (1995). *El gran libro de la salud*. México D.F.: Reader's Digest

Paniagua, R.; Nistal, M.; Sesma, P.; Alvarez, M. y B. Fraile (1993). *Citología e Histología vegetal y animal*. Madrid: Ed. Interamericana-Mc Graw Hill.

- Papp, D. (1977). *Ideas revolucionarias en la Ciencia*. Tomo II. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Patt, D.I. y G.R. Patt (1969). *Comparative vertebrate Histology*. New Cork: Harper & Row.
- Paulino, W.R. (1996). *Biología Atual. Vol. 1. Citología, Histología*". 14 ed. Sao Paulo: Editora Ática.
- Paulsen, D.F. (1991). *Histología básica*. México D.F: Manual Moderno.
- Pecci Saavedra, J.; Vilar, O. y A. Pellegrino (1979). *Histología médica*. Buenos Aires: López Libreros.
- Plattner, H. y J. Hentschel (2001). *Manual de Biología celular*. Barcelona: Omega.
- Poirier, J. (1985). *Cuadernos de Histología*. Madrid: Marbán.
- Price, C. J. y J.E. Reed (1974). *Histología*. México D.F.: Herrero Hnos.
- Rebollo, M.A. (1973). *Histología*. 3ª ed. Buenos Aires: Inter-Médica.
- Ribas Penés, O.G. (1980). *Histología*. Montevideo: Libreros Editores.
- Rondón de Ortiz y García de Zamora (1998). *Manual para el diagnóstico microscópico en Histología General*. Valencia, Venezuela: Dirección de Medios y Publicaciones, Universidad de Carabobo.
- Ross, M.H.; Reith, E.J. y L.J. Romrell (1992). *Histología, Texto y atlas color*. 2ª ed., México D.F.: Médica Panamericana.
- Schuchner, E.B. y A. Pérez Lloret (1976). *Citohistología básica. Tejidos*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Schumacher, S. (1955). *Compendio de Histología humana*. Barcelona: Labor.
- Sherman, I.W. y V.G. Sherman (1987). *Biología. Perspectiva humana*. México D.F.: McGraw Hill.
- Snell, R.S. (1984). *Clinical and functional Histology for medical students*. Toronto: Little, Brown and Co.
- Stedman, T.L. (1993) *Diccionario de Ciencias Médicas Ilustrado*. 25ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Stevens, A. y J. Lowe (1993). *Texto y atlas de Histología*. Barcelona: Doyma y Times Mirror de España, División Mosby.
- Tamayo, M. (2000). *Histología convencional y reproductiva*. En A. Muñoz y J. Yañez (edits.), *Mamíferos de Chile* (pp. 385-396). Valdivia: Ediciones Cea.
- Tamayo, M. y F. González (1998). Análisis de los contenidos biológicos en libros de texto de enseñanza Primaria y Secundaria. *Revista de Educación de la Universidad de Granada*, 11:175-191.
- Tchernitchin, A.N. (1995). *Histología*. Santiago de Chile: Publicaciones Técnicas Mediterráneo.

Terrada, M.L. y J.M. López Piñero (1974). La citología y la histología. En P. Laín Entralgo (Eds.), *Historia Universal de la Medicina*. Tomo VI. Barcelona: Salvat.

Vaquero Crespo, J. (1982). *Fundamentos de Histología*. Madrid: Interamericana.

Verne, J. (1960). *Précis d'Histologie*. París: Masson et Cie.

Vogel, G. y H. Angermann (1985). *Atlas de Biología*. Barcelona: Omega.

Wallace, R.A. (1995) *Biología. El Mundo de la Vida*. 6ª ed. México D.F.: Harla.

Warren, B.A. y B.J. Jaynes (1983). *Basic Histology*. Boston: Little, Brown and Co.

Weisz, P.B. (1968). *Biología*. La Habana: Edición Revolucionaria, Instituto del Libro.

Weisz, P.B. y R.N. Keogh (1987). *La Ciencia de la Biología*. Barcelona: Omega.

Welsch, U. (1999). *Sobotta Histología*. 5ª ed. Madrid: Marbán.

Welsh, U. y V. Storch (1980). *Estudio comparado de la citología e histología animal*. Bilabo: Urmo.

Werner, H.J. (1961). *Synopsis of Histology*. New York: Mc Graw Hill.

Wheater, P.R.; Burkitt, H.G. y V.G. Daniels (1987). *Histología funcional*. 2ª ed., Barcelona: Jims.

Windle, W.F. (1977). *Histología*. 5ª. ed. Bogotá: Ed. Mc Graw Hill Latinoamericana.