

La enseñanza y el aprendizaje de los tejidos vegetales en el ámbito universitario

Adriana Mengascini

GDC (Grupo de Didáctica de las Ciencias). Facultad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata E-mail: adriamen@museo.fcnym.unlp.edu.ar

Resumen: Se presenta en esta contribución una propuesta didáctica para el abordaje de los tejidos vegetales que ha sido implementada en el ámbito universitario. La misma remite a la re-construcción en clase de una clasificación de tejidos vegetales en relación con su función y su caracterización sobre la base de caracteres citológicos observables al microscopio óptico. Asimismo se presentan los resultados de la evaluación de la actividad, la que permitió además la caracterización de algunas concepciones alternativas respecto de la temática planteada.

Palabras clave: histología vegetal, propuesta didáctica, concepciones alternativas.

Title: Plant histology teaching and learning in university level

Abstract: In this paper an activity related to plant histology concepts at the university is proposed. It consists in the re-construction of tissue classification based on function and cytological features. We also present an evaluation of the activity and characterize some alternative conceptions.

Key words: plant histology, didactic proposal, alternative conceptions.

Introducción

En la presente contribución se plantea una propuesta didáctica para el abordaje de los tejidos vegetales que ha sido implementada en el ámbito universitario. Dicho ámbito fue la Facultad de Ciencias Naturales y Museo de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina. De acuerdo al currículum vigente, en dicha institución se imparten las Licenciaturas en Biología (con orientaciones en Zoología, Ecología, Botánica y Paleontología), Antropología y Geología. El primer año de todas las carreras presenta un tronco común, compartiendo los estudiantes algunas de las asignaturas.

En la asignatura botánica, en la que se desempeña la autora de la presente contribución, se desarrollan temas que plantean una visión general de las características de los organismos vegetales, considerados éstos en un sentido

amplio. La presente propuesta abarca los temas referidos a tejidos vegetales, en una etapa del desarrollo de la asignatura en la que los estudiantes ya han estudiado la organización celular (caracterización de células procariotas y eucariotas) y la célula vegetal. El tema de célula vegetal se desarrolla en dos trabajos prácticos inmediatamente previos al tratamiento de los tejidos, y se observan con detalle estructuras propias de estas células.

El tratamiento de los tejidos vegetales comprende tres trabajos prácticos basados en la observación al microscopio de cortes de órganos y tejidos vegetales, en un orden determinado: meristemas y tejidos de revestimiento; tejidos parenquimáticos y de sostén; y tejidos de conducción. Cada práctico generalmente se inicia con una introducción expositiva a cargo de un docente.

De acuerdo con nuestra experiencia, al finalizar la implementación de los trabajos prácticos correspondientes al tema es posible relevar en las evaluaciones que los estudiantes, si bien memorizan los nombres y la función de los tejidos, muchas veces no llegan a plantear satisfactoriamente las características de las células que los componen, y parecen no poder relacionar estas características con la función que las células realizan con relación al tejido completo o al órgano. Por otra parte, hemos detectado dificultades en el reconocimiento de los tejidos al iniciar la unidad siguiente (organología del cormo).

En relación con lo expuesto, y con el objetivo de favorecer el aprendizaje, se planificó un trabajo práctico innovador para el estilo predominante en la cátedra. Esta propuesta se implementó al inicio del tratamiento de los temas, de modo de introducir a los estudiantes en el estudio de la histología, previamente a la observación del material microscópico.

La evaluación de la efectividad de la propuesta llevó al diseño de un test, tomado al inicio y al final de la clase, tendiente a relevar los conocimientos previos de los estudiantes con referencia a los temas y los conceptos presumiblemente adquiridos como resultado de su participación en la clase. Este test permitió, además, revelar nociones alternativas presentes en los estudiantes que pueden dificultar el aprendizaje apropiado del tema.

La presente contribución tiene como objetivos dar a conocer la propuesta de abordaje utilizada y los resultados de su evaluación a través del test, así como presentar los resultados encontrados relacionados con nociones alternativas de los estudiantes respecto de los tejidos vegetales.

El trabajo se estructura en varios apartados, presentándose en primer término el marco teórico de la propuesta desde la didáctica, la biología y las concepciones alternativas; y en segundo lugar los instrumentos de recolección de datos. Posteriormente se detalla la propuesta y se presentan los resultados del test. Se cierra con una reflexión final.

Marco teórico

Fundamentación de la actividad desde el marco de la didáctica

De acuerdo con Tamayo Hurtado y González García (2003) el concepto de tejido resulta útil para fines descriptivos, facilitando la comunicación y el conocimiento de la estructura de los organismos, pero señalan que es importante recordar que en la aplicación, delimitación y clasificación de los mismos deben utilizarse convencionalismos. Según estos autores (Tamayo Hurtado y González García, 2003), las clasificaciones (en este caso, las referidas a los tejidos) son meros instrumentos establecidos para facilitar la comunicación, organizar el conocimiento y facilitar el intercambio de ideas.

Partimos de una postura similar al considerar el enfoque para trabajar los tejidos vegetales. Tomando a la clasificación de los tejidos basada en su función dentro del cormo del vegetal, consideramos que esta clasificación puede ser reconstruida en clase.

La actividad propuesta considera la aplicación de contenidos procedimentales tales como identificar propiedades o características de los objetos a los fines de utilizarlas en una clasificación, clasificar y emitir hipótesis. Todos ellos han sido considerados por de Pro (1995) como contenidos a revalorizar en las prácticas de enseñanza de las ciencias. Las actividades de clasificación involucran aspectos tales como definir y explicitar criterios y comprender los criterios subyacentes en una clasificación hecha por otros. La explicitación de criterios es una actividad que, según nuestra experiencia, presenta dificultades para los estudiantes aún cuando la clasificación haya sido confeccionada por ellos mismos.

Fundamentación de la actividad desde el marco de la biología

De acuerdo a lo planteado en textos de botánica, los tejidos son conjuntos de células de similar naturaleza y origen, interconectadas entre sí, y que desempeñan funciones comunes (Lavalle y Mengascini, 1998). Las clasificaciones varían según los caracteres utilizados para agruparlos. Un ejemplo es la que trata de reunir los conceptos morfológicos, fisiológicos y ontogenéticos, ordenando los tejidos por su grado de madurez, función y origen. Así, propone: 1) Tejidos embrionarios o meristemas, que dan origen a otros tejidos y se autoperpetúan; y 2) Tejidos diferenciados o adultos, que han experimentado diferenciación celular y cuyas células han alcanzado diversos grados de maduración. Se incluyen aquí a los tejidos de revestimiento, tejidos mecánicos o de sostén, tejidos conductores, tejidos de relleno y tejidos glandulares (Lavalle y Mengascini, 1998).

En cualquier corte de órganos vegetales resulta evidente la existencia de células diferentes. Estas diferencias están dadas, fundamentalmente, en relación con las características de las células y su ubicación relativa dentro del órgano. Por otra parte, también puede considerarse que las características de

las células que formen un tejido determinado estarán vinculadas, al menos en parte, con la función que éstas desarrollan dentro del mismo.

Por otra parte, la diferenciación de las células en un tejido pueden comprenderse a partir de la conceptualización de la estructura básica de toda célula vegetal. Las variables estarán relacionadas con el mayor o menor desarrollo de estas estructuras citológicas fundamentales. Así, puede haber un gran desarrollo de la pared, de cloroplastos fotosintetizadores, o de granos de almidón almacenadores, o falta de núcleo, o escaso desarrollo de plástidos, etc.

De acuerdo con lo expuesto, es esperable que las células de un tejido fotosintético estén vivas y presenten gran cantidad de cloroplastos; que un tejido reservante tenga células cargadas de amiloplastos; que una célula conductora sea alargada o se encuentre junto a otras formando estructuras tubulares; que un tejido de revestimiento esté por fuera de todos los demás y, si está en contacto con el aire, presente alguna sustancia impermeabilizante en sus paredes celulares, etc.

Por lo antedicho, consideramos que es posible, por una parte, reconocer diferentes células en un órgano que podrían formar parte de diferentes tejidos; por otra, hipotetizar acerca de características citológicas en relación con una función determinada.

La propuesta de actividad que se presenta se basa, precisamente, en estos dos supuestos.

Para facilitar las tareas planteadas, se trabajó sólo con algunos de los tejidos vegetales (epidermis, clorénquima, parénquima reservante, xilema y esclerénquima), considerados como representativos de las funciones más importantes que realizan los tejidos dentro de la planta, así como más fáciles de caracterizar.

Las concepciones alternativas en biología

Las concepciones alternativas de los estudiantes han sido analizadas y discutidas en muchos trabajos sobre la didáctica de las ciencias desde fines de los '70 y los '80. Pozo (1996) plantea tres fuentes sobre los orígenes de las ideas de los alumnos sobre la ciencia: sensorial (concepciones espontáneas), cultural (concepciones sociales) y escolar (concepciones analógicas). En cuanto a las características de estas concepciones, Driver (1986) plantea, además de su reconocida persistencia y presencia en estudiantes de diferentes medios y edades, la existencia de una coherencia interna, y del uso de un lenguaje impreciso y de términos indiferenciados.

Uno de los campos disciplinares de mayor desarrollo en relación a la detección de nociones alternativas es el de la física. En biología, hay trabajos previos referidos las imágenes presentes en docentes, alumnos y textos escolares respecto de conceptos tales como célula (Caballer y Jiménez, 1993; Cordero et al, 2001, Díaz y Jiménez, 1996), fotosíntesis (Astudillo Pombo y

Gené Duch, 1984), respiración celular (García Zaforas, 1991), cambio biológico y adaptación (Gené, 1991; Grau Sánchez, 1993; Jiménez Aleixandre, 1991; Gándara Gómez et al., 2002), genética (Serrano, 1987; Wood-Robinson et al., 1998; Banet y Ayuso, 1995), digestión y excreción en animales (Pérez de Eulate et al., 1999) y tejidos animales (Tamayo Hurtado y González García, 2003), entre otros.

Sin embargo, aspectos relacionados a los tejidos vegetales no han sido objeto de muchas indagaciones, tal vez por no ser un tema que se desarrolle con profundidad en el ámbito escolar, y por las relativamente escasas indagaciones que toman por objeto a las clases universitarias.

Metodología del estudio

Instrumento de recolección de datos

Se implementó un test (ver anexo) al principio (test inicial) y al final del trabajo práctico (test final). El mismo se presenta en forma de cuadro e indaga sobre las características celulares: forma celular, tipo y composición de las paredes celulares, presencia y tipo de organelas relevantes en relación con la función.

El test fue tomado a todos los estudiantes que asistieron a las clases coordinadas por la autora de la presente contribución, en los años 2001, 2002 y 2003. El inicial fue respondido por 178 estudiantes y el final por 189. La diferencia entre ambos números sólo se debe a que 11 de los alumnos llegaron tarde a clase y no completaron el test inicial. El análisis estadístico se realizó con una planilla Excel y las diferencias entre los resultados de los tests inicial y final fueron tratadas con un test de proporciones para analizar su significancia.

Implementación de la actividad didáctica (ver planificación en el anexo)

La asignatura se desarrolla en clases prácticas semanales de tres horas de duración, una de las cuales fue ocupada íntegramente en la implementación de la actividad. Para ello se dividió a la clase en dos grandes grupos, cada uno con 4-5 subgrupos de estudiantes.

Uno de los grupos (grupo A) trabajó delimitando y clasificando los posibles tejidos presentes en el corte transversal de una hoja angiospérmica observado a través de una microfotografía ampliada. Estos tejidos fueron numerados y presentados en un póster, junto con una lista de criterios utilizados para su reconocimiento.

El otro grupo (grupo B) trabajó hipotetizando sobre las características de tejidos con funciones de revestimiento, asimilación, reserva, conducción y sostén. Se indicó a los estudiantes que atendieran a los siguientes criterios: forma celular, vitalidad celular, tipo y composición química de la pared celular, organelas relevantes, presencia de espacios intercelulares y ubicación relativa en la planta. Como en el otro grupo, confeccionaron una lista de los caracteres en un póster.

La actividad siguiente fue la de relacionar los resultados de ambos grupos. Para ello, subgrupos de estudiantes que atendieron a una y otra consigna se reunieron a comparar sus producciones, atendiendo a similitudes, diferencias y nuevos aportes resultantes de la interacción.

Las producciones finales fueron presentadas en un plenario, luego del cual se las contrastó con la propuesta habitual planteada en los libros de texto.

Resultados de la evaluación

Para la presentación de los resultados de los tests inicial y final se toman cada uno de los ítems evaluados, a saber: a) tipos de paredes celulares presentes en las células de los tejidos; b) composición química de las paredes; c) organelas relevantes presentes en las células; y d) forma celular.

En cada caso se presentan los resultados comparados de los tests en tablas y cuadros, y se comentan los mismos. Los resultados resaltados en **negrita** son los que han sido considerados como correctos.

a. Tipos de paredes celulares en los tejidos

Con respecto al tipo de pared celular (primaria o secundaria) que presentan las células de los tejidos, se puede observar que el porcentaje de respuestas es mayor en el test final, ya que en el inicial muchos estudiantes dejaron el ítem sin responder (32 al 64 %).

Las respuestas consideradas correctas son: presencia de pared primaria para epidermis, clorénquima y parénquima reservante; y de pared secundaria para xilema y esclerénquima (la presencia de pared primaria en estos tejidos se da por obvia).

Tejidos	Test inicial			Test final		
	pared 1	pared 2	n/c	pared 1	pared 2	n/c
Epidermis	44,4	22	33,6	82,5	15,3	2
Clorénquima	39,3	28	32,5	91	1,5	7,4
P. reservante	29,2	16,8	54	88,3	5,8	5,8
Xilema	9,5	26,4	64	2,6	90,4	6,8
Esclerénquima	9,5	42,1	48,3	7,4	88,3	4,2

Tabla 1.- Tipos de paredes celulares; pared 1: pared primaria; pared 2: pared secundaria. Los números representan porcentajes.

De acuerdo con los resultados del test inicial, el tejido que presentó mayor dificultad para su caracterización fue el xilema, ya que la mayoría de los estudiantes no supo responder (64 %), seguido por el parénquima reservante (54%) y el esclerénquima (48,3%).

En el test final la gran mayoría de los estudiantes (82 a 91 %) responde satisfactoriamente a la pregunta.

De acuerdo al test de proporciones realizado, la diferencia entre las respuestas correctas al inicio y al final es altamente significativa (para $\alpha < 0,01$).

b) Composición química de las paredes celulares de los tejidos

En la tabla 2 los porcentajes presentados remiten a cada compuesto considerado en relación con el total de alumnos que responden. Dado que se trataba de una pregunta de opciones múltiples, los estudiantes podían proponer más de un compuesto para cada tejido.

Algunos de los compuestos que aparecen en la tabla no habían sido incluidas en las opciones del test, tales como suberina, hemicelulosa y sustancias pécticas, y fueron agregados por los estudiantes en sus respuestas.

<i>tejido</i>	<i>celulosa</i>		<i>lignina</i>		<i>cutina</i>		<i>ceras</i>		<i>suberina</i>		<i>hemicelulosa</i>		<i>sustancias pécticas</i>		<i>n/c</i>	
	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf	Ti	Tf
Epidermis	31	58	11	16	30	63	31	52	0	1	2	5	0	4	29,7	1
Clorénquima	61	83	7	1	6	1	2	1	0	0	3	5	2	4	46	7
P. reservante	28	76	5	6	10	2	12	3	0	0	2	6	1	4	50	8
Xilema	16	19	26	83	17	4	18	4	0	3	2	0	1	0	46	4,7
Esclerénquima	19	13	49	90	8	7	4	3	2	3	2	0	0	0	36	2,6

Tabla 2.- Composición química de las paredes celulares. Los números representan porcentajes. Ti: test inicial; Tf: test final.

Se consideraron correctas las respuestas que remitieran a componentes básicos de pared primaria (celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas) para todos los tejidos considerados; presencia de ceras y cutina en epidermis; y presencia de lignina en xilema y esclerénquima. La suberina no correspondería a ninguno de los tejidos trabajados, ya que se trata de un compuesto que impregna las paredes de un tejido de revestimiento no considerado en la propuesta, la peridermis.

En el test inicial, en relación con la composición química de las paredes de las células de la epidermis, sólo en un 30 % se indica la presencia de cutina y en un 31 % la de ceras, sustancias impermeabilizantes necesarias en la epidermis de estructuras aéreas. El clorénquima es el tejido que presenta la mayoría de las respuestas correctas (61 % de respuestas para la presencia de celulosa). El parénquima reservante y el xilema resultaron los más difíciles de caracterizar, a juzgar por el porcentaje de estudiantes que no responden al ítem. Con respecto al xilema, cabe destacar la imagen de los estudiantes de que el tejido debe estar impermeabilizado, ya que hay un 17 % y un 18 % de respuestas que consignan la presencia de cutina y ceras, respectivamente. El esclerénquima presenta una relativamente baja proporción de n/c y cerca de la

mitad de las respuestas positivas indicando correctamente la presencia de lignina en sus paredes.

En el test final disminuye notablemente el porcentaje de alumnos que no contestan, a la vez que aumentan las respuestas correctas (52 a 90 %). Sin embargo siguen apareciendo respuestas no esperadas, como la asignación de lignina a un parénquima reservante, y la de cutina, ceras y suberina a los tejidos de conducción y sostén (2 a 7 % de las respuestas positivas).

El test de proporciones implementado indica que las diferencias entre las respuestas correctas iniciales y finales son altamente significativas, considerando las siguientes afirmaciones: presencia de pared primaria y celulosa en epidermis, clorénquima y parénquima reservante; presencia de cutina y ceras en epidermis; y presencia de pared secundaria y lignina en xilema y esclerénquima.

c) Organelas relevantes

Las respuestas esperadas eran: cloroplastos para el clorénquima; y amiloplastos o plástidos reservantes para el parénquima reservante. La epidermis no presenta desarrollo particular de ninguna organela. El xilema y el esclerénquima no presentan ninguna organela, ya que a la madurez las células están muertas, presentando en cambio paredes celulares bien desarrolladas y rígidas.

Tejidos	Test inicial	Test final
Epidermis	cloroplastos (6), mitocondrias (7) <i>otras:</i> estomas, golgi, RER, vesículas, cilias, flagelos, cutina, núcleo, membrana plasmática, tilacoides.	estomas (17), con organelas (12), ninguna (12), sin organelas (17) <i>otras:</i> puede tener o no, pared, ceras, cutina, cloroplastos, vacuolas, cutícula.
Clorénquima	cloroplastos (75) , <i>otras:</i> tilacoides, vacuolas, mitocondria, ribosomas.	cloroplastos (161), plástidos (6) <i>otras:</i> vacuolas
P. reservante	plástidos /leucoplastos, /amiloplastos) (27) , vacuolas (28) <i>otras:</i> cloroplastos, mitocondrias.	amiloplastos /leucoplastos /plástidos (89) , cloroplastos (9), vacuolas (12).
Xilema	vacuolas (17), no hay organelas o son células muertas (7) <i>otras:</i> capilares, plasmodesmos, núcleo, vesículas, microtúbulos, vasos de conducción	no hay organelas o son células muertas (36) <i>otras:</i> vacuolas, pared, punteaduras, Golgi, plasmodesmo
Esclerénquima	<i>otras:</i> ribosomas, endomembranas, microfibrillas, citoesqueleto, golgi, vacuola, esclereidas	no hay organelas o son células muertas (37) <i>otras:</i> sí, pared, citoesqueleto, amiloplasto, Golgi

Cuadro 1. Organelas relevantes en los tejidos (entre paréntesis el número de respuestas; cuando se indica "otras", refiere a una frecuencia entre 1 y 5)

Respecto de las organelas relevantes en las células de los tejidos, sólo se tuvieron en cuenta las respuestas positivas, ya que la ausencia de respuestas tanto podía indicar que los estudiantes no supieron responder, como la situación de que no hubiera ninguna organela en particular que pudiera considerarse como relevante.

En el test inicial, en relación al clorénquima, sólo el 42 % de los estudiantes consideró la importancia de la presencia de cloroplastos en un tejido cuya función principal es la de fotosíntesis. La función de reserva de compuestos orgánicos es atribuida en un 15 % de los estudiantes a los plástidos, mientras que el 15,7 % le atribuye esta función a la vacuola. También la vacuola es considerada importante en el xilema (9,5 %, el mayor porcentaje para el ítem). Por otra parte, se mencionan al citoesqueleto como organela relevante en un tejido de sostén y a los plasmodesmos en la conducción de agua.

En el test final, los estomas siguen apareciendo como estructuras subcelulares. También se consideran organelas a componentes o estructuras de pared (*cutina, cutícula, punteaduras*). Las vacuolas también aparecen como reservantes (6 %) y conductoras de agua (1,5 %), el citoesqueleto como sostén en un tejido y los plasmodesmos en la conducción de agua.

En términos generales, en ambos tests, aparecen mencionadas estructuras varias que no corresponden a organelas, como células (*esclereidas*); estructuras pluricelulares (*tubos de conducción, estomas*); compuestos de pared celular (*ceras, cutina, cutícula*); estructuras como *vesículas, microtúbulos, tilacoides* y *endomembranas* que son ambiguas o no corresponden a un organoide completo; y estructuras de pared celular (*punteaduras*). También se mencionan estructuras celulares relacionadas con la movilidad (*cilias, flagelos*) ausentes en cualquier tejido vegetal, así como diversos organelas presentes en cualquier célula viva (*ribosomas, membrana plasmática, mitocondrias, aparato de Golgi*). En algunos casos se mencionan a los *capilares*, que no corresponden a ninguna de estas categorías.

d) Forma celular

Con respecto a la forma celular, las respuestas que se consideraron correctas para la epidermis son: *aplanadas, planas, achatadas* o *tabulares*. En el caso del clorénquima, dado que el tejido en las hojas puede presentarse como parénquima en empalizada o como parénquima esponjoso, variando la forma celular, se consideraron apropiadas las respuestas que remitieran tanto a uno como a otro, a saber: *alargadas, bastones, largas, cilíndricas*, que refieren al parénquima en empalizada, y *redondeadas e isodiamétricas*, que refieren al parénquima esponjoso; no así para las respuestas como circulares o esféricas, ya que una remite a un contorno y no a una forma, y la otra no se da en un tejido en el que las células están en contacto. En el caso del parénquima reservante, las respuestas *redondas* o *redondeadas, globosas* e *isodiamétricas* fueron consideradas correctas. Para el xilema y el esclerénquima, las respuestas consideradas apropiadas son aquellas que refieren a células alargadas, tales como *largas, cilíndricas, tubos* o *tubulares*.

Tejidos	Test inicial	Test final
Epidermis	planas /aplanadas /tabular /achatadas (30) ; cúbicas (10); alargadas (9). Otras: isodiamétricas, rectangulares, redondeada, cilíndrica, hexagonal, poliédrica, varias capas.	plana /aplanada (146) ; alargadas (11); fina (9); redondeada (7); cúbica (5). Otras: ovoide, compacta, pegadas, aplastada, larga, circular, extendida, semicircular, gran superficie, laminar, tabular, mosaico, rectangular, poliédricas, bastones
Clorénquima	redonda /redondeada (13); cilíndrica, /columnar (7); alargadas (7) ; planas /aplanadas /tabulares (6). Otras: esférica, circular, elípticas, ovaladas, sacos aplanados, prismáticas, laminar, lacunar, angular, sáculos	alargadas /bastones /largas/ cilíndricas (151); redondeadas (39) ; circulares (6); esféricas (5). Otras: rectangular, pequeñas, compactadas aplanadas, isodiamétricas, isomórficas
P. reservante	redondas /redondeadas (15) ; cilíndricas (6); esféricas (5). Otras: circulares, cúbicas, prismáticas, sacos con almidón, sáculos	redondeadas /globosas /globulares (87) ; grandes (19); circulares (15); alargadas (12); forma de saco (11); cilíndricas (10); esféricas (5); isodiamétricas (5). Otras: poliédricas, chicas, ovoides, irregular, hexagonales, anchas, carbohidratos (almidón), ovalada, cuadrangular, celulosa, cúbicas, polimórfas, variada, englobadas
Xilema	largas /alargadas (17); cilíndricas /tubos /tubulares (14) . Otras: planas, aplanadas, redondas, redondeadas, cúbicas, esféricas, estrellada, grandes, juntas, ahusadas, prismáticas	tubulares /tubos /cilíndricas (99); alargadas (70) ; redondas /redondeadas (26); circulares (9); grandes (7); muertas (6). Otras: gruesas, irregular, ahusadas, fina, huecas, angulares, prismática
Esclerénquima	cilíndricas /tubos (11); alargadas (9) . Otras: hexagonales, planas, aplanadas, cúbica, estrellada, cuadrada, esclereidas, esféricas, redondas, amorfas, fibras	Alargadas /largas (70); redondeadas (36); tubulares /cilíndricas (33) ; circular (8); hexagonales (8). Otras: poliédrica, muertas, chicas, esférica, cúbica, vivas, variada, compacta, finas, planas, anchas, circular, fibras, prismáticas, engrosadas, secundaria lignificada, rígida

Cuadro 2: Formas celulares en los tejidos (entre paréntesis el número de respuestas; cuando se indica "otras", refiere a una frecuencia inferior a 5)

Tejido	Test inicial	Test final
Epidermis	69	2.5
Clorénquima	77.5	7.9
P. reservante	79.7	10.6
Xilema	73.5	7.4
Esclerénquima	82	10

Tabla 3: Porcentajes de estudiantes que no contestan el ítem "forma celular".

Se evidencia una gran dificultad en la conceptualización de la forma de las células a juzgar por el alto porcentaje de estudiantes que no respondieron a este ítem en el test inicial (69 a 82 %). En algunos casos, los estudiantes hicieron esquemas en vez de definir con palabras (en esos casos, se consideró el ítem como no respondido).

Aparecen términos que no corresponden a la forma sino al contorno (*circulares, hexagonales, ovalado, elíptico, cuadrada, rectangulares*). Otras veces refieren a la disposición de las células (*juntas, compactas, varias capas, pegadas*); al tamaño (*grandes, chicas*); a otros atributos (*finas, gran superficie, huecas, muertas, vivas, gruesas, anchas, engrosadas, rígida*); a veces nombran células (*fibras*), compuestos (*almidón, celulosa*) o paredes celulares (*secundaria lignificada*).

El aspecto "redondo" o "redondeado" de las células aparece en la caracterización de todos los tejidos. Este término es ambiguo, ya que puede referirse tanto a esférico como a circular. Una forma esférica en una célula implica la ausencia de contacto con otras células, situación difícil de darse en un tejido. Por otra parte, la noción de células redondeadas en el sentido de circulares, refiere a la visión en corte transversal de un cuerpo que tanto puede ser isodiamétrico como cilíndrico.

La proporción de respuestas que dan idea más aproximada de la forma celular es mayor en el test final que en el inicial.

Reflexiones finales

Los resultados de la implementación de la propuesta son satisfactorios. Por un lado, durante el plenario final se observó una caracterización de los tejidos muy aproximada a la planteada por los textos botánicos, siendo necesario solamente la información respecto de los nombres atribuidos a los tejidos y la presentación de los no considerados en la propuesta de trabajo (tales como los meristemáticos, y, entre los tejidos adultos, colénquima, floema, rizodermis, peridermis y tejidos glandulares). Además, luego de la caracterización realizada, muchos estudiantes fueron capaces de reconocer algunos de los tejidos vegetales al observarlos por primera vez al microscopio.

Por otra parte, de acuerdo con los resultados del test final, tanto al considerar los mayores porcentajes de respuestas positivas como los referidos a respuestas consideradas correctas, los estudiantes lograron apropiarse de conocimientos nuevos. Si bien algunas nociones alternativas persisten después de la implementación de la propuesta, estas respuestas se dan generalmente en menor proporción que antes de participar en ella.

En cuanto a las dificultades que presenta esta temática para su apropiación, se han podido detectar nociones alternativas. Las mismas pueden plantearse como relacionadas con la indiferenciación de niveles de organización, indiferenciación de conceptos, y de analogías con el mesocosmos.

La indiferenciación de niveles de organización remite a dificultades para discriminar estructuras de niveles diferentes. Así al referir a organelas, tanto

se mencionan estructuras de nivel celular, como esclereidas, o pluricelular, como estomas o vasos de conducción; estructuras de menor nivel, como partes de organelas o componentes químicos de paredes celulares. En relación con esto aparece la atribución de caracteres emergentes de un nivel a otros, como en el caso de atribuir al citoesqueleto, que es una estructura celular, el sostén de toda la planta, o a la vacuola, acumuladora de agua dentro de la célula, la conducción de agua por el vegetal.

La indiferenciación de conceptos se presenta con respecto a la noción de reserva ya que el término aparece mencionado tanto con relación a la acumulación de agua como de sustancias orgánicas. Desde la botánica, ambas funciones tienen diferente significación, son llevadas a cabo por diferentes organelas, y se prefiere hablar de reserva para la acumulación de compuestos orgánicos ("sustancias de reserva") como los hidratos de carbono características de los grupos de organismos (almidón en plantas superiores, glucógeno en hongos, etc.).

Por otra parte, la analogía de los conductos xilemáticos transportadores de agua con sistemas de tuberías puede explicar la atribución de paredes impermeabilizadas en este tejido, cualidad necesaria en cualquier tubo para evitar la pérdida de agua (aunque no dentro de una planta).

Algunas de estas concepciones pueden relacionarse con las que Pozo (1996) denomina concepciones analógicas de origen escolar (o, mejor, educativo), probablemente derivadas de "errores" didácticos en la forma en que se les presentan los saberes científicos, asociados a presentaciones simplificadas o deformadas.

Por otra parte, si bien no se han considerado en los tests las características referidas a la vitalidad celular, se pudo comprobar, a lo largo de la implementación y en el plenario, la existencia de obstáculos para la comprensión de la funcionalidad de una célula muerta a la madurez (como sucede en el xilema y el esclerénquima). Esto remite a la dificultad de la conceptualización de la sumisión de una célula a la funcionalidad de todo un organismo.

Finalmente, es evidente que los estudiantes encuentran obstáculos para comprender y definir la forma de las células, así como para discriminarla respecto del contorno. En trabajos previos (Díaz y Jiménez, 1996) se plantea la presencia de dificultades para la visualización de estructuras tridimensionales a través de imágenes bidimensionales como esquemas, fotos o preparados microscópicos. Estos autores manifiestan la presencia de dificultades relacionadas con el reconocimiento de estructuras al cambiar la orientación; la extracción de información en imágenes complejas; y la combinación de distintas escalas y técnicas (microscopía óptica y electrónica) en la imagen mental de los estudiantes sobre cómo es una célula.

Referencias bibliográficas

Astudillo Pombo, H. y Gené Duch, A. M. (1984). Errores conceptuales en Biología. La fotosíntesis de las plantas verdes. *Enseñanza de las Ciencias*, 2 (1), 15-16.

Banet, E. y Ayuso, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato. I. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (23), 137-156.

Caballer, M. J. y Giménez I. (1993). Las ideas del alumnado sobre el concepto de célula al finalizar la educación general básica. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 63-68.

Cordero, S.; A. Menegaz; A. Mengascini y C. Mordegli. (2001). Saberes y formación docente: resultados de un cuestionario acerca de la "célula". VIII Congreso Prociencia de actividades científicas y tecnológicas juveniles para docentes y alumnos. Chivilcoy.

de Pro, A. (1995). Reflexiones para la selección de contenidos procedimentales en ciencias. *Alambique*, 6, 77-87.

Díaz, J. y Jiménez, M. P. (1996). ¿Ves qué dibujas? Observando células con el microscopio. *Enseñanza de las Ciencias*, 14 (2), 183-194.

Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza e las Ciencias*, 4 (1), 3-15.

Gándara Gómez, M.; Gil Quílez, M. J. y Sanmartí Puig, N. (2002). Del modelo científico de "adaptación biológica" al modelo de "adaptación biológica" en los libros de texto de enseñanza secundaria obligatoria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (2), 303-314.

García Zaforas, A. M. (1991). Estudio llevado a cabo sobre representaciones de la respiración celular en los alumnos de bachillerato y COU. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (2), 129-134.

Gené, A. (1991). Cambio conceptual y metodológico en la enseñanza y el aprendizaje de la evolución de los seres vivos. Un ejemplo concreto. *Enseñanza de las ciencias*, 9 (1), 22-27.

Grau Sánchez, R. (1993). Revisión de concepciones en el área de la evolución. *Enseñanza de las Ciencias*, 11 (1), 87-89.

Jiménez Aleixandre, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las Ciencias*, 9 (3), 248-256.

Lavalle, M. y Mengascini, A. (1998). *Manual de Temas Botánicos*. Segunda Edición. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata.

Pérez de Eulate, Lourdes; Llorente, Enrique y Andrieu, Amaya. (1999). Las imágenes de digestión y excreción en los textos de primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 165-178.

Pozo, J. I. (1996). Las ideas del alumnado sobre la ciencia: de dónde vienen, a dónde van... y mientras tanto qué hacemos con ellas. *Alambique*, 7, 18-26.

Serrano, T. (1987). Representaciones de los alumnos en Biología: estado de la cuestión y problemas para su investigación en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5 (3), 181-188.

Tamayo Hurtado, M. y González García, F. (2003). Algunas dificultades en la enseñanza de la histología animal. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol 2 Nº 2.

<http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen2/Numero2/Art6.pdf>

Wood-Robinson, C., Lewis, J., Leach, J. y Driver, R. (1998) Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 16 (1), 43-61.

Anexo 1: Planificación del trabajo práctico

TP 8: Tejidos vegetales I

1) Test inicial

2) Determinación de las características de los tejidos vegetales

Se planea la formación de 2 grupos (cada uno con 4-5 subgrupos, según la cantidad de alumnos): grupo A y grupo B.

El grupo A deberá reconocer los posibles tejidos presentes en una hoja angiospérmica con la observación de una fotografía ampliada. Los posibles tejidos reconocidos se numerarán en un esquema realizado por los alumnos en un póster, junto con un listado de criterios utilizados para su reconocimiento.

El grupo B deberá listar las características que esperarían encontrar en tejidos con funciones de revestimiento, asimilación, reserva, conducción y sostén. Se les pedirá que atiendan a: forma celular, vitalidad celular, tipo de pared, composición química de la pared, organelas relevantes, presencia de espacios intercelulares y ubicación en la planta. Como el otro grupo, deberán listar los caracteres en un póster.

Se plantean las consignas en el pizarrón:

Grupo A

¿Cuáles serán las características de tejidos con funciones de revestimiento, asimilación (fotosíntesis), reserva, conducción y sostén?

Listen los caracteres para cada una de las funciones mencionadas teniendo en cuenta los siguientes criterios: forma celular, vitalidad celular, tipo de pared, composición química de la pared, organelas relevantes para el cumplimiento de la función, presencia de espacios intercelulares en el tejido, ubicación del tejido en la planta.

Escriban la lista de características en un afiche para comunicarlo a sus compañeros.

Grupo B

La foto aportada por los docentes corresponde a la hoja de una angiosperma. Observando la foto respondan:

¿Cuántos tipos celulares que puedan corresponder a distintos tejidos se pueden diferenciar? Asignen a cada uno un nombre o un número.

¿Cuáles son las características en las que se basaron para diferenciar los tipos celulares?

De acuerdo a lo respondido en las preguntas anteriores ¿qué funciones tendrá cada tipo celular reconocido?

Hagan un esquema en un papel afiche indicando los tipos celulares y los caracteres observables al microscopio que permitan reconocerlos.

3) Relaciones entre estructura celular y función de los tejidos

La siguiente actividad es la de relacionar las producciones de ambos grupos. Para ello pueden unirse subgrupos A y B, o leer atentamente los pósters de los demás subgrupos.

Se plantea la consigna en el pizarrón:

Relacionen los resultados de su trabajo con el de sus compañeros. De ser necesario, reconsideren las características citadas en cada grupo.

4) Plenario

Se hace un redondeo de los resultados del trabajo de los subgrupos. Se anota en el pizarrón semejanzas y diferencias y se orienta en las características que presenten dificultades. A continuación, basándose en las producciones, se presentan los tejidos vegetales, dando a cada tejido la denominación botánica correspondiente y sus características.

5) Test final

6) Observación al microscopio

Anexo 2: Test sobre tejidos

1. ¿Qué características tendrán los siguientes tejidos? Completar el cuadro:

Tejido	Función	Forma celular	Tipo de pared¹	Comp. química de la pared²	Organelas relevantes
Epidermis	revestimiento				
Clorénquima	fotosíntesis				
Parénquima reservante	reserva				
Xilema	conducción de agua				
Esclerénquima	sostén				

¹ Indicar pared primaria o pared secundaria

² Indicar alguna/s de las siguientes sustancias: celulosa, lignina, ceras, cutina.