



Fotografía
Edgar Orlay Valbuena

REVISIÓN CONCEPTUAL DEL CRECIMIENTO SECUNDARIO DE TALLOS PARA SU ENSEÑANZA A NIVEL DEL PROFESORADO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS EN URUGUAY Y UNA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN DIDÁCTICA

Conceptual Review of Secondary Stem Growth for Teaching at the Biological Sciences Teacher Training Level in Uruguay and a Didactic Intervention Proposal

Revisão conceitual do crescimento secundário de caules para seu ensino no nível de formação de professores de Ciências Biológicas no Uruguai e uma proposta de intervenção didática

Fecha de recepción: 23 de febrero de 2024
Fecha de aceptación: 19 de junio de 2024

Diego Suárez* 

Cómo citar

Suárez, D. (2024). Revisión conceptual del crecimiento secundario de tallos para su enseñanza a nivel del profesorado de ciencias biológicas en Uruguay y una propuesta de intervención didáctica, *Bio-grafía*, 17(33), 191-200. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.17.num33-20846>

* Consejo de Formación en Educación-Uruguay. diegoprobio@gmail.com

Resumen

En el siguiente ensayo se realiza una revisión conceptual del crecimiento secundario de tallos en torno al curso de Botánica de la carrera de Profesor de Ciencias Biológicas de Uruguay. En el desarrollo de este trabajo se hace un análisis crítico de conceptos que están relacionados con el crecimiento secundario de tallos en Spermatophyta, a su vez se propone una intervención didáctica en base a resolución de problemas y actividades de práctico de laboratorio que potencian un acercamiento de los estudiantes a la botánica desde una óptica más reflexiva.

Palabras clave: botánica; enseñanza de las ciencias; formación docente

Abstract

This is a conceptual review essay about the secondary stem growth within the Botany course of the Biological Sciences Teacher Training program, in Uruguay. In this work, a critical analysis of the concepts related to the secondary stem growth in Spermatophyta is carried out. Additionally, a didactic intervention is proposed based on problem-solving and laboratory practical activities that enhance students' approach to botany from a more reflexive perspective.

Keywords: botany; science teaching; teacher training

Resumo

No ensaio a seguir é realizada uma revisão conceitual do crescimento secundário de caules em torno do curso de Botânica da carreira de Formação de Professor de Ciências Biológicas no Uruguai. O desenvolvimento deste trabalho inclui uma análise crítica de conceitos relacionados ao crescimento secundário de caules em Spermatophyta. Além disso, propõe-se uma intervenção didática baseada na resolução de problemas e em atividades práticas de laboratório, que potencializam o envolvimento dos alunos com a botânica a partir de uma perspectiva mais reflexiva.

Palavras-chave: botânica; educação científica; formação de professores



Introducción

La anatomía vegetal constituye un campo disciplinar de suma relevancia dentro de la botánica, que, desde la segunda mitad del siglo XIX hasta la primera mitad del XX, logró un notable avance en el conocimiento de la estructura interna de las plantas a partir de numerosas descripciones anatómicas (Porcel y Tejero, 1996).

Dentro de los conocimientos aportados por este campo disciplinar y metodológico, se encuentran aquellos vinculados al crecimiento y desarrollo de las plantas con crecimiento secundario. El crecimiento secundario comporta una serie de cambios en las plantas que lo poseen, que llevan a una reestructuración del esquema citohistoanatómico de estas en relación con nuevas capacidades fisiológicas.

La filogenia actual de plantas vasculares plantea múltiples orígenes del crecimiento secundario (Spicer y Groover, 2010), el cual ha estado presente en plantas como las Pteridofitas desde el Devónico y Carbonífero. El estudio paleobotánico de *Lepidodendron sp* en la década del 70 ya había determinado la presencia de xilema secundario originado de un cambium vascular unifacial (Eggert y Kanamoto, 1977). En la mayoría de los pteridófitos actuales, esta característica se ha perdido, exceptuando pequeñas herbáceas de la familia Ophioglossaceae, en las que se puede interpretar como un relictos o una reaparición, aunque esto se encuentra en debate (Schweingruber y Börner, 2018). Recién, con Progymnospermophyta (Devónico medio y Carbonífero inferior) encontramos el cambium típico bifacial que aparecen en plantas con semillas Spermatophyta; los ejemplares de este taxón son los árboles más antiguos, con anatomía y hábito de crecimiento moderno.

Si bien raíz como hoja y tallo de las plantas con semilla pueden desarrollar crecimiento secundario, el proceso de desarrollo no es igual y su estudio requiere diferentes estrategias de abordaje. En relación con la enseñanza de este tema, la comprensión de los cambios que se dan en una planta cuyo desarrollo culmina en un nuevo esquema anatomo-funcional, requiere de un abordaje didáctico-pedagógico que implique el estudio del proceso, no solo de forma teórica, sino acompañado de un componente práctico en el laboratorio de ciencias, que permita problematizar y generar discusión de los esquemas y modelos tradicionales.

El crecimiento secundario como tema de enseñanza en la formación del profesorado de ciencias biológicas

En Uruguay, la formación de profesores de ciencias biológicas para educación media depende de la Administración de Educación Pública (ANEP), a través del Consejo de Formación en Educación (CFE). El plan de estudio vigente del CFE para la formación del profesorado es de cuatro años e incluye como asignaturas obligatorias Botánica I y II.

Precisamente, en el curso de Botánica II se ha detectado que uno de los temas que genera mayor dificultad en los aprendizajes es el estudio del crecimiento secundario de los tallos en las plantas con semillas. Sin dudas, la enseñanza de este tema constituye un desafío conspicuo para la disciplina botánica. Las nuevas investigaciones, así como los debates que reavivan la discusión respecto al desarrollo de las plantas, implican un abordaje actualizado y crítico que conduzca a la reflexión y potencie los aprendizajes en un esquema de educación superior. En este sentido, el crecimiento secundario como tema a enseñar en formación docente tiene varias aristas que contribuyen al desarrollo del pensamiento científico, y conducen a romper la tendencia descriptiva y memorística con la cual se relacionan los temas de anatomía vegetal. A continuación, se ponen en reflexión algunos de los puntos clave en la enseñanza del crecimiento secundario de tallos en un curso de botánica de educación terciaria.

Crecimiento Secundario: una mirada renovadora de un tema tradicional

Por lo general, cuando pensamos en el crecimiento secundario de las plantas se nos viene a la mente el tallo leñoso característico de los árboles, producto de un único cambium bifacial que genera externamente floema secundario; e internamente, xilema secundario (Larson, 1994; Suárez, 2019). Si bien este modelo de desarrollo está en gran parte de las plantas con semilla, existen variantes, por ejemplo, los cambia unifaciales (Cichan y Taylor, 1990; Willis y McElwain, 2002; Crang *et al.*, 2018) o los múltiples cambia presentes en Angiospermas que funcionan simultáneamente (Carlquist, 2007), así como aquellos que producen un xilema secundario

surcado por cuñas de floema (Pace *et al.*, 2009). Generalmente, esta diversidad estructural no se presenta en los libros de referencia de los cursos y, ante las dificultades que supone su enseñanza, no se trabajan en los cursos de formación docente, por lo cual el profesor egresado culmina sus estudios con un esquema acotado de la realidad anatómica que presentan las plantas con semilla y, especialmente, la estructura secundaria del tallo, que luego reproduce en sus prácticas de enseñanza.

Los modelos que tradicionalmente se usan para la anatomía de tallos con crecimiento secundario en la formación en Botánica en nuestro país, refieren para Angiosperma Eudicotiledoneae, preferentemente al género *Tilia* sp, *Vitis* sp, *Populus* sp. En cambio, para Gimnospermas, los géneros más utilizados son *Pinus* sp y *Araucaria* sp. Este tipo de abordajes trae consigo una serie de obstáculos, entre los cuales se destacan: a) la promoción de modelos “tipo” y la falta de trabajo con ejemplares nativos que acota la visión sobre las configuraciones que puede tener el xilema secundario, b) se refuerza la idea de crecimiento secundario como sinónimo de producción de leño y c) no se presentan casos de tallos con crecimiento secundario no leñosos.

Esto último trae consigo un problema fundamental a abordar en la enseñanza en la formación docente, que es la renovación y problematización de los ejemplares botánicos seleccionados, de forma tal que se genere conflicto cognitivo en los estudiantes e inviten a la reflexión y aprendizaje significativo.

El cambium meristema secundario de engrosamiento

Una forma práctica de diferenciar el crecimiento primario del secundario es que el primero es responsable del alargamiento en las puntas de los ejes de la planta, mientras que el segundo es responsable del engrosamiento de los ejes de la planta a partir de meristemas secundarios, como el cambium (Spicer y Groover 2010).

El concepto de cambium con sentido estrictamente botánico aparece de la mano de Duhamel du Monceau, en su obra *Physique des Arbres*, de 1758 (Larson, 2012). Y según Lundegårdh (1922), fue Duhamel du Monceau (1758) quien diseñó un experimento que demostró por primera vez el engrosamiento secundario, aunque él mismo no pudo explicar cómo ocurría el fenómeno. El concepto de cambium como tejido de crecimiento secundario no aparece en la literatura botánica hasta los trabajos de Mirbel, en 1839 (Larson, 2012). En la actualidad, en sentido estricto, el tejido responsable del engrosamiento del eje raíz-tallo en Gimnospermas y

Angiospermas Eudicotiledóneas es el cambium vascular, que produce de forma centrípeta xilema secundario; y de forma centrífuga, floema secundario (Spicer y Groover 2010; Schweingruber y Börner 2018).

En biología vegetal, la enseñanza y el estudio del cambium es fundamental para entender el crecimiento secundario. Los estudiantes de botánica presentan dos grandes dificultades al abordar la comprensión del cambium vascular, estas refieren a su origen-desarrollo y estructuración, respectivamente. El primer obstáculo (origen-desarrollo del cambium vascular) es percibido frecuentemente en evaluaciones y presentación de trabajos. En general, en la literatura botánica se menciona al procambium como el tejido que da origen al cambium. Existen anatomistas como Larson (1982; 2012), Esau (1965) y Sterling (1946) que plantean que, a nivel de origen y desarrollo, procambium y cambium son dos estados de desarrollo de un solo meristema. Esta concepción hace que se hable del continuo procambium-cambium, poniendo énfasis en la idea del estado transicional de desarrollo de la planta y sustitución del procambium por cambium. Sin embargo, este tipo de interpretaciones que tiende a transferirse a los estudiantes ha sido rebatido por Swamy y Krishnamurthy (1980) en una profunda revisión bibliográfica, en la cual se llega a esclarecer que el origen del cambium es múltiple. En ese sentido, el cambium se origina a partir del procambium y de tejidos de origen primario que se desdiferencian y vuelven a diferenciarse, caso típico del parénquima interfascicular. Incluso, a pesar de los grandes consensos de los anatomistas vegetales, Swamy y Krishnamurthy (1980) sugieren que también en la región fascicular el cambium tendría un origen idéntico a la interfascicular. En este sentido, el procambium primero debe convertirse en parénquima, que a su vez da lugar al cambium. Desde el punto de vista citológico, los autores se basan en que las células del parénquima sufren un número menor de cambios para convertirse en iniciales cambiales que las células procambiales.

La comprensión del origen múltiple del cambium es, sin duda, una de las mayores dificultades que los estudiantes de biología vegetal tienen, es por eso que es necesario, como prerequisite, un profundo abordaje de los conceptos diferenciación y desdiferenciación, para entender el desarrollo del crecimiento secundario en tallos.

Otro de los puntos de especial interés refiere a la estructuración del cambium en dos sistemas: axial y radial, producto de las células iniciales fusiformes y radiales (Esau, 1976) y el patrón de división periclinal y anticlinal. En ese sentido, debe plantearse en las clases de botánica

un tratamiento profundo de los conceptos periclinal y anticlinal, para entender la diferenciación del cambium a posteriori.

Crecimiento secundario y desarrollo de leño

Una de las sinonimias frecuentes en botánica es la del crecimiento secundario y crecimiento leñoso (Spicer y Groover, 2010). Sin embargo, es necesario acotar que el crecimiento secundario no es sinónimo de desarrollo leñoso, error frecuente que podemos encontrar en la simplificación conceptual o unificación de modelos (Hershey, 2005). Es importante abordar este matiz conceptual en la enseñanza de la botánica del profesorado, de forma tal de no contribuir a reforzar una idea previa que se mantiene arraigada de manera profunda. En tal sentido, definimos leño como la configuración anatómica de plantas que tienen una marcada actividad estacional del cambium, que lleva a la acumulación sucesiva de xilema y floema secundario. En contrapartida, podemos tener plantas herbáceas con crecimiento secundario (no leñoso), pero sin una sucesiva actividad cambial estacional.

Xilema secundario leñoso

Otro de los puntos de abordaje para la enseñanza del crecimiento secundario –en este caso, leñoso de tallos de Gimnospermas y Angiospermas no monocotiledóneas– es la estructura del xilema secundario. Aquí es necesario hacer apreciaciones conceptuales que son clave en la enseñanza a nivel terciario.

Las maderas pueden tener al menos dos grandes configuraciones de los elementos celulares que las constituyen, determinando así dos tipos de leños diferentes: homoxilados o heteroxilados. El leño homoxilado (presenta traqueidas, y poco parénquima axial o ausente, mientras que el radial es generalmente uniseriado) es típico de plantas Gimnospermas, mientras que el leño heteroxilado (presenta elementos del vaso, fibras, traqueidas, fibrotraqueidas, parénquima axial y radial) es característico de Angiospermas Eudicotiledóneas (Esau, 1976). Esta idea generalizada, si bien permite distinguir bajo dos campos conceptuales la mayoría de las plantas, según la configuración de su xilema secundario, arrastra un error frecuente y poco comentado en la bibliografía botánica general. El mismo refiere a que existen Gimnospermas del orden Gnetales y Ephedrales, que no poseen xilema homoxilado, por el contrario, es heteroxilado (Carlquist, 2012; Cabanillas *et al.*, 2014). Esta apreciación no es menor; por un lado, porque estamos frente a Gimnospermas con elementos del vaso (generalmente, el estudiante de biología vegetal prefigura en

su mente que los elementos del vaso solo están presentes en Angiospermas Eudicotiledóneas); y, por el otro, porque en nuestro país la única Gimnosperma nativa es *Ephedra tweediana*, y como modelo de enseñanza nos permite problematizar aspectos evolutivos y de la propia anatomía vegetal.

Otro de los puntos de importancia en el estudio del xilema secundario en tallos leñosos, tanto en Gimnospermas como Angiospermas, es la interpretación anatómica de los elementos celulares en los distintos planos de corte. Es muy frecuente encontrar problemas en la identificación de preparados histológicos, porque no se logra reconocer el plano de corte frente al cual se está. El estudio del plano transversal es, sin duda, el que más se trabaja en los cursos de botánica; sin embargo, resulta prioritario el abordaje de los planos longitudinales, con énfasis en el tipo tangencial. Sobre todo, porque el desempeño profesional enfrentará a los futuros docentes a gestionarse el material del laboratorio, y en muchas ocasiones se pierde la oportunidad de utilizar material histológico fijado porque no se logra interpretar ni el órgano vegetal (en este caso, tallo) ni el plano de corte del mismo.

Para contribuir y aportar herramientas conceptuales en un futuro desempeño autónomo de los egresados, se entiende necesario presentar aspectos de la estructuración de los elementos celulares axiales y radiales del xilema leñoso. En este sentido, es importante trabajar la 1) estacionalidad xilemática: leño tardío y temprano; 2) la disposición y estructura de los elementos del vaso: porosidad, agrupación, tipos de placa de perforación, punteaduras intervasculares y tipos de espesamientos de la pared secundaria; 3) las características de las fibras: grosor de pared y septación; 4) parénquima axial apotraqueal y paratraqueal: disposición; 5) parénquima radial: ancho de radios y composición celular y 6) inclusiones minerales: ráfides, drusas, cristales prismáticos, etc.

Crecimiento secundario anómalo

Al crecimiento secundario en los ejes (tallo-raíz) para Angiospermas Eudicotiledóneas, que ocurre de formas diferentes al patrón bifacial, se lo ha denominado, según la bibliografía botánica, crecimiento secundario anómalo; no obstante, el término más apropiado es variante cambial (Carlquist, 2001). El término “variante” tiene el objetivo de referenciar los desarrollos cambiales menos comunes; mientras que “anómalo” da la impresión de un estado que se aparta de lo “normal” o que es “defectuoso” en sus características. Sobre todo, es interesante presentar a los estudiantes la existencia de las variantes cambiales que corresponden a flora nativa

uruguay, como el caso de *Ephedra tweediana*, que tiene una variante cambial denominada “tallos lobulados” (Cabanillas *et al.*, 2014).

Una propuesta de intervención didáctica para la problematización de la enseñanza del crecimiento secundario en tallos

Pozo y Pérez (2009) plantean que las nuevas formas de concebir el aprendizaje y la enseñanza requieren promover y desarrollar el aprendizaje constructivo, lo cual implica, al menos, dos grandes hitos: aprender para comprender y resolver problemas, y aprender a gestionar de forma autónoma los aprendizajes. En este sentido, los autores sostienen también que el aprendizaje resulta más eficaz cuando los estudiantes, en lugar de aplicar los conocimientos en ejercicios de forma repetitiva, se enfrentan a situaciones problema, ya que estas implican modificar conocimientos en el marco de nuevas estrategias que le permitan resolverlas.

Desde una perspectiva didáctica en la enseñanza de la botánica, las propuestas aquí diseñadas se enmarcan en la indagación dialógica problematizadora. Así, se busca presentar situaciones que inviten a la reflexión a estudiantes del profesorado y promuevan un aprendizaje comprensivo, siempre en interacción con el docente desde un rol de vigilante epistemológico (Hernández, 2014). En este sentido, las propuestas de enseñanza pensadas para cumplir con lo anteriormente expuesto se basan en la resolución de problemas y trabajos prácticos de laboratorio que sean significativos e involucren a los estudiantes en una botánica más reflexiva a partir del uso de ejemplares nativos.

Por otro lado, el enfoque aquí planteado involucra una enseñanza de la botánica con un piense didáctico-pedagógico que trascienda las clases teóricas e incentiven el aprendizaje significativo (Álvarez y Arias, 1998; Foresto y Martín, 2020). Trascender las clases teóricas y pensar diversas actividades ayuda a consolidar conceptos, fomentar el trabajo colaborativo y la autorregulación por parte de los estudiantes (Foresto y Martín, 2020).

A su vez, una perspectiva crítica de la enseñanza propone rever si enseñamos exclusivamente el crecimiento secundario a partir de especies del hemisferio norte o si comenzamos a usar como modelo nuestras leñosas nativas. A continuación, se proponen dos ejemplos de actividades para abordar el crecimiento secundario de tallos.

Trabajos prácticos de laboratorio

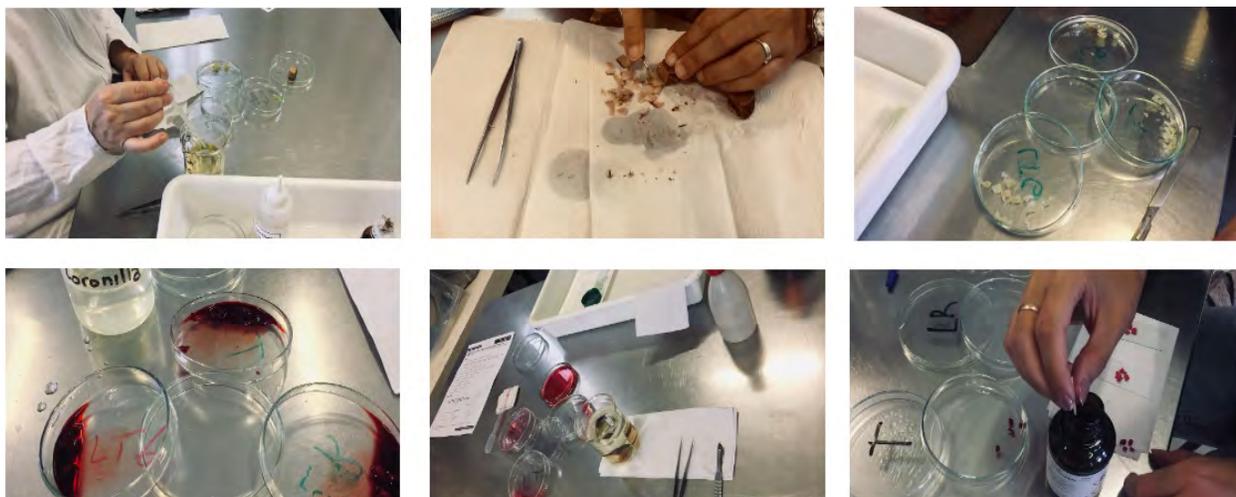
El trabajo en el laboratorio es una instancia fundamental para el aprendizaje. A entender de Anijovich y Mora (2009), las actividades que los alumnos realizan para apropiarse de diferentes saberes son instrumentos con los que el docente cuenta y que pone a disposición en la clase para ayudar a estructurar las experiencias de aprendizaje.

Por otra parte, los trabajos prácticos de laboratorio potencian procesos cognitivos que se ponen en juego en la producción y reconstrucción del conocimiento y esta es, sin dudas, una de las facetas más importantes de estas actividades (Oroño y Cafferata, 2007).

En el marco del curso de Botánica II se les enseñó a los estudiantes a realizar cortes de madera en diferentes planos anatómicos (transversal, longitudinal radial y longitudinal tangencial) y a elaborar preparados histológicos. Para esta instancia, se trabajó con ejemplares nativos de la flora nacional, como *Erythrina crista-galli*, *Vachellia caven*, *Scutia buxifolia*, *Celtis tala*, *Schinus molle* y *Phytolacca dioica*. Las muestras de maderas utilizadas consistían en cubos de no más de 2 cm de arista, con las superficies de planos de cortes de interés anatómico, y tratados previamente, según lo reseñado por Huerta (1978) y Gómez (1977).

Para la realización de preparados histológicos de maderas nativas se utilizaron las técnicas reseñadas por D’Ambrogio (1986) con Azul de Toluidina (tinción metacromática) y Safranina-Fast Green (coloración combinada sucesiva doble); también, se realizaron tinciones directas con Safranina y Azul de Metileno. Los cortes se hicieron a mano libre con hojas de afeitar, de manera que se obtuvieron láminas de diferente grosor, lo que implicó, posteriormente, una selección de las muestras con menor altura (figura 1).

Figura 1. Secuencia del proceso de preparación de las muestras de maderas nativas, corte, blanqueo, tinción y montaje.



Los cortes obtenidos, luego del proceso de tinción, se montaron con Entellan®. El análisis de la estructura leñosa de los cortes se realizó a través de microscopio Olympus, y se utilizaron claves y atlas como la *law a list of microscopic features for hard Wood identification* (Wheeler *et al.*, 1989) y el Atlas de Maderas y Bosques Argentinos (Tortorelli, 1956). Para esta instancia, también se utilizó el *software* Lumenera INFINITY ANALYZE®. El uso de este tipo de *software* permite poner en práctica habilidades de reconocimiento y descripción anatómica, a la vez que habilita al desarrollo de análisis matemático a partir de la medición de elementos celulares, lo que aporta una visión más práctica y aplicada de la botánica.

Resolución de problema

Según Garrett (1988), un currículo basado únicamente en la acción de transmisión de información es simplemente insostenible, es por eso que, con el paso del tiempo, un currículo orientado a procesos, que incluye como un elemento estructurante la resolución de problemas, impacta sustancialmente en los procesos de aprendizaje de los estudiantes.

A continuación, se presenta un ejemplo de actividad de tipo resolución de problema.

“Popularmente la leña de la especie nativa *Phytollaca dioica* (ombú) es conocida por ser una madera de bajo potencial calórico para encender y/o mantener una fogata. Muchas personas la catalogan como una mala madera para estos fines. Sin embargo, otras leñosas nativas como el *Scutia buxifolia* (coronilla) son muy buenas para iniciar o mantener fogatas, y debido a la tala

excesiva es que las poblaciones de esta arbórea están protegidas por ley en nuestro país.”

¿Qué diferencias existen entre los leños de ambas maderas que hacen que tengan estos comportamientos tan distintos respecto al uso calórico?

Si bien este problema es de respuesta cerrada, los estudiantes pondrán en juego nuevos puntos de vista a lo que ya conocían sobre anatomía de leñosas. Para resolver este problema, los estudiantes deberán movilizar los conocimientos de anatomía de leñosas, pero a su vez diseñar una estrategia que les permita abordar el problema. Esto implica, por ejemplo, a) realizar una salida de campo para obtener muestras de ambas especies; b) buscar información sobre qué procedimientos se deben realizar para obtener muestras del leño; c) buscar información de cómo tratar la madera para realizar preparados anatómicos; d) realizar cortes histológicos, lo que implica uso del laboratorio; e) estudiar y aplicar técnicas tinción y de montaje de muestras histológicas de leños; f) uso de claves de anatomía de leñosas para interpretación de lo que observan y base de datos de anatomía de leñosas; g) establecer correlaciones entre las características morfoanatómicas del leño y los rasgos funcionales de las especies en cuestión; h) medición de caracteres biométricos; i) uso de herramientas informáticas y j) ensayo experimental de potencial calórico.

Con esta actividad, se apunta a consolidar diversos aprendizajes: a) el diseño de salidas de campo; b) el uso de material de laboratorio; c) la manipulación de leño y el reconocimiento de los planos de corte; d) el trabajo colaborativo; e) la búsqueda y selección de información;

f) la relación entre aspectos morfoanatómicos y ecológicos de leñosas nativas; g) el uso de *software* y claves para identificación; h) cálculo estadístico: promedios, varianza, etc.; i) representación de resultados y j) elaboración de textos científicos.

Reflexiones finales

La enseñanza del crecimiento secundario en tallos reviste una complejidad que puede ser abordada desde diferentes enfoques; sin embargo, aquellas intervenciones con un alto componente práctico permiten solidificar aprendizajes y reestructurar conceptos. Cuando hacemos partícipes a las plantas de los procesos de enseñanza y trascendemos los textos de botánica podemos encontrar una fuente inagotable de recursos de enseñanza que ponen en valor los tipos de clases que impartimos. En la formación del profesorado, esta impronta se hace cada vez más necesaria, pues ninguna imagen, video o maqueta sustituye al ejemplar botánico vivo, en pos de una botánica reflexiva.

Referencias bibliográficas

- Álvarez Salgado, E. y Arias Guevara, H. (1998). El aprendizaje de algunos conceptos fundamentales en el campo de la botánica. Una experiencia investigación aula. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, (4). <https://doi.org/10.17227/ted.num4-5693>
- Anijovich, R., y Mora, S. (2009). *Estrategias de enseñanza: otra mirada al quehacer en el aula*. Aique Grupo Editor.
- Cabanillas, P. A., Borniego, M. L. y Sáenz, A. (2014). Nueva variante cambial en el género *Ephedra* (Ephedraceae). *Boletín de La Sociedad Argentina de Botánica*, 49(2), 201-206. <https://doi.org/10.31055/1851.2372.v49.n2.7841>
- Carlquist, S. (2001). *Comparative Wood Anatomy Systematic, Ecological, and Evolutionary Aspects of Dicotyledon Wood*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Carlquist, S. (2007). Successive cambia revisited: ontogeny, histology, diversity, and functional significance. *Journal of the Torrey Botanical Society*, 134(2), 301-332. <https://doi.org/10.3159/1095-5674>
- Carlquist, S. (2012). Wood Anatomy of Gnetales in a Functional, Ecological, and Evolutionary Context. *Aliso*, 33(30), 33-47. <https://doi.org/10.5642/aliso.20123001.05>
- Cichan, M. y Taylor, T. (1990). Evolution of cambium in geologic time—a reappraisal. *The Vascular Cambium*, 213–228.
- Crang, R., Lyons-Sobaski, S., y Wise, R. (2018). *Plant anatomy: a concept-based approach to the structure of seed plants*. Springer.
- D'Ambrogio de Argüeso, A. (1986). *Manual de técnicas en histología vegetal*. Hemisferio Sur.
- Du Monceau, H. L. D. (1758). *La physique des arbres; où il est traité de l'anatomie des plantes et de l'économie végétale*. HL Guerin y LF Delatour.
- Eggert, D. A. y Kanemoto, N. Y. (1977). Stem Phloem of a Middle Pennsylvanian *Lepidodendron*. *Botanical Gazette*, 138(1). <https://doi.org/10.1086/336903>
- Esau, K. (1976). *Anatomía vegetal*. Ediciones Omega.
- Foresto, E. y Martín, R. (2020). Acercamientos a la conceptualización de la botánica: Un estudio con ingresantes de Ingeniería Agronómica. *Bio-grafía*, 13(25), 111-123. <https://doi.org/10.17227/bio-grafia.vol.13.num25-1232>
- Garrett, R. M. (1988). Resolución de problemas y creatividad: implicaciones para el currículo de ciencias. *Enseñanza de Las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, 6(3), 224–230.
- Gómez, L. G. (1977). Método de ablandamiento de madera dura muy dura para la obtención de cortes en xilótmo. *Ciencia Forestal*, 59-64.
- Hernández, R. A. (2014). Un nuevo enfoque para la enseñanza de Botánica Sistemática en un Profesorado en Biología de la Ciudad de Córdoba. *Revista de educación en biología*, 17(2), 118-121. <https://doi.org/10.59524/2344-9225.v17.n2.22443>
- Hershey, D. R. (2005). More misconceptions to avoid when teaching about plants. *American Institute of Biological Sciences*.
- Huerta, C. J. (1978). Anatomía de 12 especies de coníferas mexicanas. *Boletín Técnico del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales*.
- Larson, P. R. (1982). The Concept of Cambium. En P. Baas (Ed), *New Perspectives in Wood Anatomy* (pp. 85-121). Springer Science y Business Media.
- Larson P. R. (1994). *The vascular cambium: development and structure*. Springer Series in Wood Science.
- Larson, P. R. (2012). *The vascular cambium: development and structure*. Springer Science y Business Media.

- Lundegårdh, H. (1922). Übersicht über die Geschichte der Pflanzenanatomie und der Zellenlehre. En K. Linsbauer (Hg.), *Handbuch der Pflanzenanatomie, I*. Mirbel, C. F. B. (2019). *Nouvelles Notes sur le Cambium, Extraites d'un Travail sur la Racine du Dattier*. Forgotten Books.
- Oroño, S. U. y Cafferata, M. T. (2007). La enseñanza de procedimientos en el laboratorio de ciencias de formación docente. *Cuadernos de Investigación Educativa*, 2(14), 89-103. <https://doi.org/10.18861/cied.2007.2.14.2741>
- Pace, M. R., Lohmann, L. G. y Angyalossy, V. (2009). The rise and evolution of the cambial variant in Bignoniaceae (Bignoniaceae). *Evolution & Development*, 11(5), 465-479. <https://doi.org/10.1111/j.1525-142x.2009.00355.x>
- Porcel, M. C. y Tejero, M. R. G. (1996). La anatomía vegetal como método de identificación en etnobotánica. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba*, (3), 33-37.
- Pozo, J. I. y Pérez Echeverría, P. (2009). Aprender para comprender y resolver problemas. En J. I. Pozo y P. Pérez Echeverría (Coords.), *Psicología del aprendizaje universitario la formación en competencias* (pp. 31-53). Morata.
- Schweingruber, F. H. y Börner. (2018). *The Plant Stem. A Microscopic Aspect*. Springer International Publishing.
- Spicer, R. y Groover, A. (2010). Evolution of development of vascular cambia and secondary growth. *New Phytologist*, 186(3), 577-592. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03236.x>
- Sterling, C. (1946). Growth and vascular development in the shoot apex of *Sequoia sempervirens* (Lamb.) Endl. III. Cytological aspects of vascularization. *American Journal of Botany*, 33(1), 35-45.
- Suárez Vespa, D. (2019). Maderas nativas y la enseñanza del crecimiento secundario de tallos en bachillerato de ciencias agrarias. *Educación En Ciencias Biológicas*, 4(1), 23-28.
- Swamy, B. G. L. y Krishnamurthy, K. V. (1980). On the origin of vascular cambium in dicotyledonous stems. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences. Section B, Biological Sciences*, 89(1), 1-6. <https://doi.org/10.1007/bf03046116>
- Tortorelli, L. A. (1956) *Maderas y bosques argentinos*. Ediciones ACME. Ciencias Biológicas y Agronómicas.
- Wheeler, E. A., Baas, P. y Gasson, P. E. (Eds.). (1989). Preliminary material. *IAWA Journal*, 10(3), 219-232. <https://doi.org/10.1163/22941932-90000496>
- Willis, K. J. y McElwain, J. C. (2002). *The evolution of plants*. Oxford University Press.