

# Uso de árboles evolutivos para contextualizar científicamente la enseñanza de la biodiversidad vegetal

Silvina Mariana Rosa <sup>1,a</sup>, Hugo Tricarico <sup>2,b</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Universidad de Buenos Aires

<sup>2</sup> Escuela de Humanidades, Universidad Nacional de General San Martín, Argentina

<sup>a</sup> [silvinarosa@gmail.com](mailto:silvinarosa@gmail.com), <sup>b</sup> [hugo.tricarico@unsam.edu.ar](mailto:hugo.tricarico@unsam.edu.ar)

[Recibido en abril de 2015, aceptado en enero de 2016]

Se presenta una experiencia didáctica para la enseñanza de la biodiversidad vegetal en dos cursos universitarios. Se introdujo el uso de árboles evolutivos como herramienta para relacionar los caracteres utilizados en la clasificación de las plantas con su historia evolutiva. La evaluación de la propuesta a partir del análisis de las respuestas de los estudiantes en el examen parcial y de su opinión expresada en una encuesta semi-estructurada fue positiva. Se propone que este tipo de abordaje, actualizado y coherente con el trabajo de los especialistas, contribuye a conciliar la disociación entre enseñanza e investigación en este nivel educativo.

**Palabras clave:** botánica; sistemática biológica; filogenia; árboles evolutivos; educación científica universitaria.

## Using evolutionary trees for contextualize scientifically the teaching of plant biodiversity

A didactic experience for teaching plant biodiversity in two undergraduate courses is presented. We proposed the usage of evolutionary trees as a tool for relating the diagnostic plant features with their evolutionary history. The proposal was evaluated as positive by analysing the student's answers in the exam and their opinion expressed in a semi-structured survey. This approach, updated and consistent with the work of specialist, contributes for reconciling the dissociation between teaching and research at this educational level.

**Keywords:** botany; biological systematics; phylogeny; evolutionary trees; undergraduate science education.

**Para citar este artículo:** Rosa, S.M. y Tricario, H. (2016) Uso de árboles evolutivos para contextualizar científicamente la enseñanza de la biodiversidad vegetal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 13 (2), 384-394. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10498/18295>

## Introducción

La concepción común del profesorado universitario sobre la docencia como una actividad secundaria que perjudica su tarea principal: la investigación, es uno de los obstáculos para la renovación de la enseñanza universitaria (Gil, Belendez, Martín y Martínez Torregrosa, 1991). Tal idea de la enseñanza como una tarea disociada de la investigación sea probablemente una de las razones del enfoque enciclopedista que adoptan algunos profesores universitarios, y que resultan en la omnipresente transmisión de conocimientos ya elaborados, las colecciones de ejercicios resueltos como “problemas” y las “prácticas de laboratorio” desarrolladas a modo de recetas (Gil Pérez, Martínez Torregrosa y Vilches, 2008). Esta problemática coloca a cursos como Botánica y Zoología en una posición difícil frente al alumnado actual, que considera su estudio un ejercicio básicamente memorístico (Aznar et al., 2012; Mejías, Muñoz y de las Heras, 2012).

Lejos de ser una subdisciplina estática, la sistemática ha experimentado una revolución en los últimos años, no solo como consecuencia de la incorporación de nuevas tecnologías sino también debido a la adopción de un enfoque filogenético (Simpson y Cracraft, 1995). Bajo el paradigma evolutivo, las relaciones filogenéticas (esto es, de ancestralidad común o parentesco) son consideradas por la comunidad científica como el criterio más útil para delimitar las especies y clasificar a los organismos, ya que proveen la mayor información sobre

las características conocidas y aún no conocidas de los miembros de un taxón (Lanteri y Cigliano, 2004). Una forma de representación de tales relaciones de parentesco entre taxones son los diagramas jerárquicos ramificados que, en sentido amplio, suelen denominarse árboles evolutivos.

La transposición didáctica de la sistemática filogenética en la enseñanza es todavía muy reciente y requiere la investigación tanto de aspectos teóricos como prácticos (Lopes y Dias Vasconcelo, 2014). Los estudiantes universitarios de cursos introductorios tienen frecuentemente un entendimiento de la evolución pre-darwiniano (Rudolph y Stewart, 1998), y por ende la capacidad para que puedan comprender árboles evolutivos no debería darse por sentado. De hecho, es habitual que los docentes asuman que los diagramas evolutivos son auto explicativos, cuando en realidad el alumnado carecen de la habilidad para interpretarlos a menos que se les haya enseñado explícitamente (Sandvik, 2008).

Dentro del estudio de los organismos, las plantas son el grupo que menos interés despierta en los estudiantes universitarios (Marbach-Ad, 2004). En consecuencia, las propuestas didácticas para mejorar la enseñanza de la biodiversidad vegetal en el nivel universitario están con demasiada frecuencia dirigidas a fomentar la motivación del alumnado. Entre ellas pueden mencionarse el aprendizaje basado en problemas (Galetto, Torres, Urcelay y De Longhi, 2013; Zhonghua, 2005), la incorporación de contenidos etnobotánicos incluyendo la utilización de jardines botánicos (Quave, 2014) o la implementación de herramientas multimedia interactivas (Silva, Pinho, Lopes, Nogueira y Silveira, 2010). En contraposición, es escasa la bibliografía en la que se debate la necesidad de actualizar los contenidos acorde a los recientes cambios en la metodología para la clasificación de los organismos y la filogenia (Arana, Correa y Oggero, 2014). Las plantas son un interesante caso para relacionar clasificación, filogenia y evolución ya que constituyen un grupo de seres vivos en el que puede trazarse la exitosa conquista de la tierra a partir de la comparación de los caracteres que definen a los principales taxones (Jensen y Salisbury, 1988).

En este trabajo se presenta una experiencia didáctica desarrollada en asignaturas introductorias a la biología vegetal de dos universidades nacionales argentinas (Universidad Nacional de San Martín: UNSAM y Universidad de Buenos Aires: UBA) en el año 2013. Durante la misma se propuso la utilización de árboles evolutivos como herramienta para relacionar los caracteres utilizados en la clasificación con la historia evolutiva de las plantas. El objetivo de este abordaje fue que el alumnado interpretara la información sobre las características de los taxones estudiados dentro de un contexto coherente con las bases epistemológicas de la Sistemática.

## Metodología

La experiencia didáctica se llevó a cabo en las asignaturas “Biología IV” (Biología Vegetal) e “Introducción a la Botánica” (de aquí en adelante Botánica) durante el año 2013. Las diferencias entre ambos cursos se presentan en la Tabla 1, siendo la cantidad de alumnos, docentes y carga horaria mayor para Botánica.

Si bien en los programas de ambas asignaturas se plantean conceptos evolutivos en relación a las plantas ([http://www.unsam.edu.ar/oferta/carreras/\\_print\\_carrera.asp?id=58](http://www.unsam.edu.ar/oferta/carreras/_print_carrera.asp?id=58), <http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/GuiaTP.pdf>), los alumnos que ingresan a ellas no cuentan con formación previa sobre lectura de árboles evolutivos. Esta experiencia se originó a partir de la inquietud de un docente de ambas materias, especialista en biodiversidad, que percibió la disociación entre lo que se enseñaba y el abordaje con que investiga en esta subdisciplina.

**Tabla 1.** Características de los cursos en los que se llevó a cabo la experiencia didáctica.

Característica del curso	Biología IV	Introducción a la Botánica
Universidad	UNSAM	UBA
Licenciatura	Biotecnología Análisis Ambiental	Ciencias Biológicas
Número de alumnos	33	216
Número de docentes	7	29
Carga horaria semanal	5 horas	15 horas
Carga horaria semanal	5 horas	15 horas
Porcentaje dedicado a Biodiversidad Vegetal	25%	50%

La modalidad de trabajo previa a esta experiencia había sido similar en ambas asignaturas: explicación de las características de los principales grupos de plantas a cargo del profesor titular (clase teórica), observación de las mismas por parte de los estudiantes (trabajos prácticos) y resolución de guías de preguntas teóricas (clase de “problemas”). Los exámenes han sido tradicionalmente memorísticos, incluyendo la elaboración de cuadros comparativos. Ante la posibilidad de intervenir en ambos cursos, se propuso dar un contexto evolutivo y actualizado a los conocimientos impartidos a los alumnos. Para ello se agregó una clase teórica y modificó la guía de problemas vigente. La Tabla 2 muestra los contenidos expuestos en la clase teórica por el docente a cargo y proporciona el enlace para las guías de problemas. Accediendo a las mismas pueden consultarse los ejercicios que se incluyeron para trabajar la lectura de árboles evolutivos generales y de plantas. Debido a una mayor disponibilidad horaria, en Biología IV pudo ejercitarse además el reconocimiento de grupos monofiléticos. También en esta materia se presentó un árbol general de plantas elaborado por la cátedra, que los alumnos debieron completar con las características adquiridas por los ancestros inmediatos más próximos de los diferentes taxones (sinapomorfías). Este ejercicio tuvo el doble propósito de integrar los conceptos tratados y de servir de referente durante el examen.

**Tabla 2.** Contenidos disciplinares trabajados en las clases teóricas y de problemas.

Clase teórica	
Conceptos básicos	Referencia
Ubicación evolutiva de las plantas respecto a otros organismos	Adl <i>et al.</i> , 2012
Abordaje de la biodiversidad desde una perspectiva evolutiva	Lanteri y Cigliano, 2004
Definición y elementos de los árboles evolutivos	Lanteri y Cigliano, 2004
Grupos monofiléticos y sinapomorfías	Lanteri y Cigliano, 2004
Escuelas sistemáticas, con énfasis en la cladística	Lanteri y Cigliano, 2004
Clase de problemas	
Link a la guía de problemas	Asignatura
<a href="http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/BIODIVERSIDADYCICLOSDEVIDA2013final.pdf">http://www.dbbe.fcen.uba.ar/contenido/objetos/BIODIVERSIDADYCICLOSDEVIDA2013final.pdf</a>	Botánica
<a href="https://www.dropbox.com/s/bdrxg7bz3xvjc1w/Guia%20de%20estudio%20de%20sistem%C3%A1tica%20BVegetal.doc?dl=0">https://www.dropbox.com/s/bdrxg7bz3xvjc1w/Guia%20de%20estudio%20de%20sistem%C3%A1tica%20BVegetal.doc?dl=0</a>	Biología Vegetal

En los exámenes de ambas materias se evaluó la capacidad de los estudiantes para recuperar información a partir de árboles evolutivos y relacionar, a partir de su lectura, los caracteres utilizados para clasificar a los grandes grupos de plantas con su historia evolutiva. Debido a las particularidades de cada curso, y acorde a lo trabajado en las clases de problemas, se

plantearon distintos tipos de situaciones en sendos exámenes, tal como se detalla en el Anexo 1. Se evaluó durante la corrección de los exámenes el porcentaje de alumnos que respondió de forma correcta, parcialmente correcta o incorrecta cada una de las preguntas formulada.

La encuesta realizada en ambas asignaturas (Anexo 2) consistió en dos preguntas. La primera de ellas indagó sobre la percepción que los estudiantes tuvieron acerca de la utilidad de los árboles evolutivos para resolver distintos tipos de situaciones, dependiendo estas últimas del tipo de habilidades puestas en práctica durante el curso. La segunda pregunta se formuló para analizar si los alumnos consideraban que los conocimientos brindados les fueron de utilidad para relacionar la clasificación de las plantas con su historia evolutiva. Se incluyó además una pregunta final en la que se pretendió corroborar si los estudiantes efectivamente habían desarrollado dicha competencia, pidiendo que mencionaran caracteres que permitieran diferenciar taxones de plantas y que se hubieran analizado evolutivamente durante la cursada.

## Resultados

El porcentaje de estudiantes que pudieron desarrollar adecuadamente las competencias evaluadas en el examen parcial se muestra en la Tabla 3. Cada una de estas competencias se corresponde con una pregunta del examen parcial (Anexo 1). En ambas asignaturas, la capacidad para identificar dentro de los árboles evolutivos los caracteres que se utilizan para clasificar a los grandes grupos de plantas fue similar, registrándose un 72% de estudiantes que resolvió adecuadamente este ejercicio, y un 22-28% que lo hizo regularmente (Tabla 3: competencias 1.a y 2.b).

**Tabla 3.** Competencias evaluadas en los exámenes parciales de Biología IV (UNSAM) y Botánica (UBA) a partir de la lectura de árboles evolutivos. El porcentaje “Si” corresponde a la proporción de respuestas correctas, mientras que “Reg.” y “No” se refieren al porcentaje de respuestas parcialmente correctas o incorrectas (incluyendo aquellas sin responder) respectivamente. Cada competencia corresponde a la pregunta del examen antecedida por la misma letra (ver Anexo 1).

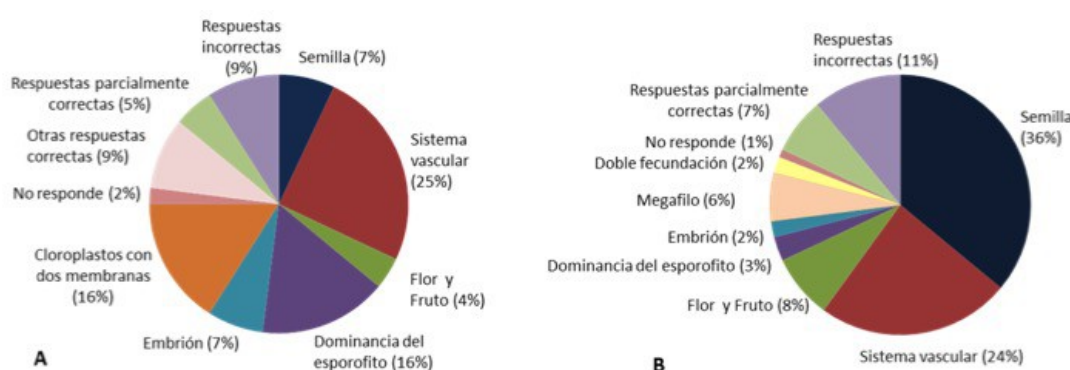
Competencias	Si(%)	Reg.(%)	No(%)
<b>1. Biología IV (N = 32)</b>			
a. Reconoce caracteres que definen grupos de plantas	72	28	0
b. Reconoce grupos monofiléticos y justifica apropiadamente	72	16	12
c. Reconoce sinapomorfías	30	47	23
d. Resuelve una situación problemática sencilla	75	25	0
<b>2. Botánica (N = 190)</b>			
a. Establece relaciones entre grupos de plantas según sus caracteres	93	1	6
b. Reconoce caracteres que definen grupos de plantas	72	22	6
c. Relaciona los caracteres utilizados para clasificar con la historia evolutiva de las plantas	69	21	10

En el examen de la asignatura Biología IV, en el cual se proporcionó a los estudiantes un árbol evolutivo, se encontró que el 72% de ellos pudo identificar grupos monofiléticos, pero sólo el 30% logró reconocer sinapomorfías, respondiendo el 47% regularmente a esta pregunta (Tabla 3: competencias 1.b y 1.c). La mayor parte de los estudiantes (75%) resolvió sin dificultades una situación problemática sencilla a partir de la información que pudieron extraer de sus árboles evolutivos (Tabla 3: competencia 1.d).

Respecto al examen de la asignatura Botánica, prácticamente todos los estudiantes (93%) consiguieron ubicar dentro de un árbol evolutivo a taxones con características previamente descriptas en una clave dicotómica. La poca dificultad detectada en esta pregunta (Tabla 3: competencia 2.b) y aquella en la que solicitó ubicar en el árbol las características que permitían

diferenciar a estos taxones (Tabla 3: competencia 2.a) probablemente se relacione con la modalidad de elección múltiple adoptada en esta instancia. Un menor porcentaje de estudiantes, pero también alto (69%) logró responder adecuadamente a la última pregunta de este parcial, de modalidad abierta, en la que se solicitaba interpretar biológicamente dos caracteres ubicados en el árbol en relación a la exitosa conquista del ambiente terrestre. Un aspecto interesante que se puso de manifiesto durante la corrección fue la gran variedad de respuestas válidas en las que se utilizaron argumentos de otras disciplinas (Fisiología, Morfología, etc.) tratadas en la materia. A partir de la integración de estos conceptos, algunos estudiantes desarrollaron explicaciones en los que se denotó una visión integral de los organismos en estudio.

Los resultados de la encuesta en la que los estudiantes manifestaron su percepción respecto a la utilidad de los árboles evolutivos para aprender biodiversidad vegetal se presentan en el Anexo 2. Un total de 207 alumnos (27 de Biología IV y 180 de Botánica) respondieron voluntariamente la encuesta. En el caso de Biología IV, la mayoría de los estudiantes consideró que el hecho de contar con sus árboles evolutivos en el parcial les fue de utilidad tanto para reconocer caracteres que definen grupos (96% de respuestas positivas), reconocer grupos monofiléticos (81% de respuestas positivas) como para resolver situaciones problemáticas sencillas (85% de respuestas positivas). Un porcentaje también elevado de estudiantes de Botánica (79%) respondió que los árboles evolutivos les resultaron de utilidad para reconocer características que definen grupos de plantas y establecer relaciones entre estos grupos (Anexo 2.B1). En ambas materias, la percepción de los estudiantes coincide con los resultados positivos que obtuvieron en el parcial para estas habilidades (Tabla 3). Es interesante mencionar que la totalidad de los estudiantes de Biología IV concurrió al examen con su árbol evolutivo y que muchos de ellos pidieron que se les devolvieran al finalizar la actividad. Algunos alumnos concurrieron al examen final oral integrador con este esquema, eligiendo el tópico de biodiversidad vegetal como tema inicial de exposición y mostrando durante su desarrollo una visión integral de las plantas.



**Figura 1.** Porcentaje de respuestas correctas, parcialmente correctas e incorrectas a la pregunta: “Mencionar uno o dos caracteres que permitan diferenciar a las plantas, y que se hayan analizado evolutivamente en la materia”. A. Biología Vegetal (N=27). B. Botánica (N=180).

La mayoría de los estudiantes consideró que pudo relacionar la clasificación de las plantas con su historia evolutiva a partir del uso de árboles evolutivos (77% de respuestas positivas en Botánica) y/o del enfoque adoptado en la materia (89% de respuestas positivas en Biología IV) (Anexo 2). Reafirmando la percepción de los alumnos, en ambas asignaturas, un porcentaje mayor al 80% de ellos mencionó correctamente un carácter que permitiera diferenciar taxones de plantas y que se hubiera analizado evolutivamente durante la cursada

(Figura 1). Debido a los distintos enfoques adoptados en ambos cursos, los caracteres mencionados con mayor frecuencia resultaron diferentes, siendo “semilla” para Botánica (36% de las respuestas) y “sistema vascular” para Biología IV (25%) (Figura 1).

## Consideraciones para la enseñanza

Los resultados obtenidos en los exámenes parciales y en la pregunta adicional a la encuesta mostraron que la mayoría de los estudiantes logró utilizar árboles evolutivos como herramienta para relacionar los caracteres empleados en la clasificación con la historia evolutiva de las plantas. Esta propuesta de abordar la biodiversidad vegetal dentro de un contexto coherente con las bases epistemológicas de la Sistemática fue además percibida positivamente por el alumnado. El enfoque adoptado, que acerca a los estudiantes a problemáticas más próximas al trabajo real del especialista en sistemática vegetal, se presenta como una posibilidad para conciliar lo que se enseña y lo que se investiga en el nivel universitario. Cabe mencionar que esta modificación del enfoque de la enseñanza de la biodiversidad vegetal ha sido adoptada en los años siguientes (2014 y 2015) en Botánica, con gran aceptación por parte de los estudiantes.

La utilización de árboles evolutivos permitió a su vez que algunos de los estudiantes relacionaran saberes de diferentes disciplinas y desarrollaran una visión integradora del estudio de los vegetales a partir de enfoques diferentes. Tal oportunidad debiera ser especialmente tenida en cuenta en el momento de la planificación curricular en materias que traten temas de biodiversidad, pues contribuye a superar una de las grandes problemáticas de la educación superior, la fragmentación de los conocimientos (Rowland, 2002).

A partir de esta experiencia presentamos las siguientes propuestas de mejora en la enseñanza de la Sistemática Vegetal, que son extensivas a cualquier otro grupo de organismos:

- Incluir tema teórico en el que se brinden los conceptos básicos para la lectura de árboles evolutivos.
- Plantear problemas en los que se analicen características de los organismos en estudio a partir de la lectura de árboles evolutivos.
- Presentar a los estudiantes un árbol evolutivo general con los taxones trabajados para que sea completado durante el curso y puedan emplear en los exámenes.
- Priorizar en las evaluaciones ejercicios en los que se analicen las características de los organismos desde una perspectiva evolutiva, apoyándose en la lectura de árboles evolutivos.

## Agradecimientos

Queremos agradecer a los profesores titulares de Botánica (Dr. Bernardo Lechner) y de Biología IV (Dr. Guillermo Santa María).

## Referencias

Adl, S.M., Simpson, A.G.B., Lane, C.E., Lukeš, J., Bass, D., Bowser, S.S., Brown, M.W., Burki, F., Dunthorn, M., Hampl, V., Heiss, A., Hoppenrath, M., Lara, E., le Gall, L., Lynn, D.H., McManus, H., Mitchell, E.A.D., Mozley-Stanridge, S.E., Parfrey, L.W., Pawlowski, J., Rueckert, S., Shadwick, L., Schoch, C.L., Smirnov, A. y Spiegel, F.W. (2012). The Revised Classification of Eukaryotes. *Journal of Eukaryotic Microbiology*, 59, 429–514.

- Arana, M.D., Correa, A.L. y Oggero, A.J. (2014). El reino plantae: ¿Qué es una planta y cómo se clasifican?: Un cambio paradigmático. *Revista de Educación en Biología*, 17, 9-24.
- Aznar, F.J., Fernández, M., Raduán, A., Baixeras, J., Balbuena, J.A., Capaccioni, R., Falcó, J.V., Lluch, J., Montero, F.E., Navarro, P., Raga, J. A., Selfa, J. y Tomás, J. (2012). La taxonomía de Bloom y la aplicación del conocimiento: las clases de problemas en la asignatura de Zoología de la Universidad de Valencia. En J.F. Beltrán, M. Conradi, J.J. Gutiérrez y M. Rodríguez (Eds.), *Proceedings of the First International Congress on University Teaching Innovation in Natural History* (pp. 135-147), Sevilla.
- Galetto, L., Torres, C., Urcelay, C. y De Longhi, A.L. (2013). Enseñanza de la Diversidad Vegetal en la Universidad: evaluación de los alumnos a una nueva propuesta didáctica basada en la problematización del conocimiento. *Revista de Educación en Biología*, 16, 89-99.
- Gil, D., Belendez, A., Martín, A. y Martínez Torregrosa, J. (1991). La formación del profesorado universitario de materias científicas: contra algunas ideas y comportamientos de 'sentido común'. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, 12, 43-48.
- Incluir Gil Pérez, D., Martínez Torregrosa, J. y Vilches, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necesidade, obstáculos e oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo.
- Jensen, E.A. y Salisbury, F.B. (1988). *Botánica*. México: Ed. McGraw-Hill.
- Karol, K. G., Arumuganathan, K., Boore, J. L., Duffy, A. M., Everett, K. D. E., Hall, J. D., Hansen, S. K., Kuehl, J. V., Mandoli, D. F., Mishler, B. D., Olmstead, R. G., Renzaglia, K. S. y Wolf, P. G. (2010). Complete plastome sequences of *Equisetum arvense* and *Isoetes flaccida*: implications for phylogeny and plastid genome evolution of early land plant lineages. *BMC Evolutionary Biology*, 10, 321.
- Lanteri, A.A. y Cigliano, M.M. (2004). *Sistemática Biológica: Fundamentos teóricos y ejercitaciones*. La Plata: Edulp.
- Lopes, W.R. y Dias Vasconcelo, S. (2014). Sistemática Filogenética no ensino médio: uma reflexão a partir das concepções de alunos e professores da rede pública de Pernambuco, Brasil. *Revista de Educación en Biología*, 17, 89-99.
- Marbach-Ad, G. (2004). Expectations and difficulties of first year college students in biology. *Journal of College Science Teaching*, 33, 38-54.
- Mejías, J.A., Muñoz, A.F. y de las Heras, M.A. (2012). El estudio de la flora ornamental: Una forma de aprendizaje significativo de la diversidad vegetal y las clasificaciones botánicas. En J.F. Beltrán, M. Conradi, J.J. Gutiérrez y M. Rodríguez (Eds.), *Proceedings of the First International Congress on University Teaching Innovation in Natural History* (pp. 157-165), Sevilla.
- Quave, C.L. (Ed.). (2014). *Innovative Strategies for Teaching in the Plant Sciences*. New York: Springer.
- Rowland, S. (2002). Overcoming fragmentation in professional life: the challenge for academic development. *Higher Education Quarterly*, 56(1), 52-64.
- Rudolph, J.L. y Stewart, J. (1998). Evolution and the nature of science: on the historical discord and its implications for education. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 1069-1089.

- Sandvik, H. (2008). Tree thinking cannot taken for granted: challenges for teaching phylogenetics. *Theory in Biosciences*, 127, 45–51.
- Silva, H., Pinho, R., Lopes, L., Nogueira, A.J.A y Silveira, P. (2010). Illustrated plant identification keys: An interactive tool to learn botany. *Computers & Education*, 56, 969–973.
- Simpson, B. B. y Cracraft, J. (1995). Systematics: the science of biodiversity. *BioScience*, 45, 670–672.
- Zhonghua, L. (2005). Using contemporary education strategies to improve teaching and learning in a Botany course at Beijing Forestry University. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 13, 29-34.

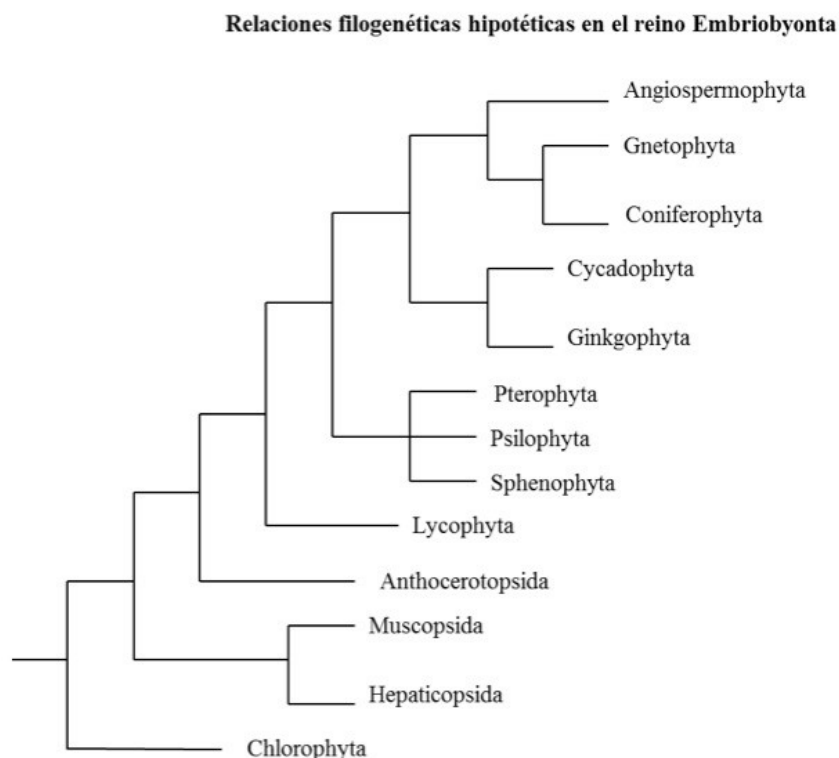


### Anexo 1

Material utilizado para evaluar las competencias desarrolladas por los alumnos que cursaron A. Biología IV (UNSAM) y B. Botánica (UBA) durante el primero y segundo cuatrimestre del año 2013.

#### A. Biología IV

A.1. Árbol evolutivo general de las plantas, elaborado por la cátedra, en base a la clasificación según Jensen-Salisbury (1988) y las relaciones filogenéticas de estos taxones según las secuencias del plastoma establecidas por Karol et al. (2010) (Figura 2).



Adaptación en base a la clasificación según Jensen-Salisbury (1988) y las relaciones filogenéticas según las secuencias del plastoma establecidas por Karol *et al.* 2010. Todos los grupos mencionados son monofiléticos excepto Pterophyta

**Figura 2.** Árbol evolutivo general de las plantas

#### A.2. Preguntas evaluadas durante el examen parcial

Los números en las tablas luego de cada pregunta indican la frecuencia de las respuestas correctas (Si), parcialmente correctas (Regular) e incorrectas (No) sobre un total de 32 exámenes corregidos.

a. ¿Qué características comparten los siguientes grupos de organismos autótrofos? (responder únicamente con rasgos que sean exclusivos de estos grupos, no compartidos con otros taxones, es decir, aquellos que hayan estado presentes en el ancestro común más cercano).

Grupo 1: Embriobyonta (plantas terrestres) y Chlorophyta .

Grupo 2: Gimnospermas (Gnetophyta, Coniferophyta, Cycadophyta y Gynkgophyta).

Grupo 3: Plantas vasculares sin semilla (Lycophyta, Sphenophyta, Psilophyta, Pterophyta), gimnospermas (Gnetophyta, Coniferophyta, Cycaophyta, Gynkgophyta) y Angiospermophyta.

23	Si	9	Regular	0	No
----	----	---	---------	---	----

b. Reconocer cuales de estos grupos constituyen taxones naturales (grupos monofiléticos) y cuáles no, justificando claramente.

23	Si	5	Regular	4	No
----	----	---	---------	---	----

c. En base a su respuesta anterior, mencionar i) una característica que se use para clasificar a las plantas y que permita diferenciar grupos naturales (monofiléticos), y ii) otra que se utilice pero que agrupe grupos nonaturales.

10	Si	15	Regular	7	No
----	----	----	---------	---	----

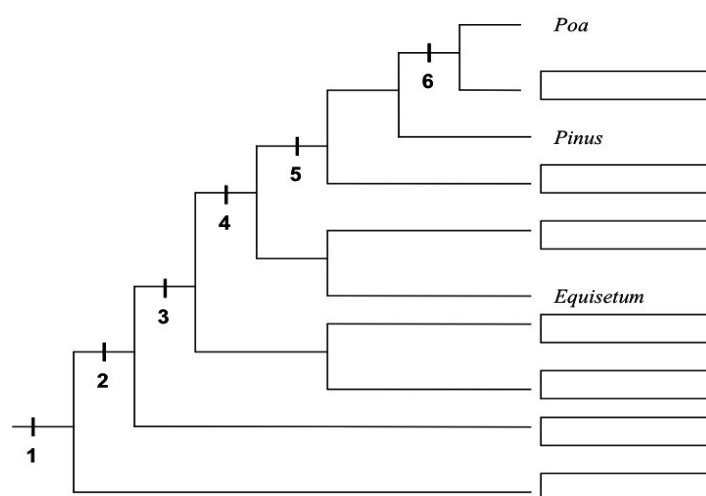
d. Durante sus vacaciones, encuentra una planta que presenta un tallo fotosintético hueco, y hojas muy pequeñas dispuestas en verticilos en los entrenudos. ¿A qué división pertenecería este espécimen? En base a su respuesta, ¿esta planta producirá semillas en algún momento de su ciclo de vida? Justificar.

24	Si	8	Regular	0	No
----	----	---	---------	---	----

## B. Botánica

### B.1. Preguntas evaluadas durante el examen parcial

Los números en las tablas luego de cada pregunta indican la frecuencia de las respuestas correctas (Si), parcialmente correctas (Regular) e Incorrectas (No) sobre un total de 190 exámenes corregidos.



**Figura 3.** Relaciones evolutivas hipotéticas entre los taxones

El árbol de la figura 3 muestra las relaciones evolutivas hipotéticas entre los taxones identificados con la clave dicotómica<sup>1</sup> incluyendo además a *Ulua* (Chlorophyta). Sobre algunas de las ramas se señalan con números los caracteres adquiridos por los ancestros de los grupos que se derivan a partir del nodo siguiente más próximo.

a. Ubicar en el árbol los taxones faltantes del ejercicio anterior y a *Ulua*, dentro de los rectángulos.

178	Si	1	Regular	11	No
-----	----	---	---------	----	----

b. Completar el cuadro con el número que corresponde a cada uno de los caracteres que se muestran en el árbol.

Carácter	Nº correspondiente
Sistema vascular con xilema y floema	
Megafilos	
Semillas	
Cloroplasto con 2 membranas y clorofila a y b	
Doble fecundación	
Embrión	

137	Si	41	Regular	11	No
-----	----	----	---------	----	----

c. Explicar, en no más de 5 renglones, cual fue la importancia de la adquisición de los caracteres 3 y 5 para la exitosa conquista de la tierra por parte de las plantas.

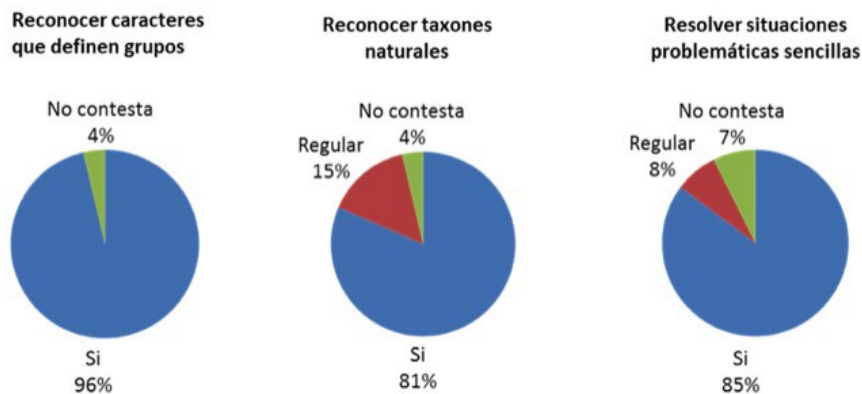
<sup>1</sup>Taxones identificados en la clave dicotómica: *Poa* (Monocotyledoneae, Poaceae), *Pinus* (Gymnospermae, Pinidae), *Selaginella* (Lycopphyta), *Equisetum* (Equisetopsida), *Jacaranda* (Dicotyledoneae, Bignoniaceae), *Cycas* (Gymnospermae, Cycadophyta), *Adiantum* (Filicopsida) (Helechos), *Musci* (Bryopsida), *Lycopodium* (Lycopphyta)

## Anexo 2

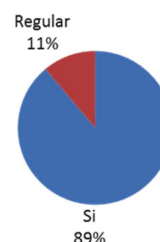
Encuesta realizada a los alumnos que cursaron A. Biología IV (UNSAM) y B. Botánica (UBA) durante el primero y segundo cuatrimestre del año 2013 respectivamente.

### A. Biología IV (número total de encuestas procesadas = 27)

1. El hecho de contar con los árboles filogenéticos en el parcial, le fue de utilidad para:

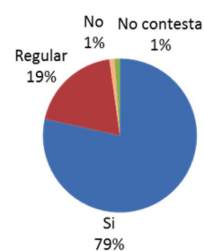


2. ¿Considera usted que los conocimientos brindados en la materia le permitieron relacionar la clasificación de las plantas terrestres con su historia evolutiva?



### B. Botánica (número total de encuestas procesadas = 180)

1. Los árboles evolutivos, ¿te fueron de utilidad para reconocer características que definen grupos de plantas y establecer relaciones entre estos grupos?



2. ¿Consideras que el uso de árboles evolutivos te permitió relacionar la clasificación de las plantas con su historia evolutiva?

