



Proyectos de investigación en los estudios universitarios: progreso de la observación a la indagación

Research projects at undergraduate courses: from observation to inquiry

Silvina Mariana Rosa

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
silvinarosa@gmail.com

RESUMEN • En este artículo se analizan los proyectos finales de investigación guiada de los estudiantes de un curso universitario de botánica. Este trabajo históricamente se ha centrado en la observación, pero consideramos que debería tener como objetivo promocionar la competencia de indagación. Por ello se propuso a una parte del alumnado estructurar su estudio a partir de una pregunta. La evaluación de las presentaciones finales aplicando los instrumentos NPTAI y NCI mostró que los estudiantes que elaboraron y respondieron una pregunta investigable alcanzaron niveles de las habilidades relacionadas con la comprensión de los pasos de un proceso de indagación significativamente superiores respecto a aquellos alumnos que no la incluyeron. Sobre la base de la simplicidad del cambio implementado y su impacto en el alumnado, se propone modificar las prácticas experimentales tradicionales incluyendo problemáticas que investigar al inicio de estas.

PALABRAS CLAVE: Indagación; Trabajos de investigación; Educación científica universitaria; Botánica; Pregunta investigable

ABSTRACT • This paper seeks to analyze the final guided research projects of undergraduate botany students. This work has been focused on observational data, but we think that it should promote the inquiry competence. Therefore, a fraction of the student body was proposed to think a question to drive their investigation. Evaluation of final presentations with the assessment tools NPTAI and NCI showed that those students who had asked and answered an inquiry question reached higher levels of inquiry abilities as opposed to students that had not considered such question. Based on the simplicity of the implemented change and its impact on students, we propose to modify the traditional experimental practices including inquiry questions at their beginning.

KEYWORDS: Inquiry; Research works; Undergraduate scientific education; Botany; Inquiry questions

Recepción: marzo 2018 • Aceptación: septiembre 2018 • Publicación: marzo 2019

Rosa, S. M. (2019). Proyectos de investigación en los estudios universitarios: progreso de la observación a la indagación. *Enseñanza de las ciencias*, 37(1), 195-211.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2607>

INTRODUCCIÓN

Actualmente se considera que enseñar ciencias no puede limitarse a la transmisión de conceptos, leyes y teorías, sino que debe contemplar también los métodos que utiliza la ciencia para obtener dichos conocimientos. Es decir, no se debería abordar el conocimiento conceptual sin incluir el conocimiento procedimental. La inclusión de la indagación como objeto de aprendizaje es una de las estrategias actuales más recomendadas en la enseñanza de las ciencias, ya que brinda a los estudiantes la posibilidad de participar en una verdadera investigación y, de este modo, comprender a partir de la propia experiencia cuestiones inherentes a la construcción del conocimiento científico. Si bien las universidades son las instituciones en donde se genera este tipo de saberes, también son el nivel educativo en donde menos se implementan prácticas innovadoras, como la inclusión de actividades en las que se ponga en juego la indagación.

Se presenta un estudio de caso con estudiantes universitarios a los que se propuso como proyecto de síntesis un estudio sobre los cambios fenológicos de una especie de angiosperma. Esta actividad final integradora ha sido planteada con el objetivo de favorecer la comprensión e integración de los temas vistos en la materia, y se presenta en la guía de trabajos prácticos como un trabajo de investigación guiada. Sin embargo, no explicita el planteo de una problemática inicial y, por lo tanto, habitualmente conduce a la realización de trabajos más centrados en la recolección de datos que en la aplicación de los pasos propios de los procesos de indagación. El objetivo de este artículo es demostrar que la inclusión de una pregunta investigable como punto de partida en este proyecto parece contribuir a mejorar la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar investigaciones.

MARCO TEÓRICO

La enseñanza de ciencias en el nivel universitario

Una de las principales problemáticas del profesorado universitario reside en la dificultad para establecer una relación equilibrada entre la dedicación a las actividades de investigación, docencia y gestión. La mayoría de los académicos valoran más la investigación que la enseñanza y creen que la clave de la mejora de esta última la tienen los estudiantes. En consecuencia, la institución universitaria y quienes trabajan en ella utilizan poco los resultados de la investigación sobre cómo aprenden los individuos y la naturaleza del conocimiento con el fin de organizar situaciones de enseñanza y aprendizaje que signifiquen una mejora de la docencia (Sancho Gil, 2001). Tal idea de la enseñanza como una tarea disociada de la investigación es probablemente una de las razones del enfoque enciclopedista que adoptan algunos profesores universitarios, y que resulta 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, Martínez y Vilches, 2008).

La propuesta de renovación de la docencia universitaria que llegó de Europa a partir del proceso de Bolonia trajo consigo retos tan sustantivos como el cambio del eje de la docencia, pasándolo de la enseñanza al aprendizaje, así como el desafío de potenciar el aprendizaje autónomo pero guiado de los estudiantes. Este conjunto de nuevas metas configura un nuevo escenario especialmente propicio para la innovación y el desarrollo de nuevas iniciativas por parte de los docentes. Sin embargo, la sobrecargada agenda del profesorado universitario dificulta su apertura a innovaciones cuando estas van a exigir más trabajo y mayor atención a la docencia (Zabalza, 2003).

En sintonía con lo anteriormente expuesto, la educación superior está poco explorada desde la didáctica de la ciencia. Martínez Galaz y González Weil (2014) reconocen la escasez de estudios que indaguen en las experiencias, perfiles, prácticas y ambientes de formación del profesorado universitario

de ciencias, como había sido previamente propuesto por Mellado (1999). En la búsqueda de más datos recientes, se analizó la distribución por nivel educativo de los artículos publicados en tres prestigiosas revistas españolas del área: *Enseñanza de las Ciencias (EC)*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias (REEDC)* y *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC)*. En cada uno de los tres volúmenes correspondientes al año 2017, se clasificaron por nivel educativo las publicaciones sobre experiencias, innovaciones e investigaciones didácticas realizadas en las aulas. Sobre un total de 60 artículos, la mayor parte de ellos (31) correspondió al nivel medio, siendo muy inferior la cantidad asociada al nivel universitario (5) (figura 1). Al comparar estos valores con un análisis de varianza, tras comprobar la distribución normal y la homocedacia de los datos, se encontró que había diferencias estadísticas significativas entre los porcentajes de publicaciones según los niveles educativos ($p = 0,002$).

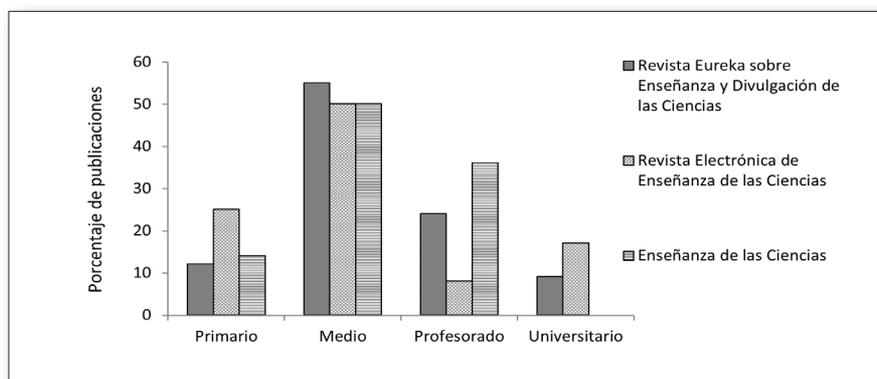


Fig. 1. Distribución por niveles educativos de las publicaciones del año 2017 sobre experiencias didácticas en las aulas de las revistas *Enseñanza de las Ciencias*, *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* y *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*. Porcentajes promedio: primario, 17 %; medio, 51,67 %; profesorado, 22,67 %; universitario no profesorado, 8,67 %.

La materia Introducción a la Botánica de la Universidad de Buenos Aires (UBA) de Argentina ha sido objeto de la implementación de varias propuestas para mejorar la enseñanza en el nivel universitario. Uno de los cambios implementados fue la incorporación de un proyecto final de investigación guiada en el que se propuso la observación de los cambios producidos a lo largo de un cuatrimestre en árboles o arbustos del predio de la Ciudad Universitaria (Levin, Ramos, Bertoni y Simón, 2005). En este caso, a cada grupo se le designó un docente como tutor, quien a lo largo de la cursada los orientó en la observación del material, les brindó acceso a la bibliografía disponible en la cátedra y los ayudó a visualizar aspectos sobre el ritmo de avance de su trabajo. Finalmente, los alumnos expusieron los resultados de su investigación como comunicaciones a congresos. De la evaluación informal, los autores pudieron comprobar que se produjo una motivación generalizada en los grupos, se favoreció la comprensión e integración de los temas vistos en la materia y se estimuló la transferencia de estos a otros contextos, produciéndose un cambio en la valoración de esta área de conocimiento.

Los trabajos de indagación

Involucrar a los estudiantes en investigaciones científicas es una actividad fundamental en la enseñanza de las ciencias, ya que les brinda la oportunidad de practicar habilidades procedimentales propias de la ciencia, además de desarrollar el pensamiento crítico y la capacidad para resolver problemas (Virginia Mathematics and Science Coalition Task Force, 2013). Es por ello por lo que la inclusión del conocimiento procedimental referido a los métodos utilizados por la ciencia es una actividad reconocida

internacionalmente como eficaz para la enseñanza frente a las prácticas tradicionales centradas en el profesor, cuando los estudiantes son guiados de manera adecuada (Sabando, Maldonado, Acevedo y Said, 2017). Es importante resaltar que este tipo de actividades requieren un proceso de transposición didáctica, es decir, no se trata de aplicar directamente en las aulas la metodología científica utilizada en las investigaciones formales, sino de «escolarizarla». Así, la «actividad científica escolar» será el resultado de la interacción entre lo que se ha de enseñar, el profesor, y el alumnado, que constituyen los elementos de un sistema didáctico (Izquierdo, Sanmartí y Espinet, 1999).

En relación con la actividad científica escolar, la indagación es uno de los temas más tratados en la actualidad. Dado que este término puede utilizarse en diferentes sentidos (Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015), queremos aclarar que en nuestro trabajo nos referimos a la indagación como objeto de enseñanza de las ciencias, es decir, para aludir a las habilidades que los estudiantes deben desarrollar para ser capaces de realizar investigaciones científicas y trabajar de la forma como lo hacen los científicos en la resolución de problemas. Siguiendo el mismo sentido, adoptamos la definición propuesta por Caamaño (2012: 84) para las actividades de indagación o trabajos prácticos investigativos: «son actividades diseñadas para dar a los estudiantes la oportunidad de trabajar de un modo que tiene similitudes con el utilizado por los científicos en la resolución de problemas, de familiarizarse con el trabajo científico y de adquirir una comprensión procedimental de la ciencia, al utilizar las destrezas y los procedimientos propios de la indagación científica en un marco escolar».

La importancia de las preguntas investigables

Tradicionalmente, existe consenso en que los trabajos prácticos investigativos involucran tres grandes procesos: plantear preguntas y formular hipótesis, planificar y realizar experimentos, y analizar datos (Ferrés, 2017). Desde una perspectiva más reduccionista, Bell, Maeng y Peters (2010) sostienen que para que una actividad sea considerada de indagación simplemente debe incluir una pregunta investigable e implicar que los estudiantes analicen datos para poder responderla.

Pero ¿qué es una pregunta investigable? Según Ferrés (2017: 411): «cuando se habla de una pregunta investigable se hace referencia a la relación entre diferentes factores o fenómenos que puede ser investigada, que se puede responder recogiendo datos y analizándolos». Así, para que una pregunta sea considerada investigable debe cumplir dos requisitos: por un lado, debe responderse analizando datos y, por el otro, sugerir la relación entre diversas variables.

La identificación de preguntas investigables ha sido sugerida por diversos autores como el primer paso para orientar los trabajos de indagación (Caamaño, 2012; Nowak, Nehring, Tiemann y Upmeyer zu Belzen, 2013; Duschl y Bybee, 2014; Ferrés *et al.*, 2015; Ferrés, 2017). Tanto en el marco de la misma ciencia como en la escuela, las preguntas son el eje a partir del cual es posible que se genere conocimiento científico (Sanmartí y Márquez, 2012). Tal es la importancia de esta habilidad, que el programa de evaluación OCDE-PISA (2006) lo considera como una de las tres capacidades científicas básicas. Considerando estos antecedentes los autores de este artículo nos hemos propuesto orientar los trabajos de síntesis de un grupo de estudiantes promoviendo el planteo de preguntas al inicio de este, para luego evaluar los efectos de esta modificación en sus habilidades para comprender y aplicar investigaciones. Esto no implica ignorar que es común que el alumnado también encuentre dificultades durante los otros procesos básicos que incluye todo trabajo de indagación, tales como la formulación de hipótesis, la identificación de variables y el diseño de experimentos, el análisis de los datos y la génesis de conclusiones (Ferrés *et al.*, 2015), sino que constituye el recorte de la problemática que se abordó en este trabajo.

El planteo de preguntas investigables es una competencia compleja y suele implicar dificultad tanto para los docentes (Joglar Campos, 2015), como para los estudiantes. Un requisito indispensable para

poder hacerlo es la comprensión conceptual de los fenómenos que se van a investigar (Furman, Barreto y Sanmartí, 2013). Sin embargo, el manejo de los conocimientos conceptuales no es suficiente para desarrollar esta capacidad, ya que se requiere además aplicar conocimientos sobre cómo se genera la ciencia (Sanmartí y Márquez, 2012). Es por ello por lo que la elaboración de preguntas investigables es un proceso interactivo entre el alumno y el profesor que necesita tiempo (Lombard y Schneider, 2013).

La evaluación de los trabajos de indagación

Existen diferentes instrumentos de evaluación para valorar la competencia de indagación, entendida como la capacidad de los estudiantes para comprender y aplicar investigaciones (Franco-Mariscal, 2015). Uno de ellos es el *Practical Test Assessment Inventory* (PTAI), propuesto por Tamir *et al.* (1982), que consta de 21 categorías que abordan los aspectos de comprensión de los procesos de indagación, como la identificación de problemas investigables o la capacidad para plantear hipótesis. Inspirados en este instrumento, Ferrés *et al.* (2015) diseñaron uno nuevo, al que llamaron «nuevo PTAI» (NPTAI), reduciendo las categorías a 7. En la tabla 1 se muestra el NPTAI completo, con sus categorías y rúbricas, señalando las modificaciones que se consideraron en este artículo.

Dentro de cada categoría, el instrumento permite otorgar una calificación numérica de 0 a 4, obteniéndose una valoración cuantitativa a partir de la evaluación de datos cualitativos, como son los recogidos de una memoria de la realización de un trabajo de investigación. Estos autores también propusieron otro instrumento de evaluación, al que denominaron NCI (Niveles de Competencia de Indagación). Para establecer los NCI, primero debe aplicarse el NPTAI al trabajo de indagación, y según el valor obtenido, se diferencian cinco categorías: acientífico, para el intervalo de valor NPTAI entre 0 y 5; precientífico, entre 6 y 7; indagador incipiente, para 8 a 10; indagador inseguro, para 11 a 13, e indagador, cuando los valores obtenidos en el NPTAI son mayores que 14.

Tabla 1.
Adaptación del instrumento de evaluación NPTAI
de trabajos de indagación (Ferrés *et al.*, 2015) utilizada en este artículo

0	No identifica problemas o no plantea problemas o plantea problemas inabordables	<i>Identificación de problemas investigables</i>
1	Plantea problemas con formulación ambigua o genérica o mal formulados	
2	Identifica problemas de investigación adecuados y concreta interrogantes	
0	No plantea hipótesis o no identifica hipótesis o plantea hipótesis sin sentido	<i>Formulación de hipótesis</i>
1	Plantea hipótesis sin relación con el problema o los objetivos	
2	Formula hipótesis ambiguas o con errores de lógica o mal formuladas o solo emite predicciones	
3	Plantea hipótesis que encajan con los problemas de investigación, pero no las formula en forma de deducción*	
4	Plantea hipótesis que encajan con el problema de investigación y con referencia al modelo, pero no las formula en forma de deducción*	
0	El diseño debería contemplar variables y no las tiene en cuenta	<i>Identificación de variables</i>
1	No identifica ni VI ni VD o no las sabe concretar a pesar de haberlas considerado en el diseño	
2	Confunde VI y VD o propone VI y VD que no encajan con las hipótesis formuladas	
3	Identifica VI y VD pero de manera inconcreta o imprecisa	
4	Identifica y define VI y VD apropiadas, que encajan con las hipótesis	

0	No hay o no propone diseño experimental o metodológico o lo hay, pero no lo identifica	<i>Planificación de investigación</i>
1	El diseño metodológico no permite comprobar las hipótesis	
2	El diseño metodológico solo permite una comprobación parcial de las hipótesis	
3	El diseño metodológico ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, pero no propone réplicas ni explicita controles o el control es incompleto o descripción incompleta del diseño	
4	El diseño metodológico ofrece una adecuada comprobación de las hipótesis, con réplicas y control	
0	No ha recogido datos de investigación: ni los ha generado en experimentos u observaciones ni los ha obtenido de fuentes de datos	<i>Recogida y procesamiento de datos</i>
1	Recogida de datos incompleta, con falta de precisión, o con déficits en la aplicación de técnicas y medidas, tratamiento inadecuado o incompleto de los datos, gráficos sin títulos o con títulos inadecuados y cálculos con incorrecciones	
2	Recogida de datos con errores o imprecisiones o que muestra falta de comprensión de los procedimientos y/o con evidencia de falta de relación entre los datos y las hipótesis testadas, pero con tratamiento adecuado de los datos y la representación gráfica	
3	Recogida de datos metódica, con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, que aportan datos relacionados con las hipótesis, con buen tratamiento matemático y gráfico, pero sin réplicas y con control insuficiente	
4	Recogida de datos metódica, adecuada y suficiente con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, buen tratamiento matemático y gráfico de los datos, y con réplicas y controles	
0	Sin análisis de datos	<i>Análisis de datos y obtención de conclusiones</i>
1	Análisis deficiente y conclusiones no fundamentadas en datos	
2	Conclusiones muy similares a los resultados, sin interpretación ni análisis de datos. No coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas	
3	Análisis incompleto o poco fundamentado en los datos o basado en datos poco fiables, «simplista», etc.	
4	Análisis de datos bien fundamentado y conclusiones basadas en pruebas. Coordina justificaciones teóricas con pruebas empíricas	

* En este trabajo se utilizó una adaptación de los niveles 3 y 4 de la categoría «Formulación de hipótesis» del NPTAI, eliminando como requisito su formulación en forma de deducción. Esto se debe a que la formulación de hipótesis propuesta por Windschitl, Thompson y Braaten (2008) en forma de deducción no es sencilla y requiere un entrenamiento que no fue posible brindar a los estudiantes. Adicionalmente se eliminó la categoría «Metarreflexión», dado que no fue aplicada en este trabajo.

METODOLOGÍA

Esta investigación didáctica utiliza técnicas de la investigación cualitativa (Denzin y Lincoln, 2000), aplicando además una adaptación de los instrumentos NPTAI y NCI diseñados por Ferrés *et al.* (2015) para la evaluación de trabajos de indagación.

La experiencia didáctica se desarrolló como parte de las actividades de laboratorio de la materia Introducción a la Botánica correspondiente al primer año del plan de estudios de la Licenciatura en Ciencias Biológicas de la UBA, en el segundo cuatrimestre de los años 2015 y 2016. Los 117 estudiantes participantes se dividieron en doce grupos, a tres de los cuales se les indicó que debían partir de una pregunta investigable, mientras que los otros nueve no consideraron este proceso. Supervisados por un docente tutor, observaron los cambios en los estadios de crecimiento y reproductivos producidos a lo largo del cuatrimestre en una especie de angiosperma del predio de la universidad. Las actividades pro-

puestas por la guía de trabajos prácticos fueron: 1) realización de un diseño experimental del muestreo; 2) seguimiento de los cambios producidos en la angiosperma y su entorno, a través de la observación, el registro fotográfico y la recolección de muestras de distintos órganos; 3) exposición de los resultados de esta investigación como una presentación a congreso, incluyendo como información mínima el calendario de colección y registro de las modificaciones observadas en función del tiempo, así como la ilustración y descripción breve de los órganos maduros; 4) medición de alguna variable cuantitativa de la especie en estudio, a elección de los estudiantes. Esta propuesta se presentó al alumnado como una investigación guiada, y por tal motivo, no se pretendió que se desarrollase una investigación biológica formal, sino un primer acercamiento al trabajo científico dentro de un marco escolar.

La autora de este trabajo se desempeñó como tutora de un grupo de estudiantes en los años 2015 y 2016. En referencia a la cuarta actividad solicitada por la cátedra, la medición de una variable cuantitativa, la docente propuso a los alumnos que detectaran alguna otra característica de la especie estudiada que les resultara interesante y formularan una pregunta cuya respuesta debían poder poner a prueba con los recursos disponibles.

Para la toma de datos, se analizaron las presentaciones finales impresas (pósteres) o digitales (tipo *Power Point*) realizadas por los estudiantes. Se aplicó la adaptación del NPTAI que se muestra en la tabla 1 a esta información para evaluar seis de las siete categorías definidas. No se evaluó la categoría «metarreflexión», ya que no se propuso a los alumnos que expusieran cómo explicarían las características del proceso de indagación científica al finalizar su trabajo. Los resultados fueron posteriormente recodificados para establecer los NCI, considerando dos puntos menos para cada nivel (tabla 2) debido a que la máxima calificación que pudo conseguir un trabajo en esta investigación fue 22, en lugar de 24, tal como se propusiera en el trabajo original. La elección de estos instrumentos de evaluación como referentes se fundamentó en que tanto los grupos que realizaron el trabajo de síntesis sin ninguna indicación previa, como los grupos que sí las recibieron, tenían como objetivo realizar un trabajo práctico de investigación guiada. La evaluación fue realizada independientemente por dos profesoras. Las escasas discrepancias que surgieron en el proceso se resolvieron por consenso.

Tabla 2.
Instrumento NCI modificado que muestra
los cinco niveles de competencia de indagación

<i>Nivel de competencia</i>	<i>Valor NPTAI</i>
Indagador	12 o más
Indagador inseguro	9 a 11
Indagador incipiente	6 a 8
Precientífico	4 a 5
Acientífico	0 a 3

Para describir la valoración de cada uno de los pasos del proceso de indagación al incluir una pregunta investigable, se analizaron además las producciones presentadas por un grupo de estudiantes en las XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología (Goldin *et al.*, 2016) y en la II Reunión Argentina de Jóvenes Botánicos (Dominguez Mateu *et al.*, 2016).

Con el fin de comparar las medias de las calificaciones de los proyectos de síntesis que partieron de una pregunta investigable ($n = 3$) respecto a los que no lo hicieron ($n = 9$) se realizó una prueba de Wilcoxon para muestras independientes utilizando el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2011). Se eligió este tipo de prueba estadística no paramétrica debido a que los datos no siguieron una distribu-

ción normal, aun siendo transformados. La prueba de Wilcoxon es similar al test t de Student, pero no requiere ninguna hipótesis sobre la distribución de los datos y puede calcularse incluso con tamaños de muestra reducidos. Los únicos supuestos son que las observaciones de ambos grupos son independientes, y que son variables ordinales o continuas (Milton y Tsokos, 2007).

RESULTADOS

Habilidades demostradas por un grupo de estudiantes al desarrollar el trabajo de investigación guiado por una pregunta

Identificación de problemas investigables

La angiosperma que se asignó al grupo de estudiantes supervisado por la autora en el año 2015 fue *Cinnamomum camphora* (alcanforero). Durante las primeras dos semanas los estudiantes buscaron bibliografía sobre la especie y recolectaron y herborizaron porciones del vástago. Paralelamente propusieron distintas temáticas para abordar cuantitativamente. Estas propuestas fueron discutidas en los trabajos prácticos con su tutora. Al encontrar en la bibliografía que los esquejes de este árbol pueden crecer bajo condiciones adversas plantearon una primera pregunta que investigar: *¿bajo qué condiciones un esqueje presenta mayor crecimiento?* Las siguientes dos semanas estuvieron dedicadas a la obtención de esquejes, tarea en la que no tuvieron éxito. Por este motivo, decidieron abandonar esta línea de trabajo.

Un fenómeno que llamó la atención de los estudiantes durante su inspección de los cuatro ejemplares analizados fue que algunas hojas tenían una coloración rojiza, aunque fuese primavera (figura 2A). Esta observación llevó a que formularan una nueva pregunta: *¿a qué se debe que la especie *Cinnamomum camphora* posea hojas rojas en primavera?*

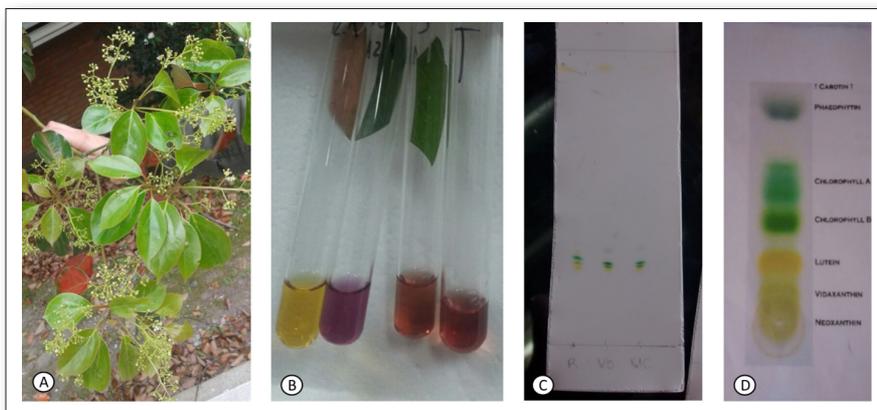


Fig. 2. Registros fotográficos del trabajo de síntesis sobre *Cinnamomum camphora* tomados por los estudiantes. A. Alumno recolectando material de uno de los ejemplares. B. Ensayo de intercambio neto de carbono en el que se incluyó un control. C. Cromatografía en placa delgada (R, rojo; VC, verde claro; VO verde oscuro). D. Patrón utilizado para interpretar los resultados de la cromatografía.

Teniendo en cuenta los requisitos propuestos por Ferrés (2017) para considerar una pregunta investigable, podemos decir que el interrogante formulado por los estudiantes puede responderse analizando datos y sugiere la relación entre variables. Sin embargo, su formulación es ambigua, ya que si bien

se menciona la relación entre la presencia de hojas rojas (variable dependiente) y sus probables causas, no se explicita cuáles podrían ser, es decir, no se establece/n claramente la/s variable/s independiente/s. Por este motivo, al aplicar el instrumento de evaluación NPTAI para esta categoría, el trabajo obtuvo una jerarquía intermedia (1, plantea problemas con formulación ambigua o genérica o mal formulados, tabla 3).

Formulación de hipótesis

Establecida la pregunta a investigar, el siguiente paso fue proponer las respuestas posibles, y entre ellas, seleccionar aquella que fuera a ponerse a prueba con la investigación. Los estudiantes habían observado que las hojas rojas se desprendían y caían al suelo. Por otro lado, la docente les recordó que las hojas pueden experimentar un proceso de senescencia, que se inicia con la degradación de los cloroplastos y la exportación de nutrientes hacia otros órganos. Bajo este marco teórico, el grupo propuso la siguiente hipótesis: *las hojas rojas son consecuencia de un proceso de senescencia y, por lo tanto, la capacidad fotosintética de las hojas rojas debe ser menor a la de las hojas verdes.*

La formulación de esta hipótesis, planteada con relación a un modelo teórico, corresponde a la máxima jerarquía para esta categoría al ser evaluada con la adaptación del NPTAI. Tal como se comentó anteriormente, no se consideró en esta adaptación del instrumento el requisito de que la hipótesis estuviera formulada como deducción ni que utilizara el heurístico «Si pensamos que... entonces si... observaremos que...», propuesto en el trabajo original (Ferrés *et al.*, 2015).

Identificación de variables / Planificación de investigación

Con el objetivo de demostrar que la capacidad fotosintética de las hojas rojas era menor que la de las verdes, los estudiantes diseñaron dos experimentos: la cuantificación del intercambio neto de carbono producido por las hojas y una cromatografía en capa fina para comparar los perfiles de pigmentos. Identificaron tres colores para las hojas: verde claro, verde oscuro y rojo.

El diseño metodológico propuesto por los estudiantes ofreció una adecuada comprobación de la hipótesis e incluyó réplicas y controles, por lo que a la categoría «planificación de la investigación» le corresponde la máxima jerarquía (4). En lo que concierne a la habilidad «identificación de variables», estas se encuentran implícitas en el diseño, pero no fueron claramente identificadas ni definidas. Es por ello por lo que para esta categoría se asignó una calificación de 1, que corresponde al nivel «No identifica ni variables independientes ni variables dependientes o no las sabe concretar a pesar de haberlas considerado en el diseño».

Recogida y procesamiento de datos

Los experimentos diseñados por los estudiantes se llevaron a cabo en horario extracurricular, en dos encuentros. Durante el primero de ellos, se aplicaron los protocolos preliminares que habían elaborado y se ajustaron las condiciones de trabajo. Respecto a la estimación de la capacidad fotosintética de los tres tipos de hojas, los alumnos tomaron fotografías de las coloraciones obtenidas para las soluciones indicadoras al final del ensayo (figura 2B). Luego volcaron esta información en una tabla con el fin de establecer comparaciones. En cuanto al análisis de la presencia y proporción de los pigmentos presentes en los diferentes tipos de hojas de los cuatro ejemplares, los estudiantes realizaron varias corridas cromatográficas, fotografiaron las placas al final de los ensayos (figura 2C) y compararon los perfiles obtenidos con patrones que buscaron en la bibliografía (figura 2D).

Aplicando el instrumento de evaluación NPTAI, la recogida y procesamiento de datos mostrada por los estudiantes tanto en su presentación escrita como durante el desarrollo de los ensayos corresponde a la máxima jerarquía para esta categoría (4, «Recogida de datos metódica, adecuada y suficiente con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, buen tratamiento matemático y gráfico de los datos, y con réplicas y controles»).

Análisis de resultados y obtención de conclusiones

Los estudiantes presentaron el siguiente análisis de sus datos en el póster que elaboraron al final de la cursada:

Pudimos comprobar que hay una disminución de las clorofilas y una gran cantidad de carotenos en las hojas rojas. Las hojas verde oscuras poseían la mayor cantidad de clorofilas, lo que hallamos lógico porque son las hojas en las que ocurre una mayor actividad fotosintética. Las hojas verde claro poseían una menor cantidad tanto de clorofila como de carotenos, lo que coincide con el hecho de que, al ser las más nuevas, recién se están formando y están recibiendo los nutrientes de aquellas que se van tornando rojas. En lo que respecta al experimento de fotosíntesis, se demostró que las hojas rojas tienen una tasa respiratoria menor a la fotosintética (amarillo) y que las hojas verde oscuras tienen una tasa fotosintética mayor a la respiratoria (colores rojo y violeta) como era esperado. Esto demuestra que, por alguna razón, las hojas rojas carecen de un aparato fotosintético desarrollado.

Este tipo de análisis bien fundamentado con conclusiones basadas en pruebas, coordinando justificaciones teóricas con pruebas empíricas, permite establecer la máxima jerarquía (4) para la categoría analizada al aplicar el instrumento de evaluación.

Evaluación de los proyectos de investigación con los instrumentos NPTAI y NCI

La suma de las puntuaciones obtenidas para cada una de las seis categorías analizadas aplicando el NPTAI en el trabajo de indagación de *Cinnamomum camphora* se muestra en la tabla 3. La calificación final resultó de 18 sobre un total de 22, lo cual permite determinar que el NCI alcanzado por los estudiantes fue el superior (indagador).

Tabla 3.
Puntuación NPTAI obtenida por cada proyecto de investigación

Especie de angiosperma estudiada	2015							2016				
	<i>Cc</i> ¹	<i>Bs</i>	<i>Rp</i>	<i>Ls</i>	<i>Gb</i>	<i>Aj</i>	<i>Pn</i>	<i>Ec</i> ¹	<i>Ec</i>	<i>Pa</i>	<i>Rp</i>	<i>Pn</i>
Número de estudiantes del grupo	11	9	12	10	7	8	8	10	12	10	9	11
Categoría												
Identificación de problemas investigables	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Formulación de hipótesis	4	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
Identificación de variables	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Planificación de investigación	4	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Recogida y procesamiento de datos	4	2	4	2	2	2	0	4	2	2	2	2
Análisis de datos y obtención de conclusiones	4	3	2	2	2	2	1	4	2	2	2	2
Puntuación NPTAI	18	10	7	4	4	4	1	15	4	4	4	4

Las especies estudiadas fueron: *Cc*, *Cinnamomum camphora*; *Rs*, *Robinia pseudoacacia*; *Bs*, *Blepharocalyx salicifolius*; *Pn*, *Populus nigra*; *Liquidambar styraciflua*; *Gb*, *Gingko biloba*; *Aj*, *Albizia julibrissin*; *Ec*, *Erythrina crista-galli*; *Pa*, *Populus alba*. 1, grupos guiados por la autora.

Respecto a los otros proyectos finales, cuya evaluación también se muestra en la tabla 3, la mayor parte de las presentaciones incluyeron una completa descripción de la morfología del árbol asignado, de sus flores y frutos, así como de su ubicación taxonómica, incluyendo fotografías de las estructuras observadas. Varios grupos también elaboraron figuras en las que mostraron la variación de las temperaturas y precipitaciones durante el período en estudio, y relacionaron estos parámetros con sus registros fenológicos. Se destacó la ausencia de pregunta, hipótesis o ensayos adicionales en estos trabajos. Tal es el caso de los pósteres correspondientes a ejemplares de *Liquidambar styraciflua* en el año 2015 y *Robinia pseudoacacia* y *Populus nigra* en el año 2016. Otras presentaciones incluyeron medidas de algunas estructuras morfológicas (largo de ramas en *Ginkgo biloba* y *Albizia julibrissin* en el año 2015, y *Erythrina crista-galli* y *Populus alba* en el año 2016), sin asociarlas a ninguna pregunta o hipótesis. En estos trabajos las jerarquías para las categorías «recogida y procesamiento de datos» y «análisis de datos y obtención de conclusiones» fueron intermedias, aunque las calificaciones finales obtenidas al aplicar el instrumento de evaluación también resultaron bajas (4). El valor de NPTAI alcanzado sitúa a estos estudiantes en el NCI de «precientíficos». Cabe mencionar que un solo trabajo (*Populus nigra* o álamo negro en el año 2015) obtuvo una calificación inferior (1). Los estudiantes involucrados, que mostraron un NCI de «científico», realizaron una buena y completa descripción de la especie, pero no mostraron registros propios ni realizaron ningún tipo de ensayo adicional. Debido a esto, las categorías «recogida y procesamiento de datos» y «análisis de datos y obtención de conclusiones» correspondieron a las mínimas jerarquías.

Entre los restantes proyectos que merecen una descripción más detallada, se encuentra el correspondiente a *Robinia pseudoacacia* (año 2015). En este caso, además de hacer el seguimiento fenológico de la especie al igual que los anteriores grupos, los estudiantes realizaron tres ensayos. Por un lado, midieron la cantidad de insectos áfidos a lo largo de 16 semanas. Por otra parte, llevaron a cabo experimentos de compatibilidad polínica aislando inflorescencias con bolsas. Y adicionalmente estudiaron el efecto del ácido salicílico sobre la germinación de semillas, evaluando diferentes concentraciones con y sin escarificación, incluyendo los controles correspondientes. Los resultados de estos ensayos fueron representados con gráficos adecuados en su póster, excepto para el caso de la polinización, dado que no obtuvieron datos concluyentes. Si bien estos alumnos recogieron datos de forma metódica, adecuada y con buena comprensión y ejecución de las técnicas y medidas, y realizaron un buen tratamiento matemático y gráfico de los datos, con réplicas y controles, no plantearon pregunta investigable ni hipótesis. Al no incluir una hipótesis que guiara su trabajo, no pudieron definir variables que encajaran con ella ni planificar una investigación para comprobarla. Este trabajo final obtuvo una calificación de 7 al aplicar el instrumento NPTAI (tabla 3), y el NCI que alcanzaron los estudiantes fue «indagador incipiente».

En otro trabajo sobre la especie *Blepharocalyx salicifolius* en el año 2015, los estudiantes propusieron investigar la posible causa por la cual uno de los individuos presentaba agallas. Este grupo se había acercado a la autora de este artículo para pedirle sugerencias a pesar de que no era la tutora a su cargo. La docente les aconsejó estructurar su trabajo sobre la base de alguna pregunta que les resultara de interés. Los estudiantes postularon como posibles agentes causantes de las agallas a hongos, artrópodos (avispa o ácaros) y bacterias. Tras realizar observaciones de las hojas y búsquedas bibliográficas, descartaron a las avispas como agentes causantes. Para determinar si los hongos tenían relación con la formación de agallas, realizaron cultivos de cortes de hojas con agallas en agar, sin llegar a resultados concluyentes por problemas de contaminación. Finalmente observaron el contenido de las agallas con un microscopio estereoscópico y registraron la presencia de ácaros. Concluyeron que el contenido algodonoso blanco que habían encontrado en el interior de las agallas correspondía a una seda tejida por estos artrópodos, en la cual ponían huevos a partir de los cuales crecían nuevos adultos. Si bien en este trabajo puede reconocerse un problema de investigación y una afirmación que se puso a prueba,

hubo una formulación ambigua tanto de la pregunta investigable como de la hipótesis. Es por ello por lo que para estas categorías las jerarquías alcanzadas resultaron intermedias. No identificaron variables, el diseño metodológico solo permitió una comprobación parcial de la hipótesis y, si bien la recogida de datos fue metódica, no manejaron con precisión algunos de los procedimientos ni incluyeron controles o réplicas. Su análisis de resultados y obtención de conclusiones se basó en sus pruebas e incluyó justificaciones teóricas. Considerando todas estas habilidades desarrolladas durante el proyecto, este trabajo recibió una calificación de 10 al ser analizado con el NPTAI (tabla 3), mostrando así los estudiantes un NCI de «indagador inseguro».

Finalmente, en la investigación sobre la especie *Erythrina crista-galli* del año 2016, el grupo de alumnos, guiado por la autora del trabajo, propuso la siguiente pregunta a investigar tras observar ejemplares durante tres semanas: *¿Por qué está retrasada la floración en los cuatro ejemplares de ceibo estudiados respecto a otros?* Para tratar de responder a esta pregunta, postularon las siguientes dos hipótesis:

- *El retraso en la floración puede atribuirse a la retención de agua en el suelo de la zona en donde se encuentran.*
- *El retraso en la floración es consecuencia de la gran cantidad de patógenos que afecta a los árboles analizados.*

Para documentar el retraso en la floración, los alumnos cuantificaron la cantidad de flores y de pimpollos de ramas elegidas en cada ejemplar, y elaboraron gráficos que representaban su variación temporal. Al no poder obtener muestras de suelo en todas las zonas estudiadas y advertir la falta de relación entre la inundación por lluvia y la floración de los árboles, descartaron la primera hipótesis. Respecto a su segunda hipótesis, buscaron en la bibliografía cuáles eran los patógenos más comunes del ceibo, para luego registrar la presencia de varios de ellos mediante fotografías. Al encontrar una gran cantidad de estos organismos en los ejemplares analizados, los estudiantes decidieron aceptar «temporariamente» su segunda hipótesis, concluyendo que deberían realizar más experimentos. Aplicando el instrumento de evaluación NPTAI al póster que elaboraron, se asignó una puntuación intermedia para la habilidad «identificación de problemas investigables» por los mismos motivos que se explicitaron para el trabajo de *C. camphora*. En cuanto a la «formulación de hipótesis», esta habilidad se valoró con la categoría 3, ya que ambas hipótesis planteadas encajan con los problemas de investigación, pero no hacen referencia al modelo teórico. Respecto a las categorías «recogida y procesamiento de datos» y «análisis de datos y obtención de conclusiones», estas obtuvieron la máxima jerarquía. Debido a que el diseño metodológico permitió solo una comprobación parcial de las hipótesis y a que no identificaron variables dependientes ni independientes, la calificación para estas habilidades resultó inferior. La suma total de las puntuaciones que obtuvo su trabajo (15, tabla 3) permite clasificar a estos estudiantes en el nivel superior de NCI («indagador»).

Al comparar estadísticamente las calificaciones obtenidas al evaluar los proyectos finales con el NPTAI, se encontró que aquellos que fueron guiados por una pregunta investigable obtuvieron valores significativamente superiores respecto a aquellos que no tuvieron una problemática como eje ($p = 0,009$, figura 3A). Los grupos de estudiantes que partieron de un interrogante se situaron en los niveles de competencia superiores (66,6 % indagador, 33,3 % indagador inseguro, figura 3B). Por el contrario, aquellos alumnos que no plantearon una problemática que estudiar tuvieron niveles de indagador bajos, siendo clasificados la mayor parte de ellos (78 %) como precientíficos (figura 3B).

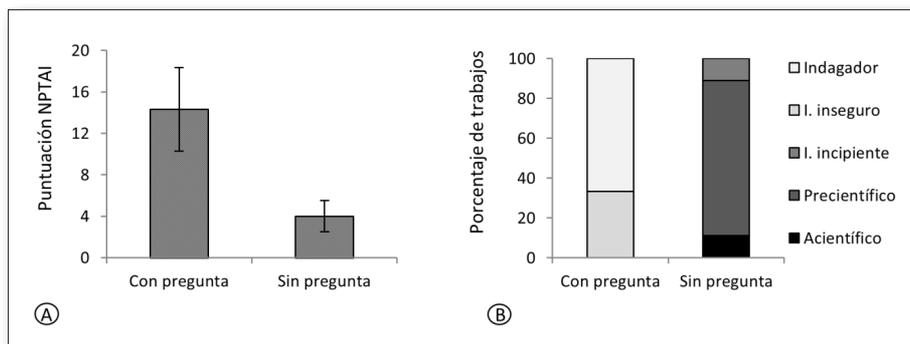


Fig. 3. Evaluación de los proyectos finales guiados por una pregunta investigable ($n = 3$) o con ausencia de esta ($n = 9$). A. Calificaciones promedio y desviación estándar obtenidas al aplicar el NPTAI. B. Porcentaje de niveles de competencia de indagación del alumnado.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES EDUCATIVAS

En este artículo se ha presentado un estudio de caso en el que la elaboración de una pregunta que se debía investigar al inicio de un proyecto final de investigación parece que fue el elemento que fomentó en los estudiantes el desarrollo de habilidades específicas relacionadas con un proceso de indagación. Si bien no hay dudas de que la elaboración de preguntas investigables es fundamental en los trabajos de indagación (Caamaño, 2012; Furman *et al.*, 2013; Nowak *et al.*, 2013; Duschl y Bybee, 2014; Ferrés *et al.*, 2015; Ferrés, 2017), este artículo busca mostrar en una situación concreta cómo su inclusión en una actividad de laboratorio resulta sencilla y permite que un trabajo que históricamente se ha centrado en la observación pueda convertirse en una oportunidad para promover la competencia de indagación del alumnado. Tal abordaje tiene la ventaja de que no implica ningún tipo de costo económico adicional como muchas innovaciones requieren. Por otro lado, conduce a una mejora en el aprendizaje de los alumnos, se desarrolla dentro de la currícula y es práctico de llevar adelante, por lo que esta propuesta cumple con todos los requisitos enunciados por Zabalza (2003) para ser considerada como una verdadera innovación de las prácticas docentes en la universidad.

La inclusión de una pregunta investigable es condición necesaria pero no suficiente para el desarrollo de verdaderos trabajos de indagación. Existen otras habilidades relacionadas con los procesos de la ciencia que también deben adquirir los estudiantes para comprender y familiarizarse con la metodología científica, como por ejemplo, el diseño de experimentos, el reconocimiento de variables o la interpretación de datos (D'Costa y Schlueter, 2013). De acuerdo con ello, nuestros resultados muestran que no todos los trabajos que incluyeron una pregunta investigable alcanzaron el nivel de excelencia. Particularmente, la identificación de variables ha sido una de las habilidades para la que los estudiantes encontraron mayor dificultad (tabla 3), probablemente debido a la falta de entrenamiento. Por otro lado, resulta llamativo que la mayor parte del alumnado demostró buenos niveles de desempeño para la recogida y procesamiento de datos. Esto podría explicarse por el hecho de que las prácticas de laboratorio de la licenciatura en Ciencias Biológicas en la UBA suelen estar abocadas a cuestiones metodológicas, como la observación al microscopio, la manipulación de material de laboratorio, etc. Si bien en este trabajo no se ha focalizado en estos otros procesos relacionados con la competencia de indagación, habría que considerarlos en futuras investigaciones. Es importante tener en cuenta que, aunque la experiencia se llevó a cabo en un curso introductorio de una universidad de Argentina, las tendencias observadas probablemente puedan extrapolarse a lo que ocurre en otras universidades de la región. Sería interesante en el futuro realizar este tipo de evaluación sobre los trabajos de investigación de los estudiantes de otras materias y de otras universidades del país, con el fin de detectar patrones y

sobre la base de estos diseñar prácticas pedagógicas que fomenten el desarrollo de habilidades específicas relacionadas con un proceso de indagación.

La modificación propuesta se presenta también como una oportunidad para conciliar lo que se enseña y lo que se investiga en el área de botánica, ya que permitió poner a los estudiantes en contacto con tareas habituales de un investigador. Si bien tanto el tipo de pregunta que el alumnado propuso, como las herramientas metodológicas que empleó para poner a prueba sus respuestas y analizar sus resultados se encuadran dentro de la actividad científica escolar, las similitudes que estos procesos guardaron con los de una investigación formal colocaron a los estudiantes en una posición «diferente» a la tradicional. Probablemente sea por esto por lo que el nuevo enfoque planteado contribuyó además a mejorar una de las problemáticas de la materia Introducción a la Botánica, que es el escaso interés de los alumnos por las temáticas que se tratan. Tal es así, que uno de los grupos que realizó su investigación bajo este abordaje presentó luego sus resultados en dos congresos (Dominguez Mateu *et al.*, 2016; Goldin *et al.*, 2016).

Por todo lo expuesto anteriormente, creemos que el planteo de un interrogante al inicio de cada actividad experimental sería una innovación simple que podría llevarse a cabo en las guías de trabajos prácticos de los cursos universitarios, mejorando así la enseñanza en este nivel educativo. Esta modificación constituiría un primer paso para mejorar las habilidades de los estudiantes relacionadas con la comprensión de un proceso de indagación, y probablemente resultaría más significativa si fuese acompañada de la promoción de otras destrezas requeridas en este tipo de trabajos, como por ejemplo, el reconocimiento de variables.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al alumnado que participó en el estudio, a la profesora y los docentes auxiliares de la cátedra, y muy especialmente a Concepció Ferrés Gurt por su revisión desinteresada y detallada del manuscrito, cuyas aportaciones han contribuido a mejorar su calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BELL, R., MAENG, J. y PETERS, E. (2010). *Teaching About Scientific Inquiry and the Nature of Science. Task Force Report*. Virginia: Virginia Mathematics and Science Coalition. Disponible en línea: <<http://www.vamsc.org/wp-content/uploads/2016/04/Inquiry-and-Nature-of-Science.pdf>>.
- CAAMAÑO, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? *Alambique. Didáctica de Las Ciencias*, 70, 83-91. Disponible en línea: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3806068>>.
- D’COSTA, A. y SCHLUETER, M. (2013). Scaffolded Instruction Improves Student Understanding of the Scientific Method and Experimental Design. *The American Biology Teacher*, 75, 18-28. <https://doi.org/10.1525/abt.2013.75.1.6>.
- DENZIN, N. K. y LINCOLN, Y. S. (2000). The discipline and practice of qualitative research. En N. K. Denzin y Y. S. Lincoln (Eds.). *Handbook of Qualitative Research*. California: Sage Publications, pp. 1-28.
- DI RIENZO, J. A., CASANOVES, F., BALZARINI, M. G., GONZALEZ, L., TABLADA, M., ROBLEDO, C. W. (2011). InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Disponible en línea: <<http://www.infostat.com.ar>>.

- DOMINGUEZ MATEU, J. I., RODRÍGUEZ, F. S., RIEMER, C., RABINOVICH, J., ERRAMOUSPE, J., LERA, M., BOCELLI, L., GOLDIN, C., MARRAS, C. y ROSA, S. M. (2016). Relación entre la variación estacional de la coloración de las hojas de *Cinnamomum camphora* (L) J. Presl (Lauraceae) y su capacidad fotosintética. *II Reunión Argentina de Jóvenes Botánicos*. San Juan, Octubre 2016. Disponible en línea: <<https://botanicaargentina.com.ar/wp-content/uploads/2017/06/LIBRORESUMENES-IIRAJB-2016.pdf>>.
- DUSCHL, R., BYBEE, R. W. (2014). Planning and carrying out investigations: an entry to learning and to teacher professional development around NGSS science and engineering practices. *International Journal of STEM Education*, 1:12.
<https://doi.org/10.1186/s40594-014-0012-6>.
- FERRÉS, C. (2017). El reto de plantear preguntas científicas investigables. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 14(2), 410-426.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2017.v14.i2.09.
- FERRÉS, C., MARBÀ, A. y SANMARTÍ, N. (2015). Trabajos de indagación de los alumnos: instrumentos de evaluación e identificación de dificultades. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), 22-37.
https://doi.org/10.25267/rev_eureka_ensen_divulg_cienc.2015.v12.i1.03.
- FRANCO-MARISCAL, A. J. (2015). Competencias científicas en la enseñanza y el aprendizaje por investigación. Un estudio de caso sobre corrosión de metales en secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(2), 231-252.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1645>.
- FURMAN, M., BARRETO, M. C. y SANMARTÍ, N. (2013). El procés d'aprendre a plantejar preguntes investigables. *Educación Química EduQ*, 14, 1-8.
- GIL, D., MARTÍNEZ, J. y VILCHES, A. (2008). *A renovación do ensino universitario: necessidade, obstáculos e oportunidades*. Vigo: Universidade de Vigo.
- GOLDIN, C., BOCELLI, L., RODRÍGUEZ, F. S., MARRAS, C., RABINOVICH, J., LERA, M., DOMINGUEZ MATEU, J. I., ERRAMOUSPE, J., RIEMER, C. y ROSA, S. M. (2016). Preguntas e hipótesis sobre el cambio de color de las hojas del alcanforero. Aproximación al trabajo del especialista en un curso introductorio universitario de botánica. *XII Jornadas Nacionales y VII Congreso Internacional de Enseñanza de la Biología*. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Octubre 2016. Disponible en línea: <<http://adbia.org.ar/jneb/>>.
- IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. y ESPINET, M. (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59. Disponible en línea: <<https://ddd.uab.cat/record/1429>>.
- JOGLAR CAMPOS, C. L. (2015). Elaboración de preguntas científicas escolares en clases de biología: aportes a la discusión sobre las competencias de pensamiento científico desde un estudio de caso. *Enseñanza de las Ciencias*, 33(3), 205-206.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.1838>.
- LEVIN, L., RAMOS, A. M., BERTONI, M. D. y SIMÓN, J. (2005). Proyecto final de síntesis en un curso introductorio de Botánica de la Licenciatura en Ciencias Biológicas, en el marco de la Enseñanza para la Comprensión. *Primeras Jornadas Nacionales de Didácticas Específicas*. Buenos Aires, Noviembre.
- LOMBARD, F. y SCHNEIDER, D. (2013). Good student questions in inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 47(3), 166-174. <https://doi.org/10.1080/00219266.2013.821749>.
- MARTÍNEZ GALAZ, C. P. y GONZÁLEZ WEIL, C. U. (2014). Concepciones del profesorado universitario acerca de la ciencia y su aprendizaje y cómo abordan la promoción de competencias científicas en la formación de futuros profesores de Biología. *Enseñanza de las Ciencias*, 32(1), 51-81.
<https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.852>.

- MELLADO, V. (1999). La formación didáctica del profesorado universitario de ciencias. *Revista interuniversitaria de formación del profesorado*, 34(1), 231-241. Disponible en línea: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=118017>>.
- MILTON, J. S. y TSOKOS, J. O. (2007). *Estadística para biología y ciencias de la salud*. Madrid: Interamericana McGraw Hill.
- NOWAK, K. H., NEHRING, A., TIEMANN, R. y UPMEIER ZU BELZEN, A. (2013). Assessing students' abilities in processes of scientific inquiry in biology using a paper-and-pencil test. *Journal of Biological Education* 47(3), 182-188.
<https://doi.org/10.1080/00219266.2013.822747>.
- OECD-PISA (2006). Marco de la evaluación. *Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Disponible en línea: <www.oecd.org/dataoecd/59/2/39732471.pdf>.
- SABANDO, M. C., MALDONADO, K., ACEVEDO, E. y SAID, A. (2017). Una propuesta didáctica basada en la indagación científica para la enseñanza de las ciencias ecológicas. *Diálogos educativos*, 33, 20-36.
- SANCHO GIL, J. M. (2001). Docencia e investigación en la universidad: una profesión, dos mundos. *Educación*, 28, 41-60. Disponible en línea: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=276693>>.
- SANMARTÍ, N. y MÁRQUEZ, C. (2012). Enseñar a plantear preguntas investigables. *Alambique. Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 70, 27-36. Disponible en línea: <<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3805982>>.
- TAMIR, P., NUSSINOVITZ, R. y FRIEDLER, Y. (1982). The design and use of a Practical Test Assessment Inventory. *Journal of Biological Education*, 16, 42-50.
<https://doi.org/10.1080/00219266.1982.9654417>.
- VIRGINIA MATHEMATICS AND SCIENCE COALITION TASK FORCE (2013). Teaching About Scientific Inquiry And The Nature Of Science: Toward A More Complete View Of Science. *The Journal of Mathematics and Science: Collaborative Explorations*, 13, 5-25. Disponible en línea: <<http://www.vamsc.org/wp-content/uploads/2016/Journal%2013/TeachingAboutSciInquiry.pdf>>.
- WINDSCHITL, M., THOMPSON, J. y BRAATEN, M. (2008). Beyond the scientific method: Model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education* 92(5), 941-967.
<https://doi.org/10.1002/sce.20259>.
- ZABALZA, M. A. (2003). Innovación en la Enseñanza Universitaria. *Contextos Educativos*, 6-7, 113-136.
<https://doi.org/10.18172/con.531>.

Research projects at undergraduate courses: from observation to inquiry

Silvina Mariana Rosa

Departamento de Biodiversidad y Biología Experimental, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina
silvinarosa@gmail.com

While academic staff carries out research as a daily task at universities, inquiry activities are not usually implemented at undergraduate classes. In this context, the final project of the course «Introduction to Botany» at Buenos Aires University (Argentina) has been focused traditionally on observational data. Even though it is presented to the classroom as a guided research work, it has not been designed to practise science process abilities, such as creating hypotheses and testing them. The aim of this work is to examine the effect of including an inquiry question at the beginning of this project on the students' inquiry competence.

The methods draw from qualitative research, using also two modified assessment tools (NPTAI y NCI, Ferrés, Marbà y Sanmartí, 2015) to analyze final research works made by twelve groups of students ($n = 117$) of the first year course «Introduction to Botany» included in the Bachelor of Science in Biology, during the second semesters of 2015 and 2016. Three groups of the student body were proposed to think a question that guides their investigation, while the remaining nine did not take into account this process. Each group studied the phenology of a flowering plant guided by a teacher advisor, and showed their results in research posters and/or PowerPoint presentations, which were analyzed with the referred assessment tools.

We found that the projects guided by inquiry questions had higher significant NPTAI values than those which did not include a problem to be solved ($p = 0,009$). Groups of students which began their research works with an interrogative statement, reached higher levels of inquiry competence (66,6 % inquirer, 33,3 % doubtful inquirer). On the contrary, those students that did not ask a question to be answered, had lower levels of inquiry competence, being mostly (78 %) classified as pre-scientist.

Considering inquiry questions is a necessary condition but it is not enough to carry out true inquiry works. There are other skills related to the steps of research that students need to develop so as to understand the scientific method, for instance, the design of a controlled experiment. Particularly, we found that the ability that our students had most difficulty with was identifying variables. On the other hand, they showed a good performance for data collection. It would probably be related with the fact that the laboratory and practical classes of the Bachelor of Science in Biology at Buenos Aires University promote methodological skills in students, like microscope observation, rather than encourage inquiry based learning.

Our findings in a case study suggest that including an inquiry question in a practical activity can be easy and this modification can give students the opportunity to develop inquiry skills when carrying on research work historically focused on observational data. Based on the simplicity of the implemented change and its impact on the students, we propose to modify the traditional experimental practices including inquiry questions at their beginning.

