

SECUENCIAS DE APERTURA EXPERIMENTAL Y ESCRITURA DE ARTÍCULOS EN EL LABORATORIO: UN ITINERARIO DE MEJORA DE LOS TRABAJOS PRÁCTICOS EN EL LABORATORIO

INCREASING DEGREES OF FREEDOM AND WRITING ARTICLES IN THE LABORATORY. A DIDACTIC SEQUENCE TO IMPROVE PRACTICAL WORKS

Jordi Domènech Casal

INS Marta Mata, Montornès del Vallès

Grup LIEC, Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals, Universitat Autònoma de Barcelona.

jdomen44@xtec.cat

RESUMEN: Se presenta una secuencia didáctica formada por tres trabajos prácticos de laboratorio en formato de indagación. En cada uno de los trabajos prácticos, se ha incrementado el grado de apertura y participación del alumnado respecto al anterior, y se ha llevado a cabo una actividad de escritura de artículos científicos a partir de las investigaciones realizadas. Mediante el uso de andamios didácticos, se han trabajado los diferentes tipos textuales asociando los conectores gramaticales y los diferentes tipos de razonamiento de los diferentes apartados de los artículos científicos. La experiencia promueve una mejor comprensión de la naturaleza de la ciencia y las actividades realizadas y fomenta el desarrollo de habilidades científicas como la distinción entre los resultados y las conclusiones, o el diseño de experimentos además de la escritura de textos científicos. Los resultados se valoran junto con una encuesta realizada entre el alumnado y se comentan en el marco de las propuestas de enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI).

PALABRAS CLAVE: Trabajos prácticos de laboratorio, andamio didáctico, conectores gramaticales, indagación, ECBI.

ABSTRACT: The article describes a didactic sequence composed by three laboratory inquiry activities. Each activity increases gradually the participation of the students in experiment design and data collection, and includes an exercise of redaction of a scientific article from the inquiry work. The use of a didactic scaffold has allowed to relate the different grammatical connectors to different kinds of reasoning and different sections of the standard structure for scientific articles. The experience promotes a better understanding of the inquiry activities and the nature of science, and the development of scientific skills as designing experiments, making the difference between results and conclusions, as well as scientific writing. The experience and the results of a survey performed among the students are evaluated and discussed in the frame of the Inquiry-Based Science Education (IBSE) standards.

KEYWORDS: Laboratory activities, linguistic scaffold, grammatical connectors, inquiry, IBSE.

Fecha de recepción: enero 2012 • Aceptado: noviembre 2012

Domènech Casal, J. (2013) Secuencias de apertura experimental y escritura de artículos en el laboratorio: un itinerario de mejora de los trabajos prácticos en el laboratorio, *Enseñanza de las Ciencias* 31 (3), pp. 249-262

¿QUÉ HACEMOS CON LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO?

El valor didáctico de los trabajos prácticos de laboratorio es objeto de permanente controversia: aunque algunos investigadores los presentan como un método valioso y un objetivo en sí mismo, otros cuestionan un entusiasmo no siempre justificado (Millar, 2001; Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996). Los análisis sobre el valor didáctico de los trabajos prácticos suelen ir relacionados con el rol del alumnado, en torno al cual se configuran distintos tipos de prácticas. Simplificando mucho otras clasificaciones anteriores más elaboradas (Barolli, 2010; Millar, 2001; Giuseppin, 1996; Tenreiro-Vieira y Marqués-Vieira, 2006; Baldaia, 2006; Tamir, 1991), los trabajos prácticos suelen dividirse de forma cualitativa en dos tipos básicos: por un lado, actividades *descriptivas* o *ilustrativas*, de transmisión de conocimiento, con énfasis en la demostración y la manipulación instrumental y protagonismo del objeto, y por otro lado, actividades *investigadoras*, con énfasis en el proceso de creación del conocimiento científico y protagonismo del sujeto. Estas últimas, con un evidente encaje en el marco de las competencias básicas, promueven el papel de problematizador del docente como constructor de situaciones investigables (Barolli *et al.*, 2010).

Ejemplos de este último tipo de enfoques son las actividades sobre naturaleza de la ciencia (NdC) o las estrategias de aprendizaje de las ciencias basado en la indagación (IBSE, en sus siglas en inglés), en las que el alumnado utiliza actitudes y habilidades científicas para abordar nuevos conceptos y viceversa. Respecto a este punto, el lector encontrará en la bibliografía interesantes apreciaciones sobre aprendizaje de la ciencia y aprendizaje de la naturaleza de la ciencia (Hodson, 1994; Barberá y Valdés, 1996; Acevedo, 2006). Comparadas con las estrategias convencionales de transmisión del conocimiento o los enfoques deductivos, las estrategias IBSE favorecen el interés y la implicación del alumnado (Rocard y otros, 2006).

A pesar de la alta valoración de los trabajos prácticos de laboratorio entre los docentes y los recursos que se invierten en ellos (materiales, horas de profesorado, preparación, etcétera), las promesas que llevan aparejados no acaban de materializarse, principalmente debido a dos factores:

- *Los trabajos prácticos de laboratorio que se realizan son principalmente actividades demostrativas o ilustrativas.* Estudios internacionales como el TALIS (*Teaching and Learning International Survey*, OCDE, 2009) ponen de manifiesto que el sistema educativo español es uno de los que más se apoya en métodos de enseñanza basados en la «transmisión directa del conocimiento», en oposición a la construcción de este por los alumnos (Pozo y Gómez, 2010). Esto no es diferente en los trabajos prácticos de laboratorio, que muchas veces se limitan a demostraciones ilustrativas más o menos espectaculares en las que los alumnos asumen el papel de espectadores y la ejecución acrítica de «recetas de cocina» sin implicarse intelectualmente (Tenreiro-Vieira y Marqués-Vieira, 2006) ni fomentar la interpretación o creación de modelos (Sanmartí y otros, 2002). Además, las actividades a menudo tienen por objetivo la adquisición de conocimientos con baja capacidad de transferencia, por ejemplo el aprendizaje del manejo de utillaje de laboratorio (Hodson, 1994). Son necesarios planteamientos que faciliten el progreso hacia actividades más abiertas a la participación del alumnado como investigador, no como técnico, y que apelen más al desarrollo de sus aptitudes de razonamiento –más transferibles– que a sus aptitudes de manipulación (Llewellyn, 2005).
- *No se aplican estrategias para ayudar al alumnado a consolidar las habilidades de razonamiento o los conocimientos adquiridos en las actividades de indagación.* Los análisis de la utilidad didáctica de los trabajos prácticos de investigación se resumen en ocasiones como un incremento en el interés, la implicación y emoción de los alumnos, y su capacidad de transformación de la realidad. Pero estos no son criterios suficientes para valorar su eficacia didáctica: un aprendizaje no es mejor si el estudiante disfruta, es mejor si el estudiante aprende más. Y para esto es necesario que, a partir de este interés y estímulo, el alumnado reflexione y se apropie de las estrategias y

los conceptos, y construya un modelo coherente y sólido que le ayude a entender el mundo. Precisamente, una de las críticas que ha recibido la enseñanza por investigación es la dificultad de construir un corpus de conocimientos sólido a través de estas estrategias (Viennot, 2011), o conseguir que los alumnos razonen científicamente por sí mismos en lugar de reproducir las ideas que saben de antemano que se espera de ellos.

Algunas veces, las propuestas para hacer frente a estas dos dificultades pecan de idealizadas y se apoyan en una visión *maieútica* de «despertar» pretendidas capacidades científicas innatas en el alumnado y una concepción «intuitiva» de la ciencia que, como han discutido otros autores, se revelan insuficientes (Pozo y Gómez, 2010; Gil, 1986). Estas propuestas de cambio cualitativo suelen desembocar en una frustración del alumnado y profesorado. Por ello, no es realista proponer que el alumno desarrollará las aptitudes científicas solo con exponerlo a una propuesta de investigación científica completa (Viennot, 2011). Tampoco lo es desde el punto de vista del docente, que no por desear hacer prácticas investigadoras estará capacitado para hacerlas.

Son, por tanto, necesarias herramientas y estrategias que, en lugar de alimentar la dicotomía cualitativa entre actividades investigadoras/no investigadoras, establezcan medios para que la prácticas sean *más* investigadoras en un progreso pautado y gradual, factible en un marco escolar, y que fomenten la reflexión por parte del alumnado sobre las prácticas y sobre la naturaleza de la ciencia.

UNA EXPERIENCIA DE APERTURA EXPERIMENTAL Y REDACCIÓN DE ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

La experiencia presentada en este artículo tiene por objetivo desarrollar una secuencia didáctica que facilite la apertura gradual de los trabajos prácticos de laboratorio, promueva la reflexión del alumnado mediante la expresión escrita y la comprensión de la naturaleza social del conocimiento científico.

La secuencia didáctica propuesta se compone de tres trabajos prácticos a lo largo de los cuales se realiza una introducción gradual a actividades más investigadoras, usando como eje la estructura estándar que ofrecen los artículos científicos (Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones). La experiencia se ha aplicado de forma continuada en siete grupos de quince alumnos de distintas generaciones de 2.º de ESO, desde el curso 2010-2011 hasta el momento de redacción de este artículo (curso 2012-2013).

Los tres trabajos prácticos constituyen cada uno la actividad de introducción a una unidad didáctica, de modo que el alumnado dispone únicamente de los conocimientos generales relacionados del curso anterior (estructura general de la célula y necesidades vitales de las plantas). En los tres cursos académicos en los que se ha impulsado la actividad, se ha realizado, previamente a la secuencia didáctica, una actividad para clarificar nociones como aceptar/descartar hipótesis, y las diferencias entre resultados y conclusiones. Esto se ha hecho en cada curso con una actividad distinta, siempre en formato de diálogo y partiendo de distintos materiales. En el curso 2010-2011, se analizaron episodios de la serie de televisión *House*; en el curso 2011-2012, se partió de fragmentos de textos científicos correspondientes a diferentes etapas del proceso científico que el alumnado debía identificar y ordenar, y en el curso 2012-2013, se ha usado la actividad introductoria *Mystery boxes* del Science Museum Learning (J. Domènech, 2012).

La experiencia presentada forma parte del proyecto C3 sobre Creación del Conocimiento Científico¹ que tiene como objetivo el desarrollo de *meta-actividades* (actividades de actividades) de duración

1. <<https://sites.google.com/a/xtec.cat/c3/>>

anual orientadas a enseñar al alumnado sobre la naturaleza de la ciencia (los procesos y mecanismos de creación del conocimiento científico), y fomentar en el alumnado el desarrollo de actitudes, habilidades y competencias científicas como el diseño de experimentos, el análisis de datos y la construcción social de conclusiones. La actividad presentada es una de las actividades que promueve el proyecto.

Hacia prácticas *más* investigadoras. Secuencias de apertura experimental y serendipia

El grado de apertura de una investigación hace referencia al poder que tiene el alumno sobre la formulación del problema y la hipótesis, las estrategias para su solución, los métodos de recogida de datos, y la diversidad de soluciones que se admiten (Caamaño, 2004; Millar, 2001; Bybee, 2006; Llewellyn, 2005). A mayor apertura, más investigadora es la práctica y mayores son el protagonismo y el ejercicio científico del alumnado, y moviliza diferentes habilidades científicas como construir hipótesis, diseñar experimentos o extraer conclusiones. Estas son habilidades que se aprenden y pueden promoverse incrementando el grado de apertura paulatinamente a lo largo de varias prácticas.

Definimos como *secuencia de apertura experimental* la realización secuenciada de varias prácticas de laboratorio, de modo que en cada una de ellas se deja en manos del alumnado un nuevo paso del proceso de investigación. De este modo, la transición entre prácticas demostrativas-explicativas y prácticas investigadoras se realiza de forma suave y, sobre todo, habiendo enseñado al alumnado cómo enfrentarse a cada una de las habilidades que requieren estas últimas. Transiciones similares entre diferentes grados de apertura han sido propuestas por otros autores (Hodson, 1994; Bybee, 2006; Llewellyn, 2005; Tamir, 1991).

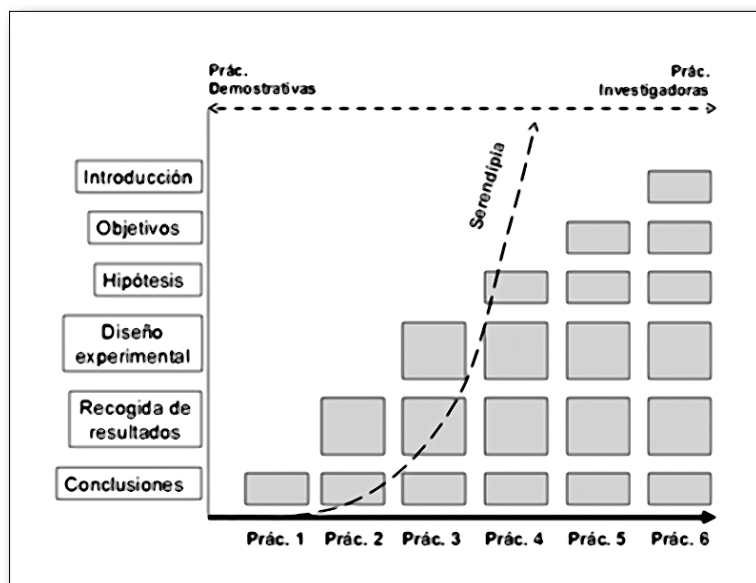


Fig. 1. En el gráfico, una propuesta ideal de secuencia de apertura experimental en la que los recuadros representan las fases de la investigación que define el alumno. A lo largo de varias prácticas, el alumnado se va apoderando gradualmente de los diferentes pasos de la investigación. A lo largo de esta progresión, aumenta también la serendipia, esto es, la probabilidad de resultados inesperados que amplíen el rango del trabajo de investigación.

Nuestra propuesta se basa en realizar una secuencia de apertura experimental tomando como referencia los apartados de un artículo científico, tal como se propone en la Figura 1, pero compactado en tres actividades: en un primer trabajo práctico, todo el experimento está cerrado excepto las conclusio-

nes; en el segundo y en el tercero, se van «abriendo» a la decisión del alumnado otras partes del proceso (como la discusión y las conclusiones, los resultados, las estrategias experimentales, la hipótesis, y así sucesivamente hasta los objetivos), de modo que el alumno protagoniza cada vez una parte mayor y más fundamental del proceso, y adquiere paulatinamente las habilidades requeridas (al mismo tiempo que el profesor aprende a gestionar esta apertura).

Es de esperar que incrementar el grado de apertura de las prácticas aumente la serendipia: el hallazgo de resultados inesperados debido al azar, factores descontrolados o al diseño poco robusto de los experimentos, fuente frecuente e importante de resultados científicos. Promover la serendipia es una forma de fortalecer la actitud científica del alumnado, que deberá hallar explicaciones razonables para sus resultados y tratar con discrepancias imprevistas (Llewellyn, 2005).

Es un error frecuente en la enseñanza de las ciencias presentar el método científico como una máquina perfecta en la que los resultados siempre se ajustan a las hipótesis y las conclusiones –ciertas eternamente– siempre responden a los objetivos. Esta visión rígida de un método científico que elabora verdades científicas inmutables induce a una concepción errónea de la creación del conocimiento científico entre los alumnos, que entra en conflicto con su experiencia del día a día cuando conceptos científicos pierden o ven cuestionada su validez (el límite de la velocidad de la luz, el valor nutritivo de las lentejas, el número de planetas del Sistema Solar, etcétera). Como consecuencia, la ciencia escolar se encuentra incómoda con lo que sucede muchas veces en la ciencia real: que los objetivos sean substituidos en el curso de una investigación, las hipótesis reformuladas, o que se modifiquen las conclusiones al ampliarse los datos o el marco de su interpretación. O que se produzcan todos estos pasos a la vez. Promover la serendipia y ayudar a confrontarla debe ser objeto de la enseñanza de la naturaleza de la ciencia. El lector encontrará interesantes apreciaciones al respecto en la bibliografía (Barberá y Valdés, 1996; Fernández y otros, 2002; Llewellyn, 2005).

En la aplicación, se ha tenido en cuenta que toda práctica escolar debe ser objeto de una transposición didáctica: el campo de opciones y los modelos para la interpretación pueden y deben ser simplificados (Izquierdo y otros, 1999; Viennot, 2011), manteniendo en lo posible la capacidad del alumno de cuestionar.

Aplicación práctica: el progreso hacia prácticas de laboratorio más abiertas

Los tres trabajos prácticos elegidos se asociaron a la secuencia lógica de los contenidos en el currículo de Ciencias Naturales de 2.º de ESO (en primer lugar, estructura de la materia viva –la célula–; en segundo lugar, función de nutrición –absorción de agua en las plantas–; en tercer lugar, función de relación –tropismos en las plantas– y se realizaron de manera intercalada con otras actividades de laboratorio. Las prácticas se realizaron en grupos de quince por equipos de dos o tres alumnos. Se dedicó, *para cada uno de los trabajos prácticos*, un total de tres sesiones, una primera de planteamiento, planificación y realización experimental, una segunda de tratamiento de datos y evaluación de resultados, y una tercera de redacción y/o comunicación de la investigación (modificado de una propuesta de Caamaño, 2004 y 2012). En cada sesión, se han explicitado las estructuras lingüísticas propias de las secciones del artículo que se ha ido escribiendo de forma paralela siguiendo las propuestas expuestas en el siguiente apartado.

En el *primer trabajo práctico*, se propuso al alumnado una práctica mediante la observación de células al microscopio. Con el objetivo (cerrado) de determinar por qué los organismos de mayor tamaño tienen mayor tamaño, se invitó a los alumnos a preparar y observar células de seres vivos de diferentes tamaños y formas de una lista establecida. Las hipótesis posibles (que los organismos mayores tengan más células o tengan células mayores, etcétera) y el diseño experimental (comparar el tamaño de células de diferentes especies) fueron discutidos por todos. Los resultados y las conclusiones fueron desarrollados siguiendo las indicaciones del profesor por cada grupo individualmente y puestos en común al final, durante la última sesión.

La comparación de los métodos y las estrategias experimentales que proponen los alumnos permite hacer un análisis sobre qué método es mejor. Esto conlleva un reforzamiento del objetivo del experimento y fomentar una perspectiva de construcción social de la ciencia (Jorba *et al.*, 1998) en la que el diálogo es una pieza clave. En la discusión, se ha introducido la idea de que no todas las células de un organismo son iguales, y, por lo tanto, los resultados (y las conclusiones) pueden variar según si la muestra es representativa o no.

En el *segundo trabajo práctico*, partiendo de las diferencias entre los cortes histológicos del ápice y el resto de la raíz, se propuso a los alumnos investigar sobre el objetivo (cerrado) si el ápice de la raíz era capaz de absorber agua preparando diferentes tratamientos con agua, aceite o combinaciones de ambos, a su elección. Se estableció, por parte del profesor, el material que deberían usar (esto es, diferentes niveles de agua y aceite, tubos de ensayo y plantas), la metodología básica (determinar supervivencia/no supervivencia de las plantas en diferentes condiciones) y el objetivo. Cada equipo podía realizar entre dos y cuatro tratamientos, a su elección, quedando abierto el diseño de los experimentos, el análisis de los resultados y las conclusiones. En este párrafo, se reproduce un diálogo mediante el cual los alumnos establecieron los parámetros para determinar que la planta está muerta.

P (profesor) –¿Cómo sabremos que están muertas? ¿Qué pasa cuando mueren las plantas?

–Se caen. No, las hojas se caen. Y se vuelven amarillas.

–Se secan.

P –¿Qué plantas del experimento decidiremos que están muertas?

–Las que estén secas.

–O con las hojas caídas...

P –Hojas caídas... hojas secas...

–Secas.

P –¿Cuántas hojas secas? ¿Todas?

–Sí. Bueno, no; aunque no sean todas.

–La mitad.

P –¿Las contaremos todas?

–No, si tiene más de un número secas, ya decimos que está muerta.

–Cinco hojas secas.

A continuación del diálogo, se hace reflexionar al alumnado sobre la importancia de explicitar el parámetro de medida. Si alguien hace lo mismo contando siete hojas secas, en lugar de cinco, puede obtener resultados diferentes del mismo experimento. El hecho de buscar parámetros es un elemento que fortalece la capacidad de observación y el análisis: el alumnado necesita *categorizar* características de los objetos para poder compararlos. Aunque su tendencia es a responder la pregunta con una o pocas palabras, es conveniente forzarlos a construir la frase entera: «Si tiene cinco hojas secas, entonces, decidimos que están muertas».

El hecho de que, realizando el mismo experimento, puedan producirse observaciones diferentes y, por lo tanto, conclusiones diferentes, es importante discutirlo con el alumnado. Es también clave relacionar este aspecto con los distintos apartados de un artículo científico y sus características lingüísticas: el apartado de resultados (mayoritariamente en presente, o pretérito perfecto) contiene afirmaciones con pretensión de ser siempre ciertas, mientras que el de conclusiones (mayoritariamente en condicional o subjuntivo) contiene interpretaciones provisionales que pueden verse modificadas por datos ulteriores.

En el *tercer trabajo práctico*, se propuso al alumnado hacer una investigación sobre el tropismo de las plantas. En este caso, se dejó en sus manos el objetivo (abierto), pudiendo elegir qué tropismo investigar y cómo investigarlo. En esta tercera práctica, el informe no se presentó de forma escrita, sino de forma oral mediante una presentación oral en un formato de congreso (el proyecto C3 incide en las formas de comunicación científica).

En la segunda y tercera práctica, el alumnado construyó su informe (escrito o oral) basándose no solo en sus resultados, sino en los resultados de todo el grupo. Además de reforzar el carácter socio-construccionista de la ciencia, esto ha permitido «minipresentaciones» orales de los resultados en las que se ha tenido oportunidad de incidir en el significado de términos como *resultado*, *control* y *tratamiento*.

LA GRAMÁTICA ES LA ESCALERA DE LAS IDEAS. PARA APRENDER A PENSAR CIENCIA ES NECESARIO APRENDER A ESCRIBIR CIENCIA

Es de uso común que, como resultado y material evaluable, el alumno entregue un informe del trabajo práctico realizado que puede tener formatos diversos. Su corrección suele poner de manifiesto el grado de reflexión del alumnado sobre la práctica. Las conclusiones del análisis de estos trabajos suelen ser negativas: los alumnos no piensan científicamente, o no saben elaborar mentalmente un discurso científico conexo. Esto se evidencia, por ejemplo, en la incapacidad de proponer y contrastar hipótesis (Barolli, 2010) o la ausencia o uso inadecuado de conectores (Sabaj, 2009; Sanmartí, 2003).

Promover la apropiación y reflexión pasa por la reformulación personal del trabajo práctico, pero es necesario para ello un apoyo lingüístico, dado que *las habilidades cognitivo-lingüísticas necesarias para el desarrollo de razonamientos científicos* (como resumir, describir, comparar, justificar, argumentar) van asociadas al dominio de tipos textuales concretos (Jorba y otros, 1998) *que pueden enseñarse*. Como ejemplo, es difícil que un alumno sepa justificar un resultado en un artículo científico si no es capaz de utilizar conectores como *porque*, *dado que*, *ya que*, *por lo tanto*, etcétera. Del mismo modo, el dominio del uso del subjuntivo o el condicional no solo son necesarios para expresar hipótesis sobre el papel, sino también para construirlas mentalmente.

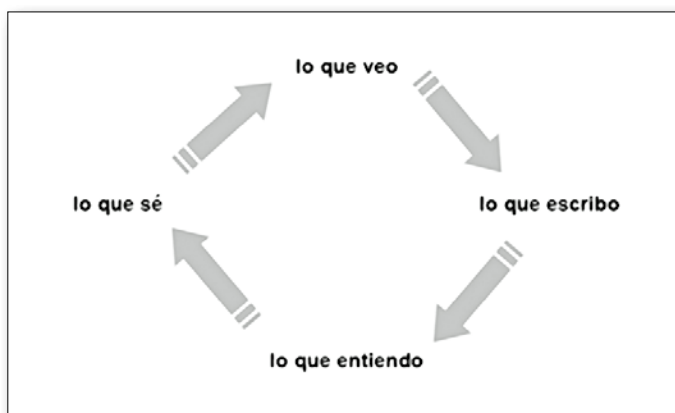


Fig. 2. Del mismo modo que solo vemos aquello que sabemos, solo entendemos aquello que reformulamos con nuestra «gramática» personal (nuestros recuerdos, conceptos previos, etcétera). Escribir es un modo de apropiarse de las experiencias y entenderlas, de «enredarlas» en nuestra red personal de conocimientos y habilidades.

Los andamios didácticos son instrumentos eficaces para mejorar la escritura de nuestro alumnado (Sanmartí, 2003). Dada la correspondencia de los apartados de los artículos científicos con los diferentes tipos de razonamiento y tipos textuales, nuestra propuesta incluye redactar artículos científicos derivados del trabajo experimental. Nuestro objetivo es que, mediante el uso de plantillas, el alumno mejore sus textos y profundice en los razonamientos y conceptos de la experiencia, orientándola hacia la comunicación, conceptualización y modelización de los resultados. Esta redacción se realiza de manera paralela al avance a lo largo de las etapas de la investigación, y establece correspondencias entre los pasos del proceso de investigación y las secciones del artículo científico.

A menudo, pensar cómo vamos a explicar *eso que estamos haciendo* permite entender mejor el procedimiento o razonamiento. Orientar todas las fases de un experimento hacia su comunicación mejora su comprensión profunda, como han descrito experiencias universitarias y de secundaria (Caamaño, 2002; Sabaj, 2009; Menoyo, 2010).

Experiencia práctica: creando pautas de apoyo a la escritura y el razonamiento

Para cada una de las prácticas, el alumnado ha redactado un informe siguiendo la estructura de los artículos científicos (Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones). La escritura de los artículos ha acompañado el proceso de apertura de las prácticas: en una primera práctica, el artículo ha sido escrito conjuntamente en grupo (ejerciéndose un modelaje en el uso de la plantilla) a excepción de las conclusiones (que han sido escritas individualmente); en la segunda, se ha dejado en las manos de los alumnos la redacción de la discusión y las conclusiones, y así paulatinamente. Para apoyar este proceso, se ha propuesto al alumnado una plantilla (disponible para su descarga libre)² en la que se explicitaron las funciones de cada sección y los conectores correspondientes a cada tipo textual (descripción, justificación, argumentación) según la sección (Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, Conclusiones).

En los artículos científicos, cada sección de un artículo requiere unos conectores distintos que se corresponden a habilidades distintas y a funciones lingüísticas distintas. Expresar los conectores de cada sección ha sido de gran ayuda al alumnado para comprender la función de la sección dentro del artículo y desarrollar los razonamientos de cada parte.

Un fragmento de la plantilla:

Discusión

Si/cuando (...), entonces/por lo tanto (...) porque/ya que...

Ej.:

Si pongo el dedo en agua se moja, por lo tanto, el agua moja, porque si no el dedo saldría seco.

Como (...) esto significa que (...) dado que...

Ej.:

Como el dedo sale mojado cuando lo ponemos en agua, esto significa que el agua moja, dado que si no lo ponemos no se moja.

2. Descarga de la plantilla: <http://blogcienciasnaturals.wordpress.com/2012/01/22/escriure-articles-al-laboratori/>

A lo largo de las sesiones, al dialogar sobre los experimentos se mantenían anotados en la pizarra los conectores correspondientes a las secciones del artículo que se redactaban en asociación con el trabajo del día.

VALORACIÓN DE LA EXPERIENCIA

Para valorar la experiencia, se han realizado observaciones en el aula y se han comparado los textos y diseños experimentales elaborados por cada grupo a lo largo de la secuencia didáctica, además de valorar el uso oral de vocabulario específico en la presentación oral y realizar, durante el primer año de aplicación, una encuesta entre el alumnado participante.

¿La secuencia didáctica mejora las habilidades científicas y la comprensión de la naturaleza de la ciencia por parte del alumnado?

En los tres cursos académicos en los que se ha realizado la experiencia, a lo largo de la secuencia didáctica el alumnado ha progresado significativamente en las habilidades de formulación de hipótesis y diseño de experimentos y, de forma muy especial, el dominio y la apropiación en su expresión oral de términos como *control*, *hipótesis*, *réplica*, etcétera. Asimismo, después de la secuencia didáctica, los alumnos se muestran mucho más capaces de identificar qué tipo de informaciones son resultados (observaciones) y qué tipo de informaciones son inferencias de estos resultados (discusión y conclusiones), un proceso en el que muestran especiales dificultades durante las actividades introductorias previas.

La secuencia de apertura resultó en un incremento de situaciones *serendípicas*, derivadas, en algunos casos, del diseño poco robusto de los experimentos. Algunos resultados permitieron llegar a conclusiones sobre aspectos para los que no se estaba buscando solución, por ejemplo en la segunda actividad se dedujo que el aceite es tóxico para las plantas –independientemente de qué parte de la raíz tenga contacto con él–, y en la tercera, que las plantas preferían crecer en tubos de plástico anchos que en tubos de vidrio estrechos.

En estos casos, el diálogo conjunto permitió establecer el valor de la serendipia, recalcando que la actitud del científico debe ser de observación antes, durante y después del experimento, y qué maneras existen de dar robustez a un experimento (réplicas, controles, etcétera). El descubrimiento dialogado de estos conceptos y la discusión en torno a resultados contradictorios de diferentes grupos añade un gran valor didáctico a la estrategia, que se añade a los beneficios propuestos por otros autores de acordar vocabulario y conceptos comunes y promover la modelización y síntesis periódica (Pujol, 2009). No menos importante es la demostración mediante la toma dialogada de conclusiones científicas de que la ciencia es una actividad social (Fernández y otros, 2002).

¿La estrategia tiene efectos en la calidad de los textos y la comprensión de las investigaciones?

El uso de la plantilla ha mejorado la calidad de los textos del alumnado (uso más frecuente y correcto de conectores) y la comprensión de los objetivos y las hipótesis de las prácticas, en comparación con cursos anteriores en los que no se usaba. Esta apreciación del profesor –comprobada el segundo año de realización mediante preguntas específicas en los exámenes– se ve también confirmada por una encuesta realizada entre el alumnado, en la que un 65% afirma que la plantilla le ha hecho mejorar en la redacción de sus trabajos de investigación, y entre un 60 y un 68% lo atribuye al estudio de los conectores y al hecho de haber escrito un primer artículo de forma dialogada. También en las participaciones orales en el aula, insistir en el uso correcto de conectores ha mejorado la corrección científica. Aun así,

en la escritura algunos alumnos se conforman con utilizar los conectores correctos en cada sección del artículo (sin incorporar nuevos conectores). En algunos casos, parece que delegan excesivamente en la plantilla.

El nivel general de la plantilla parece ser demasiado elevado para 2.º de ESO. En particular, los alumnos muestran, aun después de la secuencia didáctica, dificultades para separar discusión de conclusiones. En futuras aplicaciones, nos proponemos fusionar estos dos apartados en uno. La excesiva carga abstracta de las listas de conectores ha dificultado su uso, por lo que se ha reducido el número de conectores y se ha incluido en cada caso un texto de ejemplo, tal como proponen otros autores, especialmente para el alumnado con dificultades de aprendizaje (Abad y Madalena, 2012).

En ocasiones, los profesionales de la educación desdeñamos excesivamente el valor didáctico de la imitación, primando el uso de andamios abstractos que no consiguen substituir el proceso personal de abstracción que rige el propio alumno al imitar a partir de ejemplos. Por ello, especialmente para el alumnado con dificultades de aprendizaje, es conveniente incluir y promover la creación de ejemplos de lo que queremos conseguir en nuestros andamios didácticos. Si son ejemplos de los propios alumnos, mucho mejor.

La agilidad del alumnado en el uso del vocabulario y su dominio de la actividad (consciencia de los objetivos) creció notablemente a lo largo de la secuencia didáctica, y se evidenció especialmente en las exposiciones orales de la tercera actividad. Un 40% del alumnado afirma que escribir el artículo le ha permitido entender mejor la investigación realizada.

¿La secuencia didáctica permite aprender ciencia, además de aprender sobre la naturaleza de la ciencia?

En las diferentes prácticas, los conceptos y el vocabulario básico (xilema, fototropismo, tejido, etcétera) no habían sido presentados anteriormente en el aula convencional, sino que han sido tratados solo como conceptos asociados a las investigaciones. Por un lado, esto ha tenido un efecto positivo: seguramente debido a la instrumentalización de estos conceptos, se ha observado una alta apropiación de estos. Por otro lado, el tratamiento de los conceptos exclusivamente como herramientas de indagación, sin apoyo de clases «de teoría», ha hecho que se hayan tenido que reducir los contenidos de estas unidades, sin que se haya hallado otra solución que hacer una síntesis teórica que enmarcara cada una de las investigaciones realizadas en el contexto global de su unidad didáctica. La dificultad de «recorrer» el currículo exclusivamente basándose en actividades IBSE ya había sido puesta de manifiesto por otros autores (Viennot, 2011). Posiblemente, un trabajo más intenso en la redacción de la introducción de los artículos de investigación por parte del alumnado constituya una vía de mejora de este aspecto.

Valoración general y perspectivas

Los modelos estandarizados para estrategias de aprendizaje por indagación IBSE (Bybee, 2006; Llewellyn, 2005; Bogner, Boudalis y Sotiriou, 2012) establecen que la secuencia didáctica debe incluir varios procesos: en primer lugar, formular preguntas investigables; en segundo lugar, dar prioridad a la observación; en tercer lugar, analizar la observación; en cuarto lugar, formular una explicación basada en las observaciones; a continuación, conectar la explicación con los modelos y conocimientos científicos; seguidamente, comunicar y justificar la explicación, y por último, reflexionar sobre el proceso. Según estos mismos modelos, es posible graduar para cada paso el poder de decisión del alumnado. En la experiencia presentada, el paulatino incremento del grado de apertura de las investigaciones permite

avanzar en los primeros procesos de este modelo, y el uso de andamios didácticos para la redacción de artículos científicos incide de forma especial en los procesos finales, claves para la construcción social de la ciencia.

Los andamios didácticos deben evolucionar con las capacidades de los alumnos, por ejemplo, insistiendo en las diferentes partes de la argumentación (que correspondería al apartado de discusión y conclusiones). El lector encontrará para ello interesante la aplicación de las propuestas de Toulmin (Solbes y otros, 2010) y las bases de orientación específicas propuestas para esta tipología textual en concreto (Osborne y otros, 2001; Sanmartí, 2008; Trinidad, 2010).

Como propuestas de continuación, la participación del alumnado en la generación de andamios didácticos ha sido propuesta por otros autores como mecanismo para fomentar su apropiación y comprensión (Castelló, 2008), y podría ser de utilidad también en este caso. La evaluación por parte de otros alumnos (Sanmartí, 2003) o la escritura conjunta y dialogada de *reviews* a partir de los diferentes artículos escritos por el alumnado puede ser también una estrategia útil que estamos valorando como actividad para desarrollar dentro del proyecto C3. Es también un elemento importante definir un sentido o una utilidad al texto más allá de su evaluación por parte del profesorado o los alumnos. Son importantes los usos que se dan a los textos generados: algunos centros disponen de medios de publicación como revistas, etcétera. Incluir artículos científicos en estos medios puede contribuir, por un lado, a socializar la ciencia como procedimiento, y, por otro, a *cientifizar* a nuestro alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo se enmarca en el trabajo del grupo LIEC (Llenguatge i Ensenyament de les Ciències) grupo de investigación consolidado (referencia 2009SGR1543) por AGAUR (Agència d'Ajuts Universitaris i de Recerca) y financiado por la Dirección General de Investigación, Ministerio de Educación y Ciencia (referencias EDU-2009-C02-02 y EDU-2012-C02-02).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAD, V. y J. I. Madalena (2012). Un proyecto de escritura a partir de un trabajo de investigación. *Textos, Didáctica de la lengua y la literatura*, 61, pp. 46-57.
- ACEVEDO DÍAZ, J. A. (2006). Investigación científica, naturaleza de la ciencia y enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(2), pp. 306-311.
- BALDAIA, L. (2006). El cambio en las concepciones didácticas sobre las prácticas, en la enseñanza de la biología. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 47, pp. 23-29.
- BARBERÁ O. y P. Valdés (1996). El trabajo práctico en la enseñanza de las ciencias. Una revisión. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(3), pp. 365-379.
- BAROLLI, E., C. E. Laburú y V. M. Guridi (2010). Laboratorio didáctico de ciencias: caminos de investigación. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 9, N.º 1, pp. 88-110.
- BOGNER, F., A. Boudalis y S. Sotiriou (eds.) (2012). *Pathway. Best Practices of Inquiry-Based Science Education. Methods and Activities*. Greece: Epinoia, Pallini Attikis.
- BYBEE, R. W. (2006). Scientific Inquiry and Science Teaching. En L. B. Flick y N. G. Lederman (eds.). *Scientific Inquiry and Nature of Science. Implications for Teaching, Learning and Teacher Education*. Dordrecht, The Netherlands: Springer, pp. 1-12.
- CAAMAÑO, A. (2002). ¿Cómo transformar los trabajos prácticos tradicionales en trabajos prácticos investigativos? *Aula de Innovación Educativa*, 113, pp. 21-26.

- CAAMAÑO, A. (2004). Experiencias, experimentos ilustrativos, ejercicios prácticos e investigaciones: ¿Una clasificación útil de los trabajos prácticos? *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 39, pp. 8-19.
- CAAMAÑO, A. (2012). ¿Cómo introducir la indagación en el aula? Los trabajos prácticos investigativos. *Alambique*, 70, pp. 83-91.
- CASTELLÓ, M. (2008). Escribir para aprender: estrategias para transformar el conocimiento. *Aula de Innovación Educativa*, 175, pp. 15-21.
- DOMÈNECH, J. (2012). Indagación en el aula mediante actividades manipulativas y mediadas por ordenador. Aportaciones del curso de verano Pathway. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, enviado, en evaluación.
- FERNÁNDEZ, I., D. Gil, J. Carrascosa, A. Cachapuz, y J. Praia (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(3), pp. 477-488.
- GIL, D. (1986). La metodología científica y la enseñanza de las ciencias. Unas relaciones controvertidas. *Enseñanza de las Ciencias*, 4(2), pp. 111-121.
- GIUSEPPIN, M. (1996). Place et rôle des activités expérimentales en sciences physiques. *Didaskalia*, 9, pp. 107-118.
- HODSON, D. (1994). Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. *Enseñanza de las Ciencias*, 12(3), pp. 299-313.
- IZQUIERDO, M., N. Sanmartí, y M. Espinet (1999). Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), pp. 45-59.
- JORBA, J., I. Gómez, A. Prat (1998). *Parlar i escriure per aprendre*. Barcelona: Institut de Ciències de l'Educació.
- LLEWELLYN, D. (2005). *Teaching High School Science through Inquiry: A case study approach*. Corwin Press & NSTA press.
- MENOYO, M. P. (2010). ¡Yo me apunto a hacer trabajos de investigación! La voz del profesorado y el alumnado. *Aula de Innovación Educativa*, 195, pp. 56-62.
- MILLAR, R. (2001). Teaching and learning science through practical work. Transcripción de conferencia ofrecida en Nordlab, Copenhagen, 1 febrero 2001. Universidad de York. Disponible en línea: <<http://www.nordlab.u-net.dk/robinmillar.pdf>>.
- OCDE (2009). Creating Effective Teaching and Learning Environments: First Results from TALIS. París: OECD. [DOI: 10.1787/9789264068780-en].
- OSBORNE, J., S. Erduran, S. Simon y M. Monk (2001). Enhancing the quality of argument in school science. *School science review*, 82(301), pp. 63-69.
- POZO, J. I. y M. A. Gómez (2010). Por qué los alumnos no comprenden la ciencia que aprenden. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 66, pp. 73-79.
- PUJOL, R. M. (2009). Conversar per conversar? O conversar per comprendre i aprendre? *Perspectiva Escolar*, 331, pp. 6-14.
- ROCARD, M., P. Csermely, D. Jorde, D. Lenzen, H. Walberg-Heriksson y V. Hemmo (2006). Science Education Now: a new pedagogy for the future of Europe. Report for the European Commission. Disponible en línea: <http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf>.
- SABAJ, O. (2009). Descubriendo algunos problemas en la redacción de Artículos de Investigación Científica (AIC) de alumnos de postgrado. *Revista Signos*, 42(69), pp. 107-127.
- SANMARTÍ, N. (coord.) (2003). *Aprender ciències tot aprenent a escriure ciència*, Barcelona: Edicions 62.
- SANMARTÍ, N. (2008). Escribir para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 175, pp. 29-32.
- SANMARTÍ, N., C. Márquez y P. García Rovira (2002). Los trabajos prácticos, punto de partida para aprender ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 113, pp. 8-13.

- SOLBES, J., J. J. Ruiz y C. Furió (2010). Debates y argumentación en las clases de física y química. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, pp. 65-75.
- TAMIR, P. (1991). Practical work in social science: an analysis of current practice. En: Brian Woolnough (ed.). *Practical Science: The Role and Reality of Practical Work in School Science*. Milton Keynes, Buckingham: Open University Press.
- TENREIRO-VIEIRA, C. y R. Marques-Vieira (2006). Diseño y validación de actividades de laboratorio para promover el pensamiento crítico de los alumnos. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 3(3), pp. 452-466.
- TRINIDAD, O. (2010). Producción de argumentaciones escritas en las clases de física. *Alambique, Didáctica de las Ciencias Experimentales*, 63, pp. 50-56.
- VIENNOT, L. (2011). Els molts reptes d'un ensenyament de les Ciències basat en la indagació: ens aportarà múltiples beneficis en l'aprenentatge? *Ciències*, 18, pp. 22-36.

INCREASING DEGREES OF FREEDOM AND WRITING ARTICLES IN THE LABORATORY. A DIDACTIC SEQUENCE TO IMPROVE PRACTICAL WORKS

Jordi Domènech Casal

INS Marta Mata, Montornès del Vallès

Grup LIEC, Departament de Didàctica de la Matemàtica i de les Ciències Experimentals,

Universitat Autònoma de Barcelona

jdomen44@xtec.cat

Laboratory practices and their didactic value have been object of analysis over the last years. Practical works in the laboratory can present different formats and didactic goals (instrumental, demonstrative and investigative). These works are good examples of Inquiry-Based Science Education (IBSE) activities and are considered a pathway to a better Science education. The article considers which strategies can be useful to promote a better learning through such activities and suggests two parallel lines of work: to gradually increase the participation level of students in the design, execution and analysis of experimental research activities, and to consolidate the processes of scientific reasoning through scientific writing activities.

To enlighten this proposal, an experience implemented for three academic courses is presented. The experience is based on a didactic sequence including three research laboratory works, designed and developed following the 2nd ESO syllabus (13 to 14 year-old students in compulsory secondary education). The students' involvement and participation in the laboratory practices has increased in every didactic sequence. In the first practical work, (corresponding to the structure of living matter in the syllabus), students draw conclusions after the microscopic observations of cells from living organisms of different sizes, trying to determine whether the size of the organisms depends on the size of their cells. In the second practical work (corresponding to plant nutrition in the syllabus), the students design an experiment, register data and draw conclusions to determine if the particular histological structure of the root apex also depends on differences in its function, in particular, whether the root apex is able to absorb water. In the third practical work (corresponding to the relationship functions of living organisms in the syllabus) the students must propose their own goals and perform the whole research process to study any tropism in plants. Simultaneously, a scientific writing workshop based on their researches has been set up. To this end, the students are provided with a didactic scaffold, a template including the appropriate grammar connectors for each section of a standard scientific article (Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion and Conclusions). The use of these templates aims to promote the students' scientific reasoning skills through the improvement of their scientific writing abilities.

The observations indicate that the didactic sequence promotes a better understanding of the nature of science through the activities proposed, and the development of scientific skills, such as designing experiments, telling the difference between results and conclusions, and writing scientific texts. The results and a survey responded by the students are assessed and discussed in the frame of the Inquiry-Based Science Education (IBSE) standards.