

EL USO DE TRABAJOS PRÁCTICOS POR INDAGACIÓN COMO ESTRATEGIA PARA ACERCAR A LOS ALUMNOS DEL BACHILLERATO AL CONOCIMIENTO DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA

GUILLERMO ROMO GUADARRAMA/ GISELA HERNÁNDEZ MILLÁN

RESUMEN:

Esta investigación tiene como objetivo mostrar si una estrategia innovadora en la enseñanza experimental, los trabajos prácticos por indagación, tiene un impacto positivo en la adquisición de algunas ideas importantes sobre la *naturaleza de la ciencia* en los alumnos de bachillerato, gracias a su forma de trabajo muy semejante a la de una investigación científica normal. Este trabajo fue realizado en el Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur, con ayuda de un par de grupos de Química IV, durante el semestre 2007-2, y para ello se elaboró, como primer paso, un instrumento para evaluar las ideas que, sobre la *naturaleza de la ciencia*, tenían los alumnos de bachillerato. Dicho instrumento se aplicó a ambos grupos al inicio del ciclo escolar. Posteriormente, se diseñaron tres trabajos prácticos por indagación sobre temas del programa de Química IV del colegio que fueron aplicados a uno solo de los grupos, y se dejó al segundo grupo como testigo. Por último, se evaluó el impacto de la intervención experimental en el grupo de trabajo con el mismo cuestionario elaborado. Este cuestionario también se les volvió a aplicar a los alumnos del otro grupo control.

Con esta metodología, y basándonos en un marco teórico que sugiere este tipo de estrategias para la adquisición del concepto de la *naturaleza de la ciencia*, pretendemos mostrar en esta investigación que este tipo de trabajos logra modificar, aún cuando sea de forma mínima, algunas ideas importantes del concepto en cuestión.

PALABRAS CLAVE: Trabajos prácticos, indagación, naturaleza de la ciencia.

INTRODUCCIÓN: PLANTEANDO EL PROBLEMA

Durante los últimos años, educadores e investigadores en didáctica de las ciencias han señalado la importancia de que los alumnos que cursan el bachillerato adquieran una formación científica que los eduque como ciudadanos, y que no sólo los informe de las ideas más importantes de las distintas disciplinas científicas que estudian. Esta etapa de la formación de la persona adquiere una gran relevancia, puesto que la mayoría de los estudiantes de este ciclo educativo no volverá a tener contacto con asignaturas de ciencias experimentales.

Los profesores involucrados en la didáctica de las ciencias estamos de acuerdo en que no es suficiente enseñar a los estudiantes a repetir hechos científicos, leyes y teorías. Más bien, lo que queremos es que los estudiantes sepan por qué el conocimiento y las ideas científicas tienen méritos y son confiables (Garritz, 2006). Sin embargo, aún cuando los alumnos ya han estudiado ciencias en la educación secundaria y la continúan estudiando en el nivel medio superior, éstos consiguen aprender apenas algunas ideas científicas y algunos procedimientos experimentales, pero siguen desconociendo cuáles son las características de la ciencia y cómo se construye.

Esta situación continuará del mismo modo, a menos que los profesores de ciencia estemos dispuestos a cambiar el modo de enseñar nuestra asignatura, ya que en última instancia determinamos el éxito o el fracaso de cualquier reforma o innovación curricular.

Tomando como base muchas publicaciones que sugieren enfoques de enseñanza por indagación como un método efectivo para mejorar el conocimiento de los alumnos sobre la *naturaleza de la ciencia*, tales como los estándares estadounidenses para la enseñanza de las ciencias (NCR, 1996), el conocido Informe Rocard (2007), así como las investigaciones de Abd-El-Khalick, Bell y Lederman (1998), Akerson y Abd-El-Khalick (2003) o Akerson y Hanuscin (2007), se propone en esta investigación una secuencia de trabajos

prácticos abiertos, utilizando el modelo de indagación que propone el consejo de investigación estadounidense, conocido como “National Research Council” o NCR. Con el uso de estas actividades experimentales parece ser que hay algunas ideas fundamentales del concepto de *naturaleza de la ciencia* que se aprenden de mejor forma por este método que por medio de una enseñanza tradicional. Ésta es la hipótesis central de la investigación.

Es importante hacer notar que el concepto *naturaleza de la ciencia* es complejo, y no puede ser adquirido exclusivamente mediante enseñanza experimental; no obstante, muchos investigadores han mencionado que no existe una mejor forma de enseñar ciencia y enseñar sobre la ciencia que acercando a los estudiantes a la forma de trabajo de los científicos.

MARCO TEÓRICO

Un gran problema que han detectado las investigaciones más recientes, es el hecho de que, tanto estudiantes como maestros, no poseen el concepto de *naturaleza de la ciencia* de forma clara (Lederman y sus colaboradores, 2002). Por lo tanto, primeramente se ha de definir el término.

Ángel Vázquez Alonso, citado por Garritz (2006), dice que la *naturaleza de la ciencia* es un metaconocimiento sobre la ciencia que surge de las reflexiones interdisciplinarias realizadas desde la historia, la filosofía y la sociología por especialistas de estas disciplinas, pero también por algunos científicos insigues.

El mismo Vázquez, junto con sus colaboradores (2007), menciona que la *naturaleza de la ciencia* engloba una variedad de aspectos sobre qué es la ciencia, su funcionamiento interno y externo, cómo construye y desarrolla el conocimiento que produce, los métodos que usa para validar este conocimiento, los valores implicados en las actividades científicas, la naturaleza de la comunidad científica, los vínculos con la tecnología, las relaciones de la sociedad con el sistema tecnocientífico y viceversa, es decir, las aportaciones de éste a la cultura y al progreso de la sociedad.

Considerando lo anterior, el primer capítulo del documento “Ciencia para todos los estadounidenses” (Rutherford y Ahlgren, 1989), elaborado a petición la asociación estadounidense para el avance de la ciencia, no contiene en sí una definición sobre *naturaleza de la ciencia*, sino una explicación más amplia sobre los elementos que los estudiantes deben poseer al respecto. Por esta razón fue que este documento es la base de los posteriores instrumentos empleados en esta investigación.

Actualmente, algunas líneas de trabajo en didáctica de las ciencias sugieren que la enseñanza debe, en lo posible, acercarse a la forma en que los científicos realizan sus investigaciones (Gil y colaboradores, 2002). Bajo este punto de vista, los alumnos deben plantear problemas y discutir su relevancia, tomar decisiones que permiten avanzar; formular ideas y ponerlas a prueba, obtener evidencias para apoyar las conclusiones, utilizar los principios de coherencia y universalidad, y todo ello dentro de un aula que permite pensar, hacer y debatir.

Siendo la actividad experimental un elemento importante de las investigaciones científicas, una de las formas en que se propone mejorar la enseñanza de la *naturaleza de la ciencia*, es mediante la reestructuración de las prácticas de laboratorio.

Muchas propuestas didácticas sugieren orientar el trabajo experimental hacia la *indagación*, con el objeto de que los alumnos conozcan el proceso para hacer ciencia. En adelante, *indagación* quedará definida de acuerdo con el modelo desarrollado por el consejo de investigación estadounidense (NCR), que la propone como “una actividad multifacética que implica hacer observaciones, examinar libros y otras fuentes de información para ver lo que ya se conoce, planear investigaciones, revisar lo que se adquiere a la luz de la evidencia experimental, usar herramientas para recolectar, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y por último, comunicar los resultados. Las actividades por indagación enfatizan el aspecto cualitativo de

los fenómenos observados e involucran directamente a los alumnos, estimulándolos para observar, predecir y explicar fenómenos” (NCR, 1996).

Concretamente, en este trabajo se plantean actividades experimentales con un grado creciente de indagación, tal como sugiere la rúbrica indagatoria propuesta por Fay y sus colaboradores (2007). De acuerdo con ésta, los niveles de indagación de las actividades experimentales son los mostrados en la tabla 1.

Tabla 1. Rúbrica de indagación de los trabajos prácticos

Nivel de indagación	Descripción
0	El problema, el procedimiento y los métodos para solucionarlo se le proporcionan al estudiante. El estudiante sólo realiza el experimento y verifica el resultado con el manual.
1	Al estudiante se le proporciona el problema y el procedimiento. El estudiante interpreta los datos para proponer soluciones viables.
2	Al estudiante se le proporciona un problema. Entonces él desarrolla un procedimiento para investigar el problema, decide qué datos recolectar, e interpreta los datos para proponer soluciones viables.
3	Al estudiante se le provee de un fenómeno “primitivo”, o una situación problemática “difusa”. El estudiante escoge entonces el problema para investigar, desarrolla un procedimiento para hacerlo, decide qué datos recolectar e interpreta los datos para proponer soluciones viables.

Propuesta por Fay, Grove, Towns y Bretz (2007)

Considerando estos niveles de indagación, se propone una secuencia de trabajos prácticos que considere un orden creciente en las investigaciones, lo cual debe permitir al alumno sentirse más cómodo y orientado, así como más participe de su formación. Este tipo de trabajos serán, entonces, los que se emplearán como medio para enseñarles a los estudiantes elementos de la *naturaleza de la ciencia*.

METODOLOGÍA

Como primer paso fue necesario encontrar cuestionarios que evaluaran las ideas que los alumnos tienen sobre la *naturaleza de la ciencia*. En la literatura existen diferentes cuestionarios sobre dicho concepto, pero en particular consideramos dos de ellos. El primero, fue aquél desarrollado por Bell y otros (2001), que consiste en una encuesta con aseveraciones sobre *naturaleza de la ciencia*, la cual emplea una escala de Likert para contestarse. Este instrumento contiene, además, una indicación final para que al alumno dibuje o describa a un científico después de la encuesta. Además de ser breve, este cuestionario permite obtener, mediante la pregunta abierta, la imagen de un científico que los alumnos han elaborado con el paso del tiempo. Esta fue la razón por la que fue seleccionado para la elaboración del instrumento de este trabajo.

El segundo instrumento que se seleccionó para elaborar el cuestionario definitivo, es el elaborado por Good, Cummins y Lyon (2000). Esta decisión se basó en dos factores primordiales: en primer término, las aseveraciones de los reactivos estaban obtenidas directamente del primer capítulo del documento “Ciencia para todos los estadounidenses” (Rutherford y Ahlgren, 1989), lo cual permite tener una referencia sólida y congruente para la evaluación, y en segundo término, el instrumento consiste en un cuestionario que se contesta con una escala de Likert, lo cual implica una mayor facilidad para obtener resultados cuantitativos que las preguntas abiertas.

El instrumento final, elaborado y aplicado, consiste en aseveraciones sobre la *naturaleza de la ciencia* que se contestan utilizando una escala de Likert, y cuenta también una pregunta abierta para que el estudiante pueda describir o dibujar lo que considera que es un científico. Es, por tanto, un instrumento basado tanto en el cuestionario de Good y sus colaboradores, como en el de Bell.

Este cuestionario se aplicó al inicio del semestre a dos grupos de la asignatura de química IV, del mismo turno y plantel (Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel sur, turno matutino). Los grupos eran aproximadamente iguales en

cuanto al número y al perfil de sus alumnos (es decir, son grupos de alumnos no repetidores y aproximadamente iguales en aprovechamiento). El grupo 612 fue el grupo control, y fue seleccionado no sólo por las semejanzas con nuestro grupo de trabajo, sino por las características de su profesor. Dicho maestro goza de una buena reputación entre sus pares y alumnos. Su grupo constaba de 23 alumnos regulares; sin embargo, se tomaron en cuenta solamente 20 alumnos en la investigación (entre los 17 y los 18 años) puesto que fueron aquéllos que respondieron el cuestionario sobre *naturaleza de la ciencia* en las dos aplicaciones (al inicio y al final del curso). Las actividades experimentales que se realizaron en este grupo, y que fueron consideradas como “enseñanza tradicional”, son las propuestas en los manuales de química IV existentes en el colegio.

Por otra parte, el grupo de trabajo o experimental fue el grupo 618, el cual tenía 23 alumnos regulares, de los cuales se consideraron sólo 20 estudiantes (también entre 17 y 18 años de edad) por la misma razón expuesta en el grupo control.

A partir de la aplicación de los cuestionarios, que es común a los dos grupos, es cuando comienza la intervención en el grupo de trabajo, con una serie de tres actividades prácticas por indagación sobre temas basados en el programa de química IV del colegio. Los tres trabajos diseñados constituyen una secuencia, aún cuando no se aplicaron uno inmediatamente después del otro. Si bien tienen la misma estructura, el segundo trabajo tiene un mayor grado de apertura respecto al primero, pues ya considera un diseño experimental propuesto por los alumnos, y el tercero es aún más abierto que el segundo, ya que en este último trabajo, los estudiantes proponen su pregunta de investigación, su diseño experimental y analizan sus resultados.

En cada una de las tres actividades por indagación los alumnos realizaron una investigación bibliográfica sobre el tema respectivo. En todas ellas trabajaron en equipo y, justamente por equipo, realizaron un diseño experimental e hicieron un informe con un formato que se les proporcionó al inicio de cada sesión. Los

temas de cada uno de los trabajos prácticos fueron: la esterificación de Fisher, la obtención de un polímero por condensación (nylon 6-10) y la obtención de un polímero por adición (el polimetacrilato de metilo).

Una vez que se terminó la tercera actividad por indagación, se volvió a aplicar a los dos grupos el mismo instrumento de *naturaleza de la ciencia* que se aplicó al inicio.

Si bien los dos grupos contestaron a todo el cuestionario, nuestra atención se centró exclusivamente en las diez aseveraciones que se consideraron susceptibles de modificación con la intervención experimental, y pueden verse en la tabla 2.

Tabla 2. Tabla resumen de los efectos de la enseñanza experimental sobre las ideas de *naturaleza de la ciencia* en las que se centró la investigación.

Reactivo	Grupo de control	Grupo de trabajo	Diferencia entre grupos
7 No existen pasos fijos que los científicos sigan para llegar a su conocimiento	↓	↑	$G_T < G_C$
8 Tarde o temprano, la validez de las aseveraciones científicas se establece gracias a las observaciones y o mediciones que se hacen de los fenómenos	=	=	$G_T = G_C$
11 Inventar ideas acerca de cómo funciona el mundo es tan creativo como escribir poesía o componer música	=	↑	$G_T = G_C$
13 Los científicos generalmente trabajan solos mientras tratan de entender el mundo	=	↑	$G_T > G_C$
14 Los científicos opinan con menos frecuencia sobre asuntos públicos que otros miembros de la sociedad	=	=	$G_T > G_C$
17 Las explicaciones sobrenaturales no tienen cabida en la ciencia	↑	=	$G_T = G_C$
19 La palabra "teoría" en ciencia significa una "conjetura" o una suposición acerca de cómo funciona el mundo	=	=	$G_T < G_C$
21 Los científicos tienen menos interés en el arte que la gente de otras profesiones	=	↑	$G_T = G_C$
23 Los científicos pueden aprender sobre el mundo únicamente haciendo experimentos cuidadosamente controlados	=	=	$G_T > G_C$
25 La validez del conocimiento científico depende en gran medida de las creencias y costumbres del país donde vive el científico	↓	=	$G_T > G_C$

Las flechas ascendentes indican que el grupo en cuestión mejoró su desempeño. Análogamente las flechas descendentes indican que empeoró su desempeño, y los signos de igualdad implican que no hay evidencia estadística para indicar que haya existido un cambio.

RESULTADOS

Un primer resultado importante es que los alumnos se mostraron motivados y contentos durante las sesiones por indagación. Desde luego, intervienen otros factores como el clima del aula, las instalaciones y la disposición de los reactivos, pero en términos generales, los alumnos manifestaron un mayor bienestar en estas clases de ciencia que en muchas otras que tuvieron en el pasado. Y esto es muy difícil de medir, aún cuando resulta vital para los profesores.

En lo referente a las aseveraciones sobre *naturaleza de la ciencia* que se modificaron mediante las actividades por indagación, se puede apreciar en la tabla 2 que existieron cuatro de ellas en las que el grupo de trabajo mejoró su desempeño durante el curso, y que en dos de éstas, hay un mejor resultado que el grupo de control. Estas ideas son que los científicos no trabajan aislados y que la ciencia no sigue un método rígido. Para determinar si hay cambios en el desempeño de los grupos, se hizo un estudio estadístico que consistía en una prueba “t de student” para dos muestras al 90% de confianza, y una prueba utilizando el estadístico “tamaño del efecto”.

Con respecto a la sección de la descripción de un científico, se puede mencionar que las visiones deformadas de la ciencia que los alumnos han adquirido al respecto son muy persistentes. En sus dibujos aún permanece la imagen de un científico excéntrico, solitario, descontextualizado y lejano a su realidad. Lo que podría argumentarse es el poco tiempo con el que se contó para la implementación de esta estrategia. Pero esto no ocurre solamente con estas ideas previas, ya que aún con cursos completos de química persisten otras concepciones alternativas, como la presencia de aire entre las partículas o que la energía se libera al romper enlaces, entre muchas otras.

CONCLUSIONES

En esta investigación puede apreciarse que existen alternativas reales, concretas, sobre actividades experimentales que involucran más a los estudiantes y que obtienen mejores resultados desde el punto de vista axiológico, pues los alumnos se encuentran más motivados e interesados en las actividades planteadas. Además, estas actividades no descuidan la parte disciplinaria por enfocarse más en la metodología científica.

Se puede decir que los trabajos prácticos por indagación pueden modificar, aunque sea de forma mínima, algunas ideas de los estudiantes sobre la *naturaleza de la ciencia*, pues ellos llegan a acercarse a las ideas de que la ciencia se construye en comunidad, que no sigue un método rígido y que el diseñar experimentos requiere creatividad. Si esta serie de actividades se implementaran desde los cursos básicos, es probable que se adquirieran otras de las “ideas de personas informadas” sobre este concepto.

La actividad científica no se reduce a la experimentación, por lo cual este tipo de estrategias no son las únicas que se deben planear para educar científicamente a los alumnos. De cualquier modo, la indagación resulta ser una herramienta valiosa para brindar una mejor visión de la ciencia a los estudiantes, sin tener que enseñar explícitamente el concepto *naturaleza de la ciencia* en una asignatura específica.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F.S.; Bell, R.L. y Lederman, N.G. (1998). “The nature of science and instructional practice: Making the unnatural natural”. *Science Education* 82: 417-436.
- Akerson, V.L. y Abd-El-Khalick, F.S. (2003). “Teaching elements of nature of science: A year long case study of a fourth grade teacher”, *Journal of Research in Science Teaching* 40: 1025-1049.
- Akerson, V.L. y Hanuscin, D. (2007). “Teaching nature of science through Inquiry: Results of a 3-year professional development program”. *Journal of Research in Science Teaching* 44(5): 653-680.

- Bell, R.L.; Abd-El-Khalick, F.S.; Lederman, N.G.; McComas, W.F. y Matthews, M.R. (2001). "The Nature of Science and Science Education: A Bibliography". *Science and Education* 10(2): 187-204.
- Fay, M.; Grove, N.; Towns, M.H. y Bretz, S.L. (2007). "A rubric to characterize inquiry in the undergraduate chemistry laboratory". *Chemistry Education Research and Practice* 8(2): 212-219.
- Garritz, A. (2006). "Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano". *Revista Iberoamericana de educación* 42: 127-152.
- Gil, D.; Guisasola, J.; Moreno, A.; Cachapuz, A.; Pessoa de Carvalho, A.M.; Martínez Torregrosa, J.; Salinas, J.; Valdés, P.; González, E.; Gené, A.; Dumas, A.; Tricárico, H. y Gallego, R. (2002). "Defending Constructivism in Science Education". *Science and Education* 11: 557-571.
- Good, R.; Cummins, C. y Lyon, G. (1999). "Nature of Science assessment based on Benchmarks and Standards". Trabajo presentado en la Universidad de Lousiana. Estados Unidos.
- Lederman, N.G.; Abd-El-Khalick, F.S.; Bell, R.L. y Schwartz, R.S. (2002). "Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science". *Journal of Research in Science Teaching* 39(6): 497-521.
- National Research Council. (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC, Estados Unidos: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards*. Washington, DC, Estados Unidos: National Academy Press.
- Rocard, M.; Csermely, P.; Jorde, D.; Lenzen D.; Walberg-Henriksson, H. y Hemmo, V. (2007). *Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe*. Bruselas, Bélgica: European Comission: Directorate General for Research..
- Rutherford, F. J. y Ahlgren, A. (1989). *Science for all Americans*. Oxford University Press. Nueva York, en <www.project2061.org/publications/sfaa/online/sfaatoc.htm> [consulta: 2/ agosto/2008].
- Vázquez, A.; Manassero, M.A.; Acevedo, J.A. y Acevedo, P. (2007). "Consensos sobre la naturaleza de la ciencia: la ciencia y la tecnología en la sociedad". *Educación Química* 18(1): 38-55.