

CAMBIO EN LA VISIÓN DE LA NATURALEZA DE LA CIENCIA A TRAVÉS DE LA RESOLUCIÓN DE SITUACIONES PROBLEMÁTICAS

MARTÍNEZ, M^a MERCEDES¹, VARELA, M^a PALOMA¹, IBÁÑEZ, M^a TERESA² y ROSA, DAVID³

¹ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad Complutense de Madrid.

² IES Antonio Machado-sección Meco. Madrid.

³ IES de Humanes. Madrid.

Palabras clave: Naturaleza de la ciencia; Ciencia-Tecnología-Sociedad; Resolución de problemas; Educación secundaria obligatoria; Genética.

OBJETIVOS

Dentro de nuestra línea de investigación se ha diseñado y desarrollado la unidad didáctica: ¿Soy así por puro azar?, para abordar la genética y herencia humanas, mediante problemas abiertos. El objetivo del trabajo que aquí se presenta es: *estudiar el cambio conceptual experimentado por alumnos de 4º de la ESO que han trabajado con una Metodología de Resolución de Problemas como Investigación en relación al conocimiento sobre la Naturaleza de la Ciencia.*

MARCO TEÓRICO

Numerosas investigaciones demuestran que la ciencia escolar transmite de forma implícita una visión inductivista y muy estereotipada de la ciencia. Cómo modificar esta imagen, que sobre la naturaleza de la ciencia presentan los estudiantes, hacia otra más cercana a la realidad es un problema complejo de resolver porque también afecta a los científicos y a los profesores que la transmiten en el aula (Fernández y otros, 2002; Glasson y Bentley 2000; Pomeroy 1993). Esta 'epistemología espontánea' es un obstáculo en la enseñanza de las ciencias porque va en contra del modelo didáctico constructivista (Gil y otros 2002).

La visión que sobre la ciencia tiene la comunidad científica ha sufrido una gran evolución en los últimos cincuenta años, a la par que surgían nuevas corrientes filosóficas en torno a las distintas concepciones sobre el método científico, la forma en que se genera el conocimiento científico, cuál es su status y sus criterios de demarcación, cómo se produce el crecimiento de la ciencia, y cuál es la finalidad de la misma. Sin embargo los estudiantes mantienen una visión: del científico como varón, blanco, con bata y gafas, honesto, objetivo, etc.; y de su trabajo como algo individual, empírico, en laboratorio, con productos peligrosos, etc. (Solomon, 1994; Vazquez y Manassero, 1998); de las teorías como suposiciones, como el resultado correcto de los experimentos, o como un hecho evidente y sin posibilidad de ser modificado (Solomon y otros, 1996); y presentan dificultades a la hora de diferenciar entre ciencia y tecnología y de comprender las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (Borreguero y Rivas, 1995; Rennie y Jarvis, 1995).

Diversos trabajos abogan por la introducción de la historia de la ciencia porque mejora el conocimiento

sobre la propia ciencia y favorece las actitudes hacia el estudio de la misma (Mathews 1991; Solbes y Traver 2001; Solomon, 2002; Vilches 1994). Sin embargo, recientes trabajos nos permiten decir que sólo la introducción de la historia de la ciencia utilizando relatos sobre los científicos y sus descubrimientos consiguen reforzar las ideas previas sobre la ciencia (Ping-Kee, 2003).

Nuestra propuesta es introducir la naturaleza de la ciencia, junto con los contenidos científicos pertinentes (en este caso concreto Genética), a través de una unidad didáctica basada en una metodología de resolución de problemas abiertos como una investigación (MRPI). La resolución de problemas es una actividad propia de la ciencia y, por lo tanto de su enseñanza. Por ello, trabajar en el aula en grupos de trabajo y con problemas de enunciado abierto donde el alumno debe analizar la situación, emitir hipótesis, diseñar una estrategia de resolución, llevarla a la práctica y analizar los resultados, debería generar en el alumno una imagen más cercana a la realidad de lo que es el trabajo científico.

DESARROLLO DEL TEMA

La investigación ha sido llevada a cabo con alumnos de 4º de ESO, y versa sobre el cambio conceptual en relación con el conocimiento referido a la naturaleza de la ciencia. Un grupo (experimental) trabajó los contenidos de Genética con una unidad didáctica basada en la MRPI, ¿Soy así por puro azar? (Ibáñez, 2003); mientras que otro grupo (control) lo hizo de una forma tradicional basada en la exposición teórica y la resolución de problemas cerrados.

Nuestras hipótesis de trabajo son:

Hipótesis 1: Existe un aprendizaje significativamente mayor de los contenidos conceptuales sobre la “naturaleza de la ciencia” a favor del grupo experimental, que ha trabajado con la metodología de resolución de problemas como una investigación, respecto al grupo control.

Hipótesis 2: El cambio conceptual sobre “la naturaleza de la ciencia”, producido en el grupo experimental, permanece en el tiempo sin sufrir retrocesos significativos.

La fase experimental tuvo lugar en el curso escolar 1999/00 con dos grupos estándar de 4º de Educación Secundaria Obligatoria de Madrid. Ambos grupos presentaban las mismas características (zona, nivel socio-económico, porcentaje de alumnos y alumnas, edad, etc.) y trabajaron en el aula los mismos contenidos conceptuales de Genética, variando sólo la metodología de trabajo. Para coordinar y ajustar contenidos y momentos de recogida de información, las profesoras de ambos grupos estuvieron coordinadas y realizaron un diario de clase que permitió el seguimiento de los acuerdos a lo largo de todo el proceso de enseñanza aprendizaje. El grupo control (19 alumnos) fue guiado por una profesora de amplia experiencia educativa, y en continua interacción con la profesora investigadora que tenía a su cargo el grupo experimental (30 alumnos); además se contó con una coordinadora externa miembro del grupo de investigación.

El desarrollo de la MRPI en el grupo experimental y los resultados obtenidos se recogen en el trabajo de Martínez Aznar e Ibáñez (2005). A modo de ejemplo, para comprender las diferencias entre lo que es y cómo se resuelve un problema verdadero y un ejercicio, vamos a presentar un problema en su versión cerrada (ejercicio) y abierta (verdadero):

- Problema cerrado: “El color marrón de los ojos es dominante sobre el de ojos azul. Una pareja en la que ambos tienen los ojos marrones, ¿podría tener un hijo de ojos azules?”
- Problema abierto: “¿Podría aparecer un carácter nuevo en una familia?”

Las pruebas y estadísticos utilizados para el contraste de las hipótesis han sido:

- Prueba inicial para determinar la homogeneidad inicial de los estudiantes de ambos grupos sobre su imagen de la ciencia. Chi-cuadrado.

- Prueba final I abierta para dejar libertad de expresión a los alumnos de ambos grupos sobre las ideas que han generado tras su trabajo en el aula. Las preguntas son del tipo: “¿En qué momento, dentro de una investigación sobre Genética, se puede realizar un experimento?”. U de Mann-Whitney
- Prueba final II, también de tipo abierto y distinta a la anterior, aunque contempla todos los aspectos de la naturaleza de la ciencia tratados en las pruebas anteriores. Se realiza cinco meses después para detectar posibles retrocesos en el grupo experimental. Ejemplo de cuestión planteadas es: “Cuando te venden un producto diciéndote que ha sido probado científicamente, ¿qué es lo que te imaginas?”. Test de Wilcoxon.

Los resultados obtenidos, y presentados según la hipótesis planteada son:

Hipótesis 1: sobre el aprendizaje logrado en el grupo experimental

Es requisito necesario para el contraste de esta hipótesis que los grupos investigados sean homogéneos en sus conocimientos iniciales sobre la naturaleza de la ciencia. Pudimos comprobar que la imagen de la ciencia en estos alumnos se corresponde con la recogida en la bibliografía y que se resumía en el marco teórico (Chi-cuadrado, $p > 0,1$).

Ambos grupos realizaron la prueba final I. Las respuestas de los estudiantes se han recogido en una red sistémica y se ha utilizado el estadístico de la U de Mann-Whitney, siendo la hipótesis nula que ambos grupos son homogéneos, frente a la alternativa de que el grupo experimental sea mejor. Los resultados de esta prueba nos indican que el grupo control sigue manteniendo sus ideas iniciales; mientras que el grupo experimental las ha modificado (U de Mann Whitney, $p < 0,001$, $p < 0,01$ y $p < 0,05$). Ejemplos de respuesta de los alumnos del GEXP son:

- Cómo se trabaja en ciencia: “*Analizando, improvisando, haciendo hipótesis, haciendo estrategias y dando resultados*”, “*Como los problemas que hemos hecho, planteando hipótesis e intentando demostrarla*”.
- Qué es una teoría: “*A que cada uno ha planteado una hipótesis diferente y por lo tanto sus resoluciones son distintas. Al principio una hipótesis puede parecer lógica, pero al acabar el problema puedes apreciar si la hipótesis era correcta o equivocada*”.
- Los científicos y su trabajo: “*Debe ser inteligente, creativo, con facilidad de coger las cosas, con una mente muy abierta y que saque conclusiones por sí mismo*”.
- Relaciones C-T-S: “*Avances científicos son el conocimiento del Genoma humano y el conocimiento de nuevas enfermedades. Avances tecnológicos son máquinas capaces de actuar como un corazón o que le ayuden a funcionar, o máquinas que sin atravesar la piel de la madre pueden ver al bebé que se encuentra en el interior*”.

Podemos concluir que los alumnos del grupo experimental han asumido que la forma de trabajo seguida en el aula se corresponde o es más parecida al trabajo de los científicos; y, por eso, presentan una visión de la naturaleza de la ciencia significativamente más correcta desde el punto de vista epistemológico.

Hipótesis 2: sobre la permanencia en el tiempo del cambio conceptual

Para constatar la permanencia en el tiempo del cambio conceptual sobre la naturaleza de la ciencia en el grupo experimental, hemos comparado los resultados obtenidos en dos pruebas, una realizada al finalizar el trabajo en el aula (final I), y otra en el curso escolar siguiente (2000/01), tras cinco meses sin haber vuelto a trabajar con esta metodología (final II). Debido a circunstancias del propio sistema educativo en el que se enmarca la investigación algunos alumnos dejaron de estudiar o cambiaron de centro, por lo que la muestra se ha reducido (10 alumnos). En este caso se ha utilizado el estadístico de Wilcoxon ($p > 0,1$) al estar ambas muestras relacionadas. La hipótesis nula es que el grupo experimental es homogéneo en ambos momentos frente a la alternativa de que, cinco meses después, el grupo ha tenido un retroceso.

Los resultados nos permiten afirmar que los alumnos del grupo experimental no presentan retrocesos significativos en sus conocimientos y se mantiene en el tiempo el cambio conceptual. Algunos ejemplos de respuestas dadas por los alumnos son:

- Cómo se trabaja en ciencia. “Un producto probado científicamente significa que sus propiedades han sido analizadas y se ha experimentado con ello, comprobándose así que sus cualidades y efectos son adecuados para el consumo”.
- Qué es una teoría. “Una teoría (Tectónica de placas) se elabora a partir de datos, pruebas y después de muchas investigaciones... Antes de Wegener habría más gente que hubiese intentado explicar esos hechos con otras teorías... Se acepta esta teoría porque hay más pruebas que nos llevan a pensar que parte de esta teoría lleva razón”
- Los científicos y su trabajo. “Me imagino a una persona con todo tipo de instrumentos necesarios para recoger datos y pruebas que le puedan ayudar (cámara fotográfica, recipientes para las muestras...). Supongo que después tendría que buscar todo tipo de información sobre lo que quiere investigar y tener conocimientos sobre ello”.
- Relaciones C-T-S. “El descubrimiento de la clonación lo han investigado científicos, y la tele lo han descubierto ingenieros tecnológicos. Cada uno en su ciencia aunque los dos han sido una investigación”.

Por lo tanto, podemos concluir que siguen pensando que: la investigación científica se inicia con la resolución de problemas, donde la experimentación pretende contrastar hipótesis que surgen del análisis de la situación; las teorías son una construcción humana dinámica que cambia ante nuevos descubrimientos o formas de pensar; persiste la imagen de un científico donde cualidades como la creatividad o curiosidad es más importante que los estereotipos de persona responsable y perfeccionista; y, por último, siguen asociando el avance científico con desarrollo teórico y el tecnológico con el técnico.

CONCLUSIONES

La eficacia de la metodología de resolución de problemas como una investigación a la hora de promover el cambio conceptual, sobre la naturaleza de la ciencia, se manifiesta en:

1. Los alumnos modifican sus ideas respecto a cómo se trabaja en ciencia, qué es una teoría, las características de los científicos y sobre las relaciones C-T-S, evolucionando hacia una visión más actualizada y cercana a la epistemología actual.
2. Desde el punto de vista estadístico este aprendizaje es significativamente mayor que el que se produce a través de una metodología tradicional.
3. El cambio conceptual sobre cuestiones epistemológicas permanece en el tiempo de forma estadísticamente significativa.

Esta propuesta metodológica permite que el alumno, además de tener una imagen más real de la ciencia, la considere como una actividad propia de los humanos y no como algo abstracto que sólo compete a algunas personas muy especiales, los “científicos”. El trabajar con situaciones problemáticas cercanas a la realidad del alumno favorece que la ciencia deje de ser vista como algo lejano y difícil. Por lo tanto, no sólo se adquieren conocimientos epistemológicos sino que se genera una actitud más favorable hacia el estudio de la ciencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORREGUERO, P. y RIVAS, F. (1995) Una aproximación empírica a través de las relaciones Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) en estudiantes de secundaria y universitarios valencianos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13 (3), 363-370.
- FERNÁNDEZ, I.; GIL, D.; CARRASCOSA, J.; CACHAPUZ, A. y PRAIA, J. (2002) Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, 20 (3), 477-488.
- GIL, D.; GUIASOLA, J.; MORENO, A.; CACHAPUZ, A.; PESSOA DE CARVALHO, A.; MARTÍNEZ TORREGROSA, J.; SALINAS, J.; VALDÉS, P.; GONZÁLEZ, E.; GENÉ DUCH, A.; DUMAS-CARRÉ, A.; TRICÁRICO, H. y GALLEGU, R. (2002) Defending constructivism in science education. *Science & Education*, 11, 557-571.

- GLASSON, G.E. y BENTELEY, M.L. (2000) Epistemological undercurrents in scientists' reporting of research to teachers. *Science Education*, 84 (4), 469-485.
- IBÁÑEZ, M.T. (2003) *Aplicación de una metodología de resolución de problemas como una investigación para el desarrollo de un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad en el currículo de Biología de Educación Secundaria*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid.
- MARTÍNEZ AZNAR, M.M e IBÁÑEZ ORCAJO, M.T. (2005). Solving problems in Genetics. *International Journal of Science Education*, 27 (1), 101-121.
- MATTHEWS, R. (1991) Un lugar para la historia y la filosofía en la enseñanza de las ciencias. *Comunicación, Lenguaje y Educación*, 11-12, 141-145.
- PING-KEE, T. (2003) Eliciting and developing junior secondary students' understanding of the nature of science through a peer collaborative instruction in science stories. *International Journal of Science Education*, 25 (2), 147-171.
- POMEROY, D. (1993) Implications of teachers' beliefs about the nature of science: Comparison of the beliefs of scientists, secondary teachers and elementary teachers. *Science Education*, 77 (3), 261-278.
- RENNIE, L.J. y JARVIS, T. (1995) Three approaches to measuring children's perceptions about technology. *International Journal of Science Education*, 17 (6), 755-774.
- SOLBES, J. y TRAVER, M. (2001) Resultados obtenidos introduciendo historia de la ciencia en las clases de Física y Química: Mejora de la imagen de la ciencia y desarrollo de actitudes positivas. *Enseñanza de las Ciencias*, 19 (1), 151-162.
- SOLOMON, J. (1994) Pupils' images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16 (3), 361-373.
- SOLOMON, J. (2002) Science stories and science texts: what can they do for students? *Studies in Science Education*, 37, 85-106.
- SOLOMON, J., SCOTT, L. y DUVEEN, J. (1996) Large-scale exploration of pupils' understanding of the nature of science. *Science Education*, 80(5), 493-508.
- VÁZQUEZ, A. y MANASSERO, M.A. (1998) Dibuja a un científico: imagen de los científicos en estudiantes de secundaria. *Infancia y Aprendizaje*, 81, 3-26.
- VILCHES, A. (1994) La introducción de las interacciones ciencia, técnica y sociedad (CTS). Una propuesta necesaria en la enseñanza de las ciencias. *Aula de Innovación Educativa*, 27, 32-36.