

Comprensión de estudiantes de bachillerato y de profesorado sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis del caso histórico de “Rosalind Franklin y la estructura del ADN”

M^a del Mar Aragón-Méndez¹, José Antonio Acevedo-Díaz² y Antonio García-Carmona³

¹Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz.

²Inspector de Educación jubilado, Huelva, España.

³Depto. de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla.

mariadelmar.aragon@uca.es

Resumen:

Se presenta un estudio cualitativo comparativo del aprendizaje logrado por estudiantes de profesorado de biología y geología (estudiantes MAES) y estudiantes de segundo de bachillerato (estudiantes BAC) sobre naturaleza de la ciencia (NDC), empleando como recurso una narración del caso histórico de “Rosalind Franklin y la estructura molecular del ADN”. La actividad se implementó con un enfoque explícito y reflexivo en ambos casos. Los resultados globales revelan que los dos colectivos de estudiantes alcanzaron una mejoría notable en la comprensión de los aspectos de NDC tratados, lo que pone de manifiesto el potencial didáctico de la actividad para aprender sobre NDC. No obstante, también reflejan algunas diferencias cualitativas entre los estudiantes MAES y los estudiantes BAC.

Palabras clave: ADN; bachillerato; formación inicial del profesorado; historia de la ciencia; naturaleza de la ciencia.

Objetivo

El propósito de esta comunicación es presentar los resultados comparativos de una actividad, implementada con estudiantes de bachillerato y de profesorado, para aprender sobre naturaleza de la ciencia (NDC) a partir del análisis del caso histórico de “Rosalind Franklin y la estructura del ADN” (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017a).

Marco teórico

La posición que adoptamos sobre qué enseñar de NDC se basa en una perspectiva holística y coherente con la complejidad de la construcción del conocimiento científico (Acevedo y García-Carmona, 2016a; Allchin, 2011; Dagher y Erduran, 2016, entre otros). Esta perspectiva incluye aspectos epistémicos de la NDC, relativos al conocimiento científico producido y a los procesos de indagación científica, así como aspectos no-epistémicos internos y externos a la comunidad científica (es decir, sociología interna y externa de la ciencia). El enfoque que seguimos sobre cómo enseñar NDC es explícito y reflexivo, en el que la NDC se incluye de forma planificada como contenido curricular específico, y se plantea a los estudiantes mediante cuestiones para su análisis crítico-reflexivo. A fin de abordar los diversos aspectos de NDC, epistémicos y no-epistémicos,

con este enfoque utilizamos como contexto la historia de la ciencia (HDC), empleando textos con narraciones de controversias científicas elaborados por los autores de esta comunicación (Acevedo y García-Carmona, 2017; Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017b).

Metodología

CONTEXTO ACADÉMICO Y DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA DE ENSEÑANZA

La actividad se implementó en la especialidad de Biología y Geología del Máster Universitario en Profesorado de Enseñanza Secundaria (MAES), impartido en la Universidad de Cádiz, y en una asignatura de 2º de Bachillerato, de libre configuración, denominada “Investigación científica” (2 horas semanales), de un instituto de Educación Secundaria de Cádiz, que acoge a una población de perfil sociocultural medio. Participaron, respectivamente, 17 estudiantes del MAES (estudiantes MAES, en lo sucesivo) y 14 estudiantes de bachillerato (estudiantes BAC, en adelante).

En la actividad se emplea como recurso la lectura del texto de una narración de la controversia sobre el papel de Rosalind Franklin en la elucidación de la estructura molecular del ADN (Acevedo y García-Carmona, 2016b). Esta narración incluye palabras de algunos de los científicos implicados, con el fin de acentuar el lado humano de la ciencia y añadir autenticidad a las ideas de NDC que ilustran (Clough, 2011). Asimismo, se acompaña con notas a pie de página que ofrecen detalles para situar la controversia en su contexto histórico-social, así como algunas informaciones adicionales en aras de facilitar su comprensión.

En ambos niveles, los estudiantes se organizaron en grupos pequeños de trabajo para el desarrollo de la actividad. Esta se implementó en tres sesiones de 1,5 h en el MAES y en cuatro sesiones de 1 h en BAC, estructuradas en tres fases: (1) lectura del relato de la controversia de HDC y respuestas a cuatro cuestiones de NDC (tabla 1), a partir de la reflexión y discusión entre los miembros de cada grupo, que se redactaron en un informe; (2) sesión con el grupo-clase, dirigida por la educadora, para que los grupos compartieran y debatieran sus respuestas iniciales; y (3) conclusiones finales de los grupos tras la sesión anterior, que se concretaron en la revisión, ampliación y/o reelaboración de sus respuestas iniciales. Las respuestas finales también se registraron por los grupos en sus informes, que entregaron a la educadora para su evaluación.

TABLA 1. CUESTIONES PROPUESTAS SOBRE ASPECTOS DE NDC PARA REFLEXIONAR A PARTIR DE LA LECTURA DE LA CONTROVERSIAS SOBRE EL PAPEL DE ROSALIND FRANKLIN EN LA ELUCIDACIÓN DE LA ESTRUCTURA MOLECULAR DEL ADN

-
- C1. Es frecuente leer la expresión “el método científico” como un proceso universal en etapas para la construcción del conocimiento científico. ¿Crees que esto es adecuado? Razónalo.
- C2. ¿Crees que los objetivos de la investigación sobre el ADN eran los mismos para todos los científicos implicados? Explícalo.
- C3. ¿Cuáles crees que son las principales fortalezas del modelo del ADN de Watson y Crick? Justifícalo.
- C4. ¿Qué factores epistémicos y no-epistémicos crees que pudieron influir para que Rosalind Franklin no fuera la primera en dilucidar la estructura del ADN?
-

INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS Y EVALUACIÓN

Respecto a la evaluación de aprendizajes sobre NDC, nos alineamos con Allchin (2011), que propone un enfoque contextual mediante el análisis interpretativo de casos actuales e históricos de la ciencia. Por tanto, la metodología de evaluación de los aspectos de NDC abordados con la actividad presenta las características siguientes: (1) es cualitativa; (2) está contextualizada en una controversia de HDC; (3) es interpretativa a partir de los informes producidos por los estudiantes; y (4) se analiza mediante rúbricas.

Para la evaluación de las respuestas a cada una de las cuestiones de la tabla 1, se estableció una escala de progresión que permitiera el análisis del nivel de aprendizaje alcanzado por los estudiantes. Se decidieron 5 niveles, de 0 a 4, correspondiendo el máximo aprendizaje a conseguir al nivel 4. Los descriptores que definen el nivel máximo se establecieron tomando como punto de partida el texto de la narración de HDC, los puntos de vista actuales sobre la NDC, y la información proporcionada por las respuestas de los grupos. Estos descriptores se modificaron y reestructuraron varias veces hasta ser consensuados por los autores de este trabajo. Los diferentes niveles de progresión y los descriptores correspondientes se recogieron posteriormente en una rúbrica de evaluación. Como ejemplo, se muestra la parte correspondiente a la segunda cuestión (tabla 2).

TABLA 2. RÚBRICA DE EVALUACIÓN DE LA SEGUNDA CUESTIÓN

C2. ¿Crees que los objetivos de la investigación sobre el ADN eran los mismos para todos los científicos implicados? Explícalo.				
Nivel 4 (máximo)	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1	Nivel 0
Se explica que los objetivos eran diferentes, y en la explicación se señalan tres de las razones siguientes: 1) Se explica el objetivo de Franklin. 2) Se explica el objetivo Watson y Crick. 3) Se relacionan los objetivos con la formación de los científicos. 4) Se relacionan los objetivos con las metodologías empleadas. 5) Se relacionan los objetivos con las prioridades de los centros de investigación.	Se explica que los objetivos eran diferentes, y en la explicación se señalan dos de las razones anteriores.	Se explica que los objetivos eran diferentes, y en la explicación se señala una de las razones anteriores.	Se explica que los objetivos eran diferentes, pero no se aportan argumentos válidos.	No se identifican diferencias significativas entre los objetivos.

La asignación de niveles de aprendizaje de las respuestas de los grupos se hizo mediante un proceso iterativo inter- e intra-evaluadores por los tres autores del estudio. Los acuerdos alcanzados oscilaron entre el 81% y el 94%. Los pocos casos que quedaron sin acuerdo se resolvieron por mayoría de evaluadores (2 vs. 1).

Resultados

Los niveles obtenidos por los grupos de estudiantes MAES y BAC, en la fase inicial y en la final, se muestran respectivamente en las figuras 1 y 2.

El análisis global y comparativo de los resultados obtenidos por los estudiantes MAES y BAC permite establecer lo siguiente:

1. Tras la lectura inicial de la controversia, y la discusión crítico-reflexiva en los grupos pequeños, la comprensión de los aspectos de NDC tratados fue moderadamente baja (figuras 1 y 2), pero un poco mejor en los estudiantes MAES que en los estudiantes BAC.

2. Los resultados finales alcanzados fueron bastante buenos, tanto por los estudiantes MAES como por los estudiantes BAC, sobre todo si se tiene en cuenta que se trata de una intervención de duración corta. Asimismo, cabe resaltar que en ambos casos la mayoría de los grupos alcanzó el nivel máximo posible.

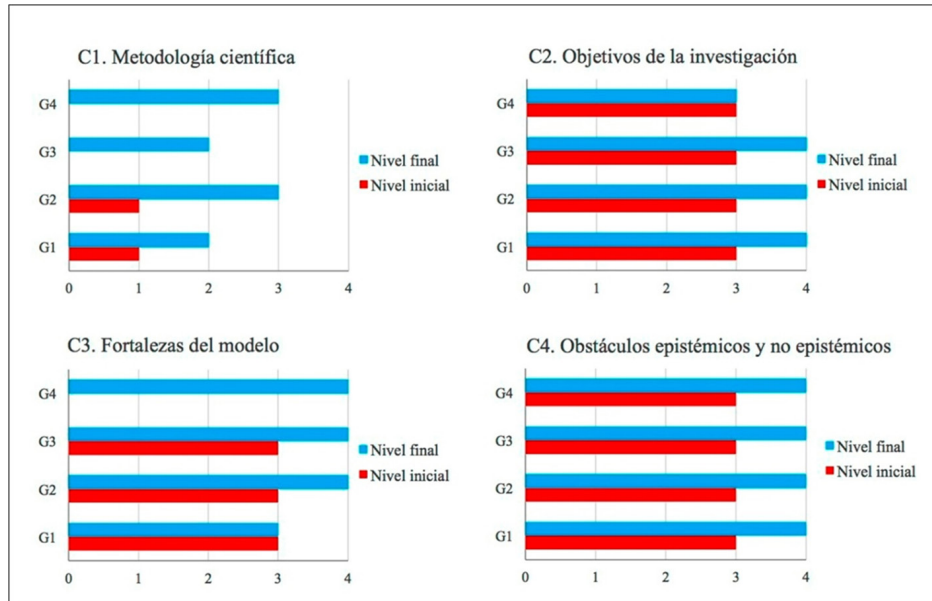


Figura 1. Evolución de niveles de aprendizaje de los estudiantes MAES para los aspectos de NDC abordados.

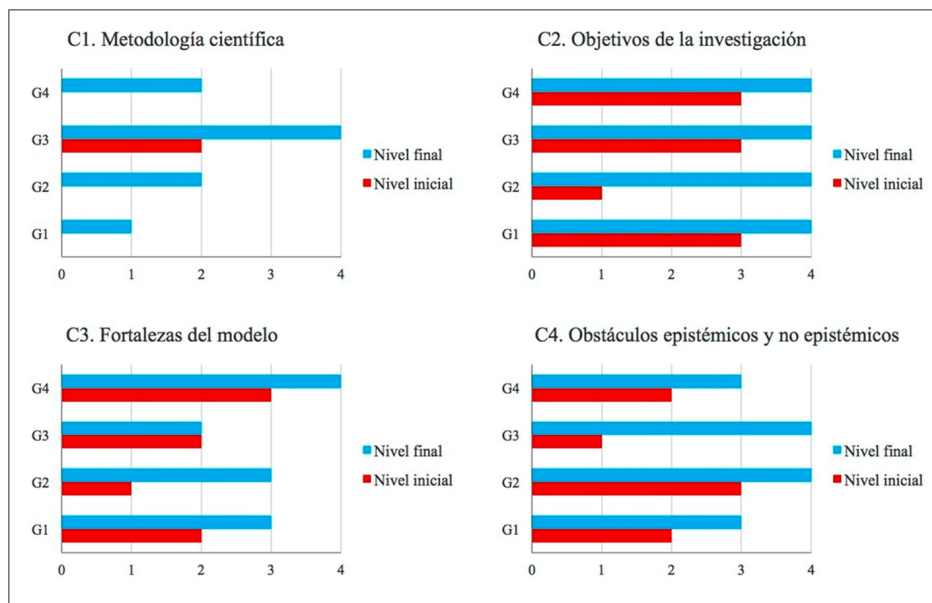


Figura 2. Evolución de niveles de aprendizaje de los estudiantes BAC para los aspectos de NDC abordados.

3. En la obtención de estos resultados, hay que resaltar la influencia notable que tuvo la sesión con el grupo-clase, en la que se debatieron las ideas de los grupos plasmadas en los informes iniciales. Como en otras controversias de HDC para aprender aspectos de NDC, que hemos implementado, el papel de la educadora durante esta sesión resultó ser clave.

4. Hubo algunas diferencias entre los estudiantes MAES y BAC en cuanto al número de descriptores de la rúbrica empleada para la evaluación de las cuatro cuestiones:

a) Respecto a las cuestiones C1, C2 y C3, que versan sobre aspectos epistémicos de la controversia (metodología científica, objetivos de la investigación y fortalezas del modelo, respectivamente), los estudiantes MAES se refirieron inicialmente a un número de descriptores correspondientes a estos algo mayor que los estudiantes BAC: 15 frente a 10, de 48 descriptores posibles. Además de producirse un incremento notable del número de descriptores aludidos en los informes finales, la diferencia inicial desapareció prácticamente: 26 referencias de los estudiantes MAES y 24 de los estudiantes BAC.

b) Los indicadores de la rúbrica correspondientes a las tres cuestiones anteriores incluyen doce descriptores epistémicos en total. En las respuestas iniciales y finales, los estudiantes MAES no hicieron referencia a dos de los tres descriptores de C1: “Se explica que no hay un método científico único, y se describe la metodología empírica sistemática de Franklin”, y “Se explica que no hay un método científico único, y se describe la metodología de Watson y Crick basada en la elaboración de un modelo funcional”. Tampoco citaron, en las respuestas iniciales y finales, dos de los cinco descriptores de C2: “Se relacionan los objetivos con las metodologías empleadas”, y “Se relacionan los objetivos con las prioridades de los centros de investigación”.

Los estudiantes BAC no hicieron referencia inicialmente a siete de los doce descriptores de estas tres cuestiones (más de la mitad de los propuestos); a saber: los mismos dos descriptores de C1 que los estudiantes MAES; tres descriptores de C2, siendo dos de ellos los mismos que los estudiantes MAES, además del siguiente: “Se relacionan los objetivos con la formación de los científicos”; y dos de los cuatro descriptores de C3: “[El modelo de Watson y Crick] permite establecer una hipótesis fecunda para investigaciones futuras”, y “[El modelo de Watson y Crick] da respuesta a problemas multidisciplinares”. Sin embargo, en las respuestas finales, los estudiantes BAC solo dejaron de citar un descriptor de C3: “[El modelo de Watson y Crick] da respuesta a problemas multidisciplinares”. Este resultado indica, una vez más, que la sesión con el grupo-clase tuvo una gran influencia en el aumento significativo del número de descriptores aludidos por los estudiantes BAC, relativos a los aspectos epistémicos de NDC abordados en estas tres cuestiones.

c) Respecto a la cuestión C4, para un máximo de 16 citas posibles, los estudiantes MAES aludieron inicialmente al doble de descriptores no-epistémicos (8) que epistémicos (4); los estudiantes BAC también lo hicieron en una proporción similar, aunque con un menor número de descriptores (5 no-epistémicos y 2 epistémicos). En las respuestas finales, las referencias de los estudiantes MAES a descriptores de ambos tipos fueron similares (13 no-epistémicos y 12 epistémicos), mientras que los estudiantes BAC hicieron alusión al doble de descriptores no-epistémicos (12) que epistémicos (6).

d) La parte de la rúbrica relativa a la cuestión C4 incluye cuatro descriptores epistémicos y cuatro no-epistémicos. En las respuestas iniciales, los estudiantes MAES no hicieron referencia a dos descriptores epistémicos: “La creatividad mostrada por Watson y Crick para relacionar datos muy diversos”, y “La formación o área de especialización de los investigadores”. Los estudiantes BAC no se refirieron a dos descriptores epistémicos: el primero de los citados para los estudiantes MAES, y “Los distintos propósitos de las investigaciones de Franklin y de Watson y Crick”. Tampoco hicieron referencia al descriptor no-epistémico siguiente: “La falta de ética de Watson y Crick al usar datos de Franklin sin su conocimiento ni reconocimiento”. En las respuestas finales, los estudiantes MAES aludieron a todos los descriptores epistémicos y no-epistémicos. Mientras que a los estudiantes BAC solo les faltó hacer referencia al descriptor epistémico “La creatividad mostrada por Watson y Crick para relacionar datos muy diversos”.

Conclusiones

En este estudio no se ha hecho un análisis de contraste estadístico, aunque lo más probable es que hubiera dado como resultado la inexistencia de diferencias significativas entre los estudiantes MAES y BAC, debido al reducido número de participantes de ambos grupos y a la pequeña cantidad de cuestiones analizadas, entre otros factores posibles. En consecuencia, se ha estimado más adecuado mostrar tendencias en la comparación de los resultados y describirlas cualitativamente.

Lo más destacable es la gran eficacia que, para la comprensión de los aspectos de NDC seleccionados, ha tenido la actividad de análisis crítico-reflexivo de esta controversia. Tanto los estudiantes MAES como los estudiantes BAC mostraron progresos notables en su comprensión sobre ellos. El trabajo en grupo y las discusiones de la sesión con el grupo-clase, dirigida por la educadora, favorecieron que las concepciones de ambos colectivos mejorasen considerablemente, tanto en relación con los aspectos epistémicos como los no-epistémicos de la NDC; estos últimos mucho menos tratados habitualmente en las investigaciones didácticas sobre la inclusión de la NDC en la educación científica.

Por último, cabe resaltar el dato del mayor número de referencias a los descriptores no-epistémicos que a los epistémicos por los estudiantes BAC, en la cuestión C4. Esta conclusión debería hacer reflexionar seriamente a aquellos autores e investigadores de la NDC que son refractarios y recalcitrantes a incluir, de manera explícita y rigurosa, los aspectos no-epistémicos de la NDC en la educación científica de secundaria.

Referencias bibliográficas

- Acevedo, J. A. y García-Carmona, A. (2016a). Algo antiguo, algo nuevo, algo prestado. Tendencias sobre la naturaleza de la ciencia en la educación científica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(1), 3-19.
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2016b). Rosalind Franklin y la estructura del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Científica*, 27, 162-175.
- Acevedo-Díaz, J. A. y García-Carmona, A. (2017). *Controversias en la historia de la ciencia y cultura científica*. Madrid: Los Libros de la Catarata.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón-Méndez, M. M. (2017a). *Enseñar y aprender sobre naturaleza de la ciencia mediante el análisis de controversias de historia de la ciencia. Resultados y conclusiones de un proyecto de investigación didáctica*. Madrid: OEI.
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2017b). Historia de la ciencia para enseñar naturaleza de la ciencia: Una estrategia para la formación inicial del profesorado de ciencia. *Educación Química*, 28(3), 140-146.
- Allchin, D. (2011). Evaluating Knowledge of the Nature of (Whole) Science. *Science Education*, 95(3), 518-542.
- Clough M. P. (2011). The Story Behind the Science: Bringing Science and Scientists to Life in Post-Secondary Science Education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- Dagher, Z. R. y Erduran, S. (2016). Reconceptualizing the nature of science for science education. Why does it matter? *Science & Education*, 25(1-2), 147-164.