

# Comprensión de estudiantes de Bachillerato sobre el papel de los objetivos de las investigaciones científicas

María del Mar Aragón-Méndez<sup>1</sup>, José Antonio Acevedo-Díaz<sup>2</sup> y Antonio García-Carmona<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Didáctica, Universidad de Cádiz, mariadelmar.aragon@uca.es

<sup>2</sup>Inspector de Educación jubilado, Huelva, España, ja.acevedodiaz@gmail.com

<sup>3</sup>Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, garcia-carmona@us.es

## Resumen

Se analiza la comprensión de estudiantes de Bachillerato sobre el papel de los objetivos que se plantean los científicos en sus investigaciones, en el contexto del caso histórico de la elucidación de la estructura del ADN. Para ello se realizó, de manera explícita, una actividad consistente en la lectura reflexiva de un texto del caso, preparado *ex profeso*, y la discusión, de dicho aspecto epistémico de la naturaleza de la ciencia, junto con otros más. Los resultados finales muestran una progresión notable de los estudiantes en el aspecto tratado.

## Palabras clave

ADN, Bachillerato, historia de la ciencia, naturaleza de la ciencia, objetivos de las investigaciones científicas.

## Objetivo

El propósito de esta comunicación es mostrar la comprensión de estudiantes de Bachillerato (estudiantes, en adelante) de un aspecto epistémico de naturaleza de la ciencia (NDC, en adelante), relativo al papel que tuvieron los objetivos que se marcaron en sus investigaciones Franklin, por un lado, y Watson y Crick, por otro, sobre el ADN. En concreto, se intentó que los relacionasen con: las metodologías empleadas (experimental *vs.* modelística), la formación académica de los científicos (cristalógrafos *vs.* genetistas), y las prioridades de los centros de investigación donde trabajaban (King's College *vs.* Cavendish Laboratory).

La cuestión que se planteó a los estudiantes fue la siguiente: *¿Crees que los objetivos de la investigación sobre el ADN eran los mismos para todos los científicos implicados? Explícalo.*

### **Marco teórico**

El enfoque seguido respecto a la enseñanza de la NDC fue explícito y reflexivo. Explícito, en tanto que la NDC se incluye de forma planificada y evaluable como un contenido específico. Y reflexivo, en el sentido de que se plantea a los estudiantes mediante cuestiones para su análisis crítico (Clough, 2011). Para tratar con este enfoque los diversos aspectos de NDC, epistémicos y no-epistémicos, se ha recurrido a la historia de la ciencia (HDC, en adelante) como contexto (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017b), utilizando narraciones de controversias científicas elaboradas por los autores (Acevedo y García-Carmona, 2017; Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2017a; entre otros).

### **Aspectos metodológicos**

#### *Contexto académico y descripción de la propuesta de enseñanza*

La actividad se implementó por la primera autora en una asignatura de 2º de Bachillerato, de libre configuración, denominada “*Investigación científica*” (2 horas semanales), en un instituto de Educación Secundaria de Cádiz, que acoge a una población de perfil sociocultural medio. Participaron 14 estudiantes.

Se usó 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. Aunque originalmente el texto se elaboró para su uso en la formación inicial del profesorado (Acevedo y García-Carmona, 2016b, 2017), se hizo una adaptación ligera (Acevedo-Díaz, García-Carmona y Aragón-Méndez, 2016a), sin alterar su contenido y esencia original, para su utilización en Bachillerato. Esta narración incluye palabras de algunos de los científicos implicados, con el fin de acentuar el lado humano de la ciencia y añadir así autenticidad a las ideas de NDC que ilustran (Clough, 2011). Asimismo, se acompaña con notas a pie de página que dan detalles para situar la controversia en su contexto histórico-social, así como algunas informaciones adicionales en aras de facilitar su comprensión.

Los estudiantes se organizaron en cuatro grupos pequeños de trabajo para el desarrollo de la actividad. Esta se implementó en cuatro sesiones de 1 h, estructuradas en tres fases: (i) lectura del relato de la controversia de HDC y respuestas a cuatro cuestiones de NDC (aquí solo se analiza una de ellas: la cuestión relativa a los objetivos de las investigaciones científicas), a partir de la reflexión y discusión entre los miembros de cada grupo, que se redactaron en un informe; (ii) sesión de puesta en común del grupo-clase, dirigida por la educadora, para que los grupos compartieran y debatieran sus respuestas iniciales; y (iii) conclusiones

finales de los grupos tras la sesión anterior, que se concretaron en la revisión y reelaboración de sus respuestas iniciales. Estas respuestas finales también se registraron por los grupos en sus informes, que entregaron a la educadora para su evaluación al terminar la actividad.

### *Evaluación*

Respecto a la evaluación de la comprensión de los estudiantes 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 empleada presenta las características siguientes: (i) es cualitativa, (ii) está contextualizada en una controversia de HDC, (iii) es interpretativa a partir de los informes producidos por los estudiantes, y (iv) se analiza mediante rúbricas.

Para la evaluación de las respuestas, se estableció una escala de progresión que permitiera el análisis del nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes. Se decidieron 5 niveles, de 0 a 4, correspondiendo la comprensión máxima al nivel 4. Los descriptores que definen el nivel máximo se establecieron tomando como punto de partida el texto de la narración de HDC, y la información proporcionada por las respuestas de los grupos. Estos descriptores se modificaron y reestructuraron 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. En la tabla 1 se muestra la parte correspondiente a la cuestión que es objeto de análisis en esta comunicación.

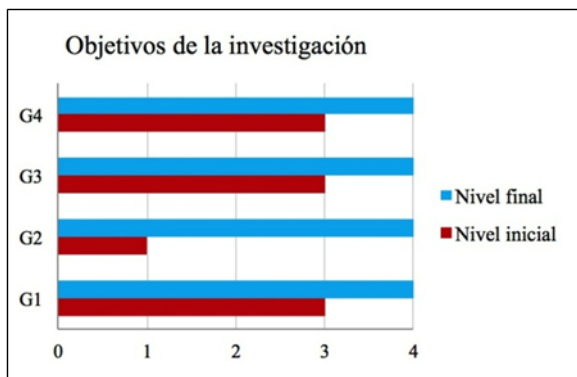
Nivel 4 (máximo)	Niveles 3 – 0
Se explica que los objetivos eran diferentes, y en la explicación se señalan tres de las razones siguientes:	Nivel 3: Se explica que los objetivos eran diferentes, y en la explicación se señalan dos de las razones anteriores.
1) Se explica el objetivo de Franklin.	Nivel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

**Tabla 1.** Rúbrica de evaluación sobre la influencia de los objetivos de las investigaciones científicas en el contexto del caso Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN

La asignación de los niveles de comprensión de las respuestas de los grupos se hizo mediante un proceso iterativo inter- e intra-evaluadores por los tres autores del estudio. Este se extendió hasta conseguir un acuerdo pleno, o resolverlo por mayoría de jueces (2 vs. 1).

## Resultados

Los resultados obtenidos en las respuestas iniciales y finales de los grupos se muestran en la figura 1.



**Figura 1.** Progresión de la comprensión de los grupos sobre la cuestión de NDC abordada

En la primera fase de la actividad, tres grupos alcanzaron el nivel 3 en sus respuestas iniciales (figura 1). Sin embargo, solo se refirieron a los dos primeros descriptores de la rúbrica (tabla 1); esto es, explicaron tanto los objetivos de Franklin como los de Watson y Crick. Por tanto, tras una primera lectura de la narración, los grupos no parece que fueran conscientes de la influencia de los otros factores (la formación de los científicos, las metodologías empleadas, y las prioridades de los centros de investigación) en el desarrollo de las investigaciones científicas de este caso histórico. En consecuencia, este resultado inicial relativiza la comprensión lograda por los estudiantes.

En las respuestas finales todos los grupos lograron el nivel 4 (figura 1), aludiendo a los cinco descriptores de la rúbrica. Además, el número de veces que fueron citados estos descriptores pasó de cinco a trece, lo que evidencia una mejora notable en la comprensión de los estudiantes sobre el aspecto de NDC tratado.

## Conclusiones

1) La lectura inicial de la narración contribuyó al diagnóstico de las ideas sobre la importancia de los objetivos que se plantearon los investigadores de la estructura del ADN.

2) Durante la puesta en común del grupo-aula, la función de la educadora fue como moderadora, realizando preguntas que ayudasen a la reflexión de los estudiantes, y sirvieran de andamios para facilitar la evolución de sus ideas sin imponerlas. Y es que las posturas dogmáticas solo logran que los estudiantes declaren

lo que se espera de ellos, en el mejor de los casos, sin que realmente integren las nuevas ideas en sus esquemas mentales. Los resultados obtenidos en los informes finales pueden ser indicativos de la incidencia positiva que, efectivamente, esta fase tuvo en la progresión de las ideas de los estudiantes sobre el aspecto de NDC abordado.

3) Al final, los estudiantes fueron capaces de aportar argumentos más variados, y en mayor cantidad, que inicialmente para argumentar sus ideas sobre la cuestión planteada, mostrando así un progreso considerable en su capacidad de argumentación al respecto.

### Referencias bibliográficas

Acevedo, J. A., García-Carmona, A. y Aragón, M. M. (2016a). Rosalind Franklin y la doble hélice del ADN - Texto de Historia de la Ciencia para Educación Secundaria (17-18 años de edad). Disponible en [Research Gate](#). DOI: 10.13140/RG.2.2.36750.97603.

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.