

# LA GENÉTICA EN LOS TEXTOS DE ESTUDIO DE LA EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA: ¿SE HACE CASO A LA INVESTIGACIÓN DIDÁCTICA?

M<sup>a</sup>. Carmen Garrido-Navas, Francisco González-García  
*Universidad de Granada*

**RESUMEN:** Se ha realizado un análisis de los contenidos de genética en textos de cuarto curso de Educación Secundaria Obligatoria. En la indagación se analizó si los textos incorporan las recomendaciones que la investigación didáctica propone para mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Se analiza la secuencia de contenidos, definiciones básicas, niveles de complejidad y resolución de problemas. Se aprecian diferentes niveles de mejora en los textos, pero en su conjunto los cambios apreciados en los textos son mayoritariamente moderados; siendo evidente la tensión entre una presentación de contenidos mendeliana o clásica y una presentación de la nueva genética molecular.

**PALABRAS CLAVE:** análisis de textos, enseñanza de la genética, educación secundaria.

**OBJETIVOS:** El objetivo esencial del trabajo realizado ha sido analizar si los textos de estudio de 4º curso de ESO han incorporado las propuestas de cambio que la investigación didáctica recomienda para la mejora en la enseñanza y aprendizaje de la genética.

## MARCO TEÓRICO

La Genética es uno de los temas más relevantes del currículum oficial de la Biología, siendo en 4º curso de ESO cuando se inicia su enseñanza a los estudiantes que han optado por la opción de Ciencias. En todas las leyes educativas se ha mantenido siempre la opción de introducir los conceptos clásicos de Genética en el último curso de la educación secundaria, así como la enseñanza de la resolución de los problemas de genética.

La investigación didáctica ha descrito la dificultad que muchos de los contenidos de genética plantea a los estudiantes (Bugallo, 1995; Ayuso y Banet, 2002). Estas investigaciones han revisado de forma amplia las concepciones erróneas que presentan los estudiantes de secundaria y bachillerato sobre los conceptos básicos de la genética mendeliana. Las dificultades en el aprendizaje de la Genética se han relacionado, no sólo con las ideas previas, sino en particular con los libros de texto y su forma de presentar conceptos como la meiosis, la herencia mendeliana o las estrategias de resolución de problemas (Cho, Kahle y Nordland, 1985; Ayuso, Banet y Abellan, 1996; Knippels, Waarlo y Boersma, 2005).

Dado el enorme desarrollo que la Genética y la Biología Molecular ha alcanzado en los últimos años, con sus implicaciones económicas, éticas y sociales, y la gran repercusión que suele tener en los medios de comunicación, es indudable la importancia que tiene un correcto aprendizaje de los conceptos básicos de Genética que permitan conocer, opinar y optar sobre estos avances (Abril, 2010).

Nos planteamos, ante este conjunto de elementos, analizar si los textos de estudio han incorporado algunas de las recomendaciones básicas que la investigación didáctica aporta sobre los contenidos y su secuenciación en los temas de genética que prescribe el currículum del último curso de la educación secundaria obligatoria. Indagamos, con ello, en una problemática de nuestro campo: el nivel de repercusión que tienen las investigaciones didácticas sobre la realidad educativa.

## METODOLOGÍA

Se han analizado diez textos de 4º curso de ESO siguiendo un protocolo de análisis que recoge las recomendaciones didácticas de Banet y Ayuso (1995) y Knippels *et al.* (2005).

Se han analizado cuatro aspectos: a) la secuencia de los contenidos; b) las definiciones de cinco conceptos fundamentales (ADN, gametos, gen, cromosoma y alelo); c) el tratamiento de la naturaleza abstracta y la sucesiva complejidad que presentan los contenidos de genética (analizando la presencia de la Teoría Cromosómica de la Herencia, el concepto de probabilidad y la explicación de tipos de herencia intermedia y codominancia); y por último d) la resolución de problemas de Genética, concretándose en el tipo de problemas dominante, la presencia de instrucciones específicas para resolver los problemas y el uso de árboles genealógicos humanos (pedigrís).

El análisis de los textos se ha realizado de una doble forma. Por un lado, comparando dos textos diferentes de la misma editorial (denominados proyectos). Este hecho es común desde hace años en diferentes editoriales. Con ello queríamos comprobar si había diferencias entre esos textos en la temática de la Genética. Se comparan dos parejas de libros de dos editoriales distintas (editados en 2007-2008, identificados como O-A y O-B, S-A y S-B).

Por otro lado se comparan parejas de libros de la misma editorial pero editados en distintos momentos (ediciones de 2002 y ediciones 2012). Se compararon textos de tres editoriales que identificamos como A1, A2, X1, X2, N1 y N2; correspondiendo el número 1 a las ediciones de 2002 y el número 2 a las ediciones de 2012. En este caso nos serviría para comprobar los cambios producidos en el tratamiento de la Genética tras una década y con la aplicación de una nueva norma curricular. Mantenemos el anonimato de las editoriales usando las siglas referidas.

## RESULTADOS

### **Secuenciación de contenidos: genética clásica vs molecular**

En relación a la secuenciación de los contenidos hay que destacar que tanto al comparar los textos de proyectos distintos de la misma editorial, como al comparar los textos de 2002 y 2012 de la misma editorial nos encontramos con dos grandes tendencias en la presentación de los contenidos de genética. Por un lado hay libros (por ejemplo textos O-B, S-B, S1, A2, X2) que parten de la explicación del ADN como molécula portadora de la información genética y, a partir de ella, se van construyendo los demás conceptos básicos y se explica la herencia y sus mecanismos, finalizándose con los conceptos de herencia mendeliana y sus leyes clásicas. Por otro lado hay textos (por ejemplo O-A, A1, N1, N2) que inician la Genética con la descripción histórica de los trabajos de Mendel y cómo estos trabajos explican el mecanismo de la herencia y posteriormente pasan a explicar los conceptos moleculares basados en el estudio

del ADN. Se aprecia por tanto una división entre la genética clásica y la molecular; división no resuelta por las editoriales ni al editar diferentes proyectos ni en la década que separa las ediciones.

Las recomendaciones didácticas van en la línea de no centrarse exclusivamente en la genética mendeliana, incluso se ha descrito lo contraproducente que puede ser presentar algunos contenidos históricos (Jiménez y Fernández, 1987). Esta recomendación no es asumida en todos los casos, constatándose el peso de una presentación clásica. Esta secuencia de contenidos va en contra de la importancia que la genética molecular tiene en la actualidad y en algún caso deja para el final de los temas de genética las aplicaciones más actuales, incluso en anexos del texto.

## Definiciones básicas

En todos los textos hay tendencia a definir de forma muy concreta conceptos básicos de genética, en un intento de sintetizar al máximo conceptos que en ocasiones son complejos. Tales definiciones necesitan, sin duda, una explicación extensa del profesorado; quizás los textos no dispongan de espacio para tales explicaciones. A manera de ejemplo mostramos en la Tabla 1 las definiciones de tres conceptos (ADN, gen y alelo)

Tabla 1.

Diferentes definiciones ofrecidas por los textos analizados para los conceptos de ADN, gen y alelo

|       | DEFINICIÓN (textos que la presentan)                                                                       |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ADN   | Molécula portadora de información genética (X1, X2, O-B, N1, N2, A1)                                       |
|       | Molécula que tiene codificada todas las características de los seres vivos (S-B)                           |
|       | Donde está contenida la información genética (S-A)                                                         |
|       | Constituyente básico de la cromatina (O-A)                                                                 |
|       | Componente del núcleo que contiene la información hereditaria (A2)                                         |
| GEN   | Unidad de transmisión genética (O-A)                                                                       |
|       | Lleva la información genética (O-B, X2, X1)                                                                |
|       | Fragmento de ADN con la información para un carácter (S-A, S-B)                                            |
|       | Portador de los caracteres hereditarios (N1) o información responsable de los caracteres hereditarios (N2) |
|       | Fragmento de un cromosoma (A1)                                                                             |
|       | Segmento de ADN (A2)                                                                                       |
| ALELO | Variantes que puede presentar un gen (O-A, S-A)                                                            |
|       | Copias de un gen (A2)                                                                                      |
|       | Formas alternativas del mismo gen (X1, X2, O-B, S-B, N1, N2, A1)                                           |

Podemos apreciar que existen definiciones muy diversas para conceptos como ADN o gen, con una diversidad provocada por la tensión entre la biología clásica celular y mendeliana frente a la molecular. Valga como ejemplo las definiciones que hacen mención al núcleo o a los cromosomas o los caracteres hereditarios frente a definiciones que inciden básicamente en unidades de información o en moléculas de ADN. En el caso del concepto de alelo hay bastante homogeneidad en las definiciones, aunque definirlo simplemente como “copias de un gen” parece francamente desafortunado.

La investigación didáctica remarca la necesidad de no acudir a definiciones simples aunque en este apartado podemos comprender que los textos no disponen de espacio para definiciones o explicaciones más extensas, siendo el profesorado el responsable de una adecuada aclaración.

## Abstracción y complejidad de contenidos

La Teoría Cromosómica de la Herencia como ejemplo de construcción teórica que culmina la explicación de los mecanismos de la herencia no siempre aparece citada en los diferentes textos. Así los textos A1, X1, N-2, S-A y S-B no hacen referencia a ella; mientras que los restantes si se desarrolla explícitamente.

La herencia intermedia y la codominancia, como ejemplos de herencia más compleja, si se presentan en todos los textos; al menos uno de estos tipos de herencia. Sin embargo ninguno de los textos hace referencia al concepto de probabilidad, tan importante para comprender los mecanismos de transmisión de los caracteres mendelianos. Esta ausencia ha sido descrita, en la bibliografía didáctica, como una de las causas de la falta de comprensión del significado real de los resultados en la resolución de problemas. Todos los textos hacen referencia a proporciones o frecuencias pero no al sentido probabilístico de los resultados. Se ha comentado numerosas veces que los propios resultados de los trabajos de Mendel no fueron comprendidos por su aparato matemático.

## Problemas de Genética

En relación a la resolución de problemas, los resultados de la investigación didáctica han dado unas pautas concretas para superar las dificultades que clásicamente presentan muchos estudiantes. Estas recomendaciones se centran en: la necesidad de combinar problemas tipo causa-efecto y problemas efecto-causa, según la clasificación por tipo de razonamiento para su resolución de Stewart (1988); la presencia de instrucciones específicas sobre cómo proceder en su resolución y el uso de árboles genealógicos (pedigrís) con caracteres humanos. En la Tabla 2 sintetizamos los resultados comparando los textos editados en 2002 y 2012.

Tabla 2.  
Cambios en las propuestas sobre resolución  
de problemas en textos de 4º ESO editados en 2002 y 2012.

|                                  | <i>Texto A1 (2002)</i>                              | <i>Texto A2 (2012)</i>                                             |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| Tipos de problemas               | Predominan los efecto-causa                         | Se presentan ambos tipos                                           |
| Instrucciones para la resolución | No hay                                              | No hay                                                             |
| Árboles genealógicos             | Si hay                                              | No hay                                                             |
|                                  | <i>Texto N1 (2002)</i>                              | <i>Texto N2 (2012)</i>                                             |
| Tipos de problemas               | Predominan los causa-efecto                         | Predominan los efecto-causa                                        |
| Instrucciones para la resolución | Solo para los pedigrís                              | Si hay en general                                                  |
| Árboles genealógicos             | Si en texto y en listado de ejercicios              | Si en texto y en listado de ejercicios                             |
|                                  | <i>Texto X1 (2002)</i>                              | <i>Texto X2 (2012)</i>                                             |
| Tipos de problemas               | Predominan los causa-efecto                         | Predominan los causa-efecto                                        |
| Instrucciones para la resolución | No hay                                              | No hay                                                             |
| Árboles genealógicos             | Un caso en el texto y otro en ejercicios propuestos | Solo un ejemplo en el texto y ninguno en los ejercicios propuestos |

Apreciamos como hay editoriales que han incorporado algunas de las recomendaciones; es el caso de los cambios en los tipos de problemas entre los textos A1 y A2 y entre N1 y N2; sin embargo en A1 y A2 y X1 y X2 se retrocede en el uso de los árboles genealógicos. En conjunto ningún texto asume todas las propuestas.

## CONCLUSIONES

En el conjunto de textos analizados podemos apreciar una disputa entre la presentación de los conocimientos de genética con un enfoque clásico mendeliano y un enfoque de genética molecular. La introducción de las recomendaciones dadas desde la investigación didáctica solo son parciales y en ningún texto de 2012 se incorporan todas las vistas en nuestro protocolo de análisis (frente a las ediciones de 2002). En los resultados de los cuatro aspectos analizados hemos podido encontrar como textos de diferentes proyectos de la misma editorial eran muy semejantes en alguno de los aspectos analizados pero muy diferentes en otros.

Incluso en algunos casos se aprecian retrocesos o insistencia en presentaciones editoriales que la investigación didáctica ha puesto de manifiesto suponen un obstáculo para el aprendizaje de los alumnos. Es el caso de la forma de presentar los problemas de genética, así como la ausencia del concepto de probabilidad y otros elementos acerca de los niveles de complejidad de la Genética.

El caso de las definiciones de conceptos básicos nos sirve para llamar la atención de la importancia que tiene la elección por parte del profesorado de un texto u otro, incluso en la elección de un proyecto editorial u otro.

En el caso de la resolución de problemas, las deficiencias percibidas pueden ser superadas por la incorporación del docente en sus explicaciones de aula y por listas de ejercicios propios que incorporen razonamientos diversos, principalmente los problemas efecto- causa que suelen estar menos presentes en los libros de texto.

Resulta necesario realizar un seguimiento de los cambios que incorporen las editoriales en los próximos años, una vez que se aclare el panorama legislativo (aplicación o no de las nuevas leyes y marcos curriculares). La tendencia observada al cambio, siguiendo los consejos de la investigación didáctica, es muy leve en los textos analizados. Si bien la muestra analizada es reducida, apreciamos que la inercia editorial tiende a ser conservadora y no traslada fácilmente las recomendaciones derivadas de la investigación didáctica.

Sirva también constatar este hecho para hacer un llamamiento a nuestro campo de trabajo y a las instituciones que controlan la calidad de los textos editados. ¿Permitiría el cuerpo de la investigación biomédica que se ignoraran los resultados de sus investigaciones?

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRIL, A. (2010). Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales, un caso de estudio: la genética y la biología molecular. *Revista de Antropología Experimental*, 1, 1-16.
- AYUSO, E., BANET, E., y ABELLÁN, T. (1996). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y el bachillerato. I. ¿resolución de problemas o realización de ejercicios?. *Enseñanza de las Ciencias*, 14(2), 127-142.
- AYUSO, E. y BANET, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la genética en educación secundaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 20(1), 133-157.

- BANET, E., y AYUSO, E. (1995). Introducción a la genética en la enseñanza secundaria y bachillerato: I. contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(2), 137-153.
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A. (1995). La didáctica de la genética: Revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(3), 379-385.
- CHO, H., KAHLE, J. y NORDLAND, F. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics and some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69(5), 707-719.
- JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M.P. y FERNÁNDEZ PÉREZ, J. (1987). El “desconocido” artículo de Mendel y su empleo en el aula. *Enseñanza de las Ciencias*, 5(3), 239-246.
- KNIPPELS, M. P., WAARLO, A. J., & BOERSMA, K. T. (2005). Design criteria for learning and teaching genetics. *Journal of Biological Education*, 39 (3), 108-112.
- STEWART, J. (1988). Potential learning outcomes from solving genetics problems: a typology of problems. *Science Education*, 72, 237-254.