

## **INFLUENCIA DE LA SOCIEDAD DEL CONOCIMIENTO EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES.**

### **Un caso de estudio: la genética y la biología molecular**

**Ana M. Abril Gallego**

Universidad de Jaén, España

[amabril@ujaen.es](mailto:amabril@ujaen.es)

#### **INFLUENCE OF THE SOCIETY OF KNOWLEDGE IN THE TEACHING OF EXPERIMENTAL SCIENCE. Case study: genetics and molecular biology**

**Resumen:** En los últimos años ha habido un rápido incremento en el desarrollo de la Biología Molecular, lo que ha tenido implicaciones económicas, éticas y sociales, lo que está provocando cambios en la sociedad y generando nuevas cuestiones de relevancia. La juventud está inmersa en noticias relacionadas con Genética y Biología Molecular, temas cada vez más comunes y cotidianos, y deberán de tener un criterio para poder opinar al respecto. Sin embargo, en general, poco se sabe sobre lo que los jóvenes conocen u opinan sobre estos temas. El gran desarrollo social de la Biología Molecular, su amplia cobertura mediática, la incorporación de esta materia al currículo oficial o las dificultades encontradas en su aprendizaje, son algunas de las razones que hacen necesario el desarrollo de investigaciones desde el punto de vista didáctico. En este trabajo se analizan aspectos relacionados con la enseñanza formal y no formal de este tema.

**Abstract:** In the last years, there has been a quick increase in the development of genetic technologies with important economic, ethical or social implications which are provoking many questions of great relevance. Young students are immersed in news on Genetics and Molecular Biology, subjects that will be more and more common, and they will be demanded to make substantiated decisions. Nevertheless, generally, little is known about what young people know or think about these issues. The great social development that the Genetics is acquiring, their wide media coverage, the incorporation of this matter in the curriculum of secondary education, the difficulties found in the learning of genetic, are some of the reasons that make necessary a deeper investigation through a didactic perspective. In this work, aspects related to the education of the genetics have been analyzed from both the point of view of the formal education and from the informal one.

**Palabras clave:** Didáctica de la Genética y Biología Molecular. Educación formal. Medios de comunicación. Dificultades de aprendizaje. Educación Secundaria. Genetic and Molecular Biology Education. Formal Education. Mass media. Learning difficulties. Secondary Education.

## I. Introducción

La evolución de la sociedad es una consecuencia de sus desarrollos tecnológicos y científicos. En los últimos años ha habido un campo que ha incrementado de manera espectacular su campo de conocimientos, la Genética y la Biología Molecular, lo que ha tenido importantes repercusiones tanto a nivel económico, social o ético (Stewart y Kirk, 1990; Garvin y Stefani, 1993). En la segunda mitad del siglo XX la investigación centrada en estos temas, y en concreto en la ingeniería genética (la aplicación tecnológica de los conocimientos genéticos) han tenido un importante avance, que se ha traducido en un efecto directo en la sociedad, la cual ha asumido como propios los avances científicos (basta recordar la cotidianidad de términos como ADN, evolución, molécula, hormonas o células madre). Este hecho está provocando el planteamiento de cuestiones sociales de gran relevancia, tales como cuál podría ser el efecto de la terapia génica en la humanidad o quienes deberían de controlar las nuevas tecnologías (si es que lo tiene que hacer alguien).

Los jóvenes, como parte importante de esta sociedad, participan de los debates generados en ella y los temas anteriormente mencionados son cada vez más comunes en su entorno cercano; además, en un futuro no muy lejano será a ellos a quienes se les pedirá opiniones sobre estos asuntos para que tomen decisiones con una actitud crítica. Sin embargo, en general, no se conoce lo que nuestros jóvenes saben sobre Genética, Biología Molecular o Ingeniería Genética y, si estos conocimientos les podrían servir para formarse una opinión crítica y bien fundamentada de los posibles problemas sociales que se deriven de su desarrollo en el futuro (Wood-Robinson y otros, 1998).

La Genética es un tema que se considera de gran relevancia en la formación de los estudiantes, tanto a nivel científico como a nivel personal. Según algunos autores un profundo conocimiento de la herencia biológica ayudará a los estudiantes, entre otras cosas:

- a reconocer y valorar la contribución de la Ciencia en la mejora de la calidad de vida de los seres humanos,
- a apreciar la relevancia de la formación científica,
- a adoptar actitudes apropiadas hacia la Ciencia y conseguir una actitud crítica para plantearse los problemas en un futuro más o menos cercano,
- y a valorar el conocimiento científico como un proceso en construcción que dependerá de las necesidades de la sociedad en la que se vive, del momento histórico en particular y que está en continua revisión.

Hay autores que aseguran que los estudiantes que desarrollen un buen entendimiento de los conceptos y procesos genéticos estarán mejor cualificados para entender la realidad que se transmite a través de los medios de comunicación así como para participar en decisiones importantes (Gator, 1992). Debido a esto, y a otras muchas razones, la investigación en la mejora de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Genética y la Biología Molecular deberían de ser puntos esenciales en la investigación didáctica. En este sentido, se han sugerido tres razones principales para desarrollar el entendimiento de estos temas en los estudiantes en particular y en la población en general (Turney, 1995):

- razón utilitaria: hace referencia al uso práctico que se le puede dar al conocimiento científico;
- razón democrática: implica que los individuos aplican su conocimiento científico para entender y participar en debates relacionados con temas genéticos;

- razón cultural: asume el conocimiento científico de los individuos como un beneficio para la cultural y la moderna sociedad en la que viven.

Todas estas razones vienen a reforzar la relevancia de la educación en Genética; pero aunque la relevancia está clara, es necesario además reconocer las dificultades de enseñanza y aprendizaje que tiene de manera muy marcada esta temática, problemática que ya se planteaba en la década de los 80 del siglo pasado (Finley y otros, 1982) y que sigue estando vigente en la actualidad.

Si analizamos las investigaciones realizadas en el marco del constructivismo en didáctica de Ciencias Naturales, podemos observar que existen muchos estudios que han sido publicados, aunque la mayoría de ellos se centran en los campos de la física, la química o la biología en general. Pero son una minoría los trabajos centrados en la problemática específica de temas genéticos, generalmente centrados en analizar las dificultades de aprendizaje, importancia en el currículo de algunos temas, estudios críticos sobre la oportunidad o no de incluir estos temas en el currículo oficial o en la resolución de problemas de Genética y su relación con el cambio conceptual (Bugallo Rodríguez, 1995).

Si el análisis de las investigaciones lo centramos más detenidamente sobre aquellas realizadas en Didáctica de la Genética, existen estudios sobre las concepciones alternativas de los estudiantes, en particular sobre el concepto de “mutación” (Alvadalejo y Lucas, 1988; Mahadeva y Randerson, 1982) y otras más generales sobre temas relacionados con la genética y la herencia de caracteres (Hackling y Treagus, 1984; Kargbo y otros, 1980); en todas ellas se exponen las dificultades de los aprendizajes en entornos formales de la educación donde estos contenidos están incluidos. Uno de los últimos estudios (Golan y Raiser, 2007) resume tres razones que se describen en la literatura por las que el entendimiento de los temas genéticos es tan complicado: la invisibilidad de los elementos estudiados en Genética, la multiplicidad de niveles implicados y las diferencias ontológicas entre los niveles de los fenómenos genéticos. Por último, en Ibáñez y Martínez Aznar (2005) se presenta una revisión de las concepciones alternativas de los estudiantes sobre herencia.

Pero no debemos de olvidar que los estudiantes acceden a los estudios de Genética con ideas que son el resultado de sus experiencias personales y sociales, y los medios de comunicación son una parte importante de estas experiencias<sup>1</sup>. Conceptos como “mutación”, “evolución” o “ADN” son muy comunes en la actualidad y en los medios, por lo que los significados transmitidos por éstos, correctos o no, es lo que con mayor facilidad llega a los jóvenes. En este sentido, el hecho de que los medios hagan llegar continuamente estos temas a la sociedad hace concebir en los estudiantes una falsa impresión de conocerlos y dominarlos; muy al contrario, en muchos casos, y principalmente en aquellos programas dirigidos a los más jóvenes, se cometen grandes errores conceptuales, los cuales pueden fomentar las posteriores dificultades del aprendizaje de dichos conceptos. Es decir, cuando un estudiante accede al acto de aprender Genética, éstos tienen ideas sobre los temas genéticos que generalmente distan mucho del significado institucional, de referencia o del pretendido y que sería el adecuado para su total comprensión.

En el presente trabajo se analizan los procesos de enseñanza y aprendizaje de la Genética desde diferentes puntos de vista: concepciones de los estudiantes, educación informal (medios de comunicación) y educación formal (currículo oficial) con el fin de arrojar luz sobre el conocimiento que tienen nuestros jóvenes sobre temas genéticos. Este estudio se completa investigando los significados transmitidos a través de los medios y comparándolos con los significados de los jóvenes, analizando por último la correlación entre los primeros y los segundos.

---

<sup>1</sup> Hay estudios que aseguran que ver televisión es la segunda actividad a la que los jóvenes dedican más tiempo (Ferrés, 1994; Fisch y otros, 1997)

## II. Metodología

### Concepciones de los estudiantes

Como primer paso de la investigación se procedió a determinar el origen y la naturaleza de las concepciones de los estudiantes a cerca de la Genética. Para ello se analizó la población de estudiantes de primer y tercer cursos de E.S.O., estudiantes que aun no habían recibido instrucción formal en estos temas. La muestra fue de 55 estudiantes (31 de primer curso y 24 de segundo curso) de un Instituto de Educación Secundaria de la ciudad de Jaén. Los instrumentos fueron dos cuestionarios diseñados según se indica a continuación:

- cuestionario general para detectar el origen de sus ideas previas: Cuestionario de tipo abierto con posterior categorización de las respuestas.
- cuestionario sobre la naturaleza de las ideas previas: Cuestionario dividido en cinco partes, donde las cuestiones formales se iban introduciendo de manera gradual, es decir, la primera tarea la constituyen preguntas de tipo cotidiano y la quinta la constituyen cuestiones de tipo formal (Marín y otros, 2001), las cuales fueron nombradas de la siguiente forma: 1.- Medios de comunicación y Genética; 2.- Qué se puede y qué no se puede heredar; 3.- Naturaleza y localización del material genético; 4.- Relación entre herencia y célula; 5.- Herencia mendeliana. Algunas de las cuestiones incluidas en las tareas reflejaban errores descritos en la Historia de la Ciencia ya que en algunos casos éstos nos pueden ayudar a entender, y en algunos otros a anticipar, ideas previas de los estudiantes (Jiménez Alexandre, 1996; Furió Mas y otros, 2006). En algunas de las cuestiones se dejaba una última opción abierta para que los estudiantes incorporaran su propia respuesta.

La incorporación en un mismo cuestionario de tareas relacionadas con el entorno cercano del estudiante y de tareas más formales nos proporcionará una información más completa de lo que los estudiantes conocen sobre Genética antes de recibir la instrucción formal en la escuela. En el Anexo I se incluye el cuestionario que los estudiantes tuvieron que rellenar para poder determinar tanto el origen como la naturaleza de sus ideas previas.

La validación de los cuestionarios se ha realizado, en un primer momento, utilizando una muestra de estudiantes de primer curso de E.S.O., lo que nos permitió eliminar y/o modificar algunos de los ítems. A continuación el cuestionario se validó a través de expertos: dos profesores de Biología del nivel de E.S.O., dos profesores de Biología del nivel de Universidad y dos biólogos expertos en investigación en Genética y Biología Molecular. Diferentes aspectos han sido valorados por los expertos: la adecuación de las cuestiones al plan de estudios y a los objetivos de la investigación, el contenido de las preguntas, su legibilidad y competencia para servir a la muestra de estudio, etc. (Lazarowitz y Bloch, 2005).

### Significados desde la educación informal

Los significados transmitidos desde los medios de comunicación de algunos objetos genéticos se han analizado utilizando cuestionarios basados en Vilches (2004), donde se analizan diferentes aspectos como la presencia del objeto (de manera explícita o implícita), significado transmitido, significado pretendido, valores sociales, etc. La investigación se ha llevado a cabo en diferentes películas, las más vistas por los estudiantes consultados.

### Currículo oficial (educación formal)

A través de los diferentes documentos oficiales publicados a partir de la última reforma

educativa, se ha estudiado la presencia de la Genética en la actual educación formal en el nivel de E.S.O.

### III. Resultados

#### Concepciones de los estudiantes

Para determinar las ideas alternativas que los estudiantes de E.S.O. tienen antes de acceder a la educación formal de contenidos relacionados con la Genética se llevaron a cabo dos cuestionarios, el primero incidiendo sobre el origen y el segundo sobre la naturaleza de dichas concepciones. A continuación se muestran los resultados más relevantes.

La Tabla 1 muestra que aunque muy pocos estudiantes del primer curso de E.S.O. podían dar una definición más o menos precisa sobre Genética, la gran mayoría ya han oído, y en su mayoría a través de los medios de comunicación, conceptos como mutación (78%), evolución (69%), clonación (85%) o ADN (64%). Por su parte, los estudiantes de tercer curso, aunque la muchos de ellos aportan una definición sobre Genética correcta (62,5%), el resto dan definiciones como las que a continuación se explicitan:

- *“Es la ciencia que estudia la formación de la gente genéticamente”.*
- *“Es una parte que estudia el ser humano y porqué es así”.*
- *“Es la ciencia que estudia el ser humano y con el mismo ADN de una persona si es posible crear otro exactamente igual con el mismo ADN”.*

En la Tabla 2 queda patente que tanto los estudiantes de primer como de tercer curso han oído los objetos de estudio, y en ambos casos, la mayoría, lo han hecho a través de los medios de comunicación.

Por otra parte, en este primer cuestionario para detectar el origen, se indagó sobre las películas concretas donde los estudiantes habían escuchado estos conceptos; en este sentido los estudiantes mencionaron La Isla, Parque Jurásico, Spiderman, X-Men, Las Tortugas Ninja y El Sexto Día.

En resumen, los estudiantes de primero de E.S.O., aun sin conocer el significado de la Genética, ya han tenido contacto con conceptos relacionados con ella a través de los medios de comunicación, con los significados que éstos transmiten (sean correctos o no; lo veremos más adelante) y por tanto han construido concepciones alternativas acerca de estos objetos de estudio.

Una vez detectado el origen de las ideas previas de los estudiantes, se analizó la naturaleza de las mismas utilizando el segundo cuestionario al que se hace alusión en el apartado Metodología. Los resultados más representativos se muestran en la Tabla 3. Se puede observar que con respecto a los caracteres fenotípicos los estudiantes generalmente tienen una visión lamarkiana de la herencia, que éstos se heredan al azar y no los relacionan con alteraciones en la línea germinal celular. Por otro lado, y en lo referente a la localización de los diferentes objetos de estudio, en general el conocimiento es aislado, difuso y no integrado, así pues no se reconoce que los genes, formados por ADN, constituyen los cromosomas los cuales están dentro del núcleo celular.

#### Significados desde la educación informal

A partir del cuestionario del Anexo I, se conocieron aquellas películas que fueron más vistas por los estudiantes. Partiendo de la hipótesis de que éstas podrían ser el origen de las concepciones alternativas de los estudiantes con respecto a su conocimiento genético se procedió a identificar los significados transmitidos por estas películas. Así, se determinó para cada película, entre otros aspectos, lo siguiente:

- Objetos abordados y modo (de manera explícita o implícita)
- Naturaleza de los significados transmitidos para cada objeto abordado
- Existencia o no de relaciones entre diferentes objetos de estudio
- Tratamiento social del objeto/significado transmitido
- Importancia relativa del objeto en el contexto de la película

Las películas analizadas fueron las siguientes: La Isla, Parque Jurásico (Primera parte), X-Men (Tercera parte) y El Sexto Día. Un breve resumen de los resultados se muestra en la Tabla 4. De estos resultados se puede inferir que, en general, los significados transmitidos son incorrectos, se promueve el carácter fenotípico y no el genotípico del concepto mutación, no aparecen relaciones entre los diferentes objetos de estudio que aparecen en una misma película y en lo que se refiere al tratamiento social, a éste se le asigna un marcado carácter negativo en todos los casos estudiados.

### **Currículo oficial (educación formal)**

Además de la educación informal transmitida fundamentalmente a través de los medios de comunicación, en este trabajo se analiza la organización del currículo oficial que actualmente se desarrolla en España, en aquellos aspectos relacionados con la Genética y la Biología Molecular. La presencia o no de contenidos, así como su naturaleza, podrían ser clave para conocer la realidad de los objetos de estudio en las aulas de Secundaria.

En las últimas décadas el sistema educativo español ha sufrido diferentes reformas, y, en concreto, la parte del currículo relacionado con la Genética y la Biología Molecular ha sido reestructurado, generalmente reduciendo su presencia en el mismo. El resultado final de esta nueva configuración curricular podría haber puesto aún más trabas en la adquisición del conocimiento genético a los estudiantes que actualmente desarrollan los estudios de E.S.O.

En el presente trabajo se ha analizado tanto la presencia como la naturaleza de los contenidos genéticos en el currículo oficial de la E.S.O. En la Tabla 5 se muestra la organización de los contenidos relacionados con Genética y Biología Molecular para este nivel educativo según aparece en el Real Decreto que establece las enseñanzas mínimas para esta etapa<sup>2</sup>. Se puede observar cómo en el primer ciclo solamente se imparten contenidos relacionados con las Ciencias de la Naturaleza y únicamente relacionados con la organización y diversidad de los seres vivos. A lo largo de todo el segundo ciclo, solamente en el último curso aparecen unidades didácticas específicas de Genética, en una asignatura que tiene carácter optativo. Con este curso se finaliza la educación obligatoria, y solamente aquellos estudiantes que vayan a continuar los estudios de Bachillerato por la rama de Ciencias podrán ampliar sus conocimientos sobre estos temas; pero la elección de carreras científicas en España es cada vez más minoritaria, y, cuando se produce, no todos los estudiantes tienen por qué decantarse por la asignatura de Biología puesto que es optativa para este nivel educativo.

### **III. Conclusiones**

El proceso de enseñanza y aprendizaje de “nuevos” contenidos en la educación formal prácticamente no existe; en todos los casos, los estudiantes acceden al acto de aprender con ideas previas construidas a través de la educación informal y no formal que han adquirido por ser ciudadanos de una sociedad determinada, en la actualidad la llamada “*sociedad del conocimiento*”. Ahora más que nunca la información científica se encuentra en el entorno

---

<sup>2</sup> Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. BOE de 5 de enero de 2007, páginas 677-773.

más cotidiano de los jóvenes. Los medios de comunicación, sobre todo, y en cualquier situación, hacen alusión a investigaciones científicas para garantizar la fiabilidad o eficacia de un producto determinado.

El hecho de que la ciencia, y en concreto conceptos relacionados con la Genética y la Biología Molecular como ADN, células madre, mutación, clonación, etc., formen parte de la cotidianidad de nuestros estudiantes hace que éstos lleguen a la educación formal con ideas previas que pueden convertirse en obstáculos didácticos para la adquisición de los significados adecuados. Nosotros creemos que es esencial conocer el estado de la cuestión de la enseñanza de temas relacionados con la Genética y la Biología Molecular puesto que en un futuro no muy lejano nuestros estudiantes deberán de ser capaces de opinar de manera fundamentada sobre estos temas, no solamente los que elijan carreras científicas y lo tengan que hacer en su ámbito profesional, sino que cualquier persona que quiera ser partícipe de la sociedad actual deberá de tener criterio para opinar y decidir sobre temas del ámbito de la Genética y la Biología Molecular que ya son cotidianos en su entorno social.

En este trabajo se ha intentado determinar el origen y la naturaleza de las ideas previas de los estudiantes que acceden a la educación formal sobre Genética, así como la situación actual del currículo oficial relacionado con este tema. Analizando estos aspectos creemos tener una visión más cercana de qué es lo que los jóvenes conocen sobre algunos objetos de estudio de la Genética pudiéndonos hacer así una idea de la capacidad de los estudiantes para integrarse en la sociedad del conocimiento como ciudadanos activos.

De acuerdo con el constructivismo, las dificultades de aprendizaje están relacionadas con las concepciones que los estudiantes poseen, es decir, las concepciones espontáneas o sistemas con los que los alumnos tienen que enfrentar el estudio de una materia determinada, lo que podría convertirse en un obstáculo cuando los alumnos tienen que aprender este tema. Identificar el conocimiento cotidiano de los estudiantes es esencial ya que, a menudo, en su proceso de aprendizaje activan los conocimientos que adquirieron de manera espontánea en su interacción con el medio natural y social, especialmente si el tema que el profesor trata de explicar es novedoso para ellos. Esto es lo que sucede cuando los profesores explican la Genética, los alumnos activan algunas de sus concepciones, aunque no estén cerca de la que se pretende enseñar.

Aunque el tamaño de la muestra estudiada nos obliga a ser cautelosos en nuestras conclusiones, creemos que se pueden deducir algunos aspectos importantes del presente estudio. Los estudiantes del primer curso de E.S.O., que aún no ha recibido oficialmente contenidos relacionados con Genética, y que no saben lo que es la genética, ya tienen una idea previa acerca de objetos como mutación, evolución, clonación o ADN, concepciones que proceden de los medios de comunicación. Algo parecido ocurre con los estudiantes del tercer curso: aunque éstos ya tienen una ideas más acertada de lo que es y lo que estudia la Genética (aunque tampoco lo hayan tratado en la educación formal), también tienen ideas previas sobre los objetos de estudio mencionados anteriormente, generadas a partir del conocimiento que ofrecen los medios.

Por otra parte, se han detectado algunas coincidencias entre errores conceptuales que los alumnos presentan y el significado erróneo transmitido por los medios de comunicación:

- El concepto “mutación” se asocia a cambio fenotípico
  - No se relaciona ADN con estructuras superiores (tales como gen o cromosoma)
  - Los objetos de estudio “cromosoma” y “gen” no se tratan en las películas analizadas, coincidiendo con los objetos menos conocidos por los estudiantes o que menos relacionan con la Genética.
  - Tanto en las películas como en las concepciones de los estudiantes se relaciona el ADN con la sangre y no con otros tipos de tejidos.

Por todo ello, se sugiere que las concepciones alternativas que los estudiantes tienen sobre los objetos de estudio puede ser parcialmente generados o reforzados por los medios de comunicación, especialmente por algunas películas.

Con respecto a la educación formal, podemos destacar que habrá estudiantes que nunca recibirán formación relacionada con la Genética en su paso por la escuela, debido a que en los tres primeros cursos de la E.S.O estos contenidos son mínimos y, cuando se abordan en mayor profundidad (en el cuarto curso), en la asignatura “Biología y Geología”, ésta es de carácter optativo para los estudiantes. Este hecho les dificulta enormemente el acceso a los significados institucionales relacionados con los objetos de estudio de Genética, incapacitándolos para comprender los avances científicos que se están produciendo, tomar decisiones morales relacionadas con la salud, o responder a cuestiones relacionadas con la Biología Molecular que ya demanda la sociedad.

En resumen, la sociedad actual del conocimiento, los medios de comunicación, así como la educación formal que en ella se desarrollan, obstaculizan la comprensión de objetos de estudio relacionados con la Genética. Por ello, se hace necesaria la investigación didáctica en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Genética, ya que en un futuro muy cercano la sociedad exigirá a sus ciudadanos la toma de decisiones fundamentadas relacionadas con esta temática.

## Bibliografía

- ALBADALEJO, C. y LUCAS, A.  
1988 “Pupils’ meanings for mutation” en *Journal of Biological Education*, 22: 215-219.
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A.  
1995 “La didáctica de la Genética: revisión bibliográfica” en *Enseñanza de las Ciencias*, 13: 379-385.
- FERRÉS, J.  
1994 *Televisión y educación*. Barcelona: Paidós.
- FINLEY, F., STEWART, J. y YARROCH, W.  
1982 “Teacher’s perceptions of important and difficult science content: The report of a survey” en *Science Education*, 66: 531-538.
- FISCH, S. M., YOTIVE, W., MCCANN, S. K., SCOTT, M. y CHEN, L.  
1997 “Science in Saturday morning: Children’s perceptions of science in educational and non-educational cartoons” en *Journal of Education Media*, 23: 157-167.
- FURIÓ MAS, C., FURIÓ GÓMEZ, C., CALATAYUD, M. L. y BÁRCENAS, S.  
2003 “¿Cómo se presentan los conceptos y teorías en las reacciones ácido-base? Visiones deformadas de la química en libros de texto (y profesores)” en Instituto de Ciencias de la Educación (Edits.). *Aspectos didácticos de física y química*: 121-155. Universidad de Zaragoza
- GARVIN, W. y STEFANI, L.  
1993 “Genetics-genetic disorder and diagnosis: a role-play exercise” en *Journal of Biological Education*, 27: 51-57.
- GATOR, G. L.  
1992 “Teaching genetics in the high school classroom” en Smith M. U. y Simmons, P. E. (Edits.). *Teaching genetics: Recommendations and research proceedings of a national conference*: 20-30. Cambridge.
- GOLAN DUNCAN, R. y REISER, B. J.  
2007 “Reasoning across ontologically distinct levels: students’ understandings of Molecular Genetics” en *Journal of Research in Science Teaching*, 44: 938-959.



HACKLING, M. W. y TREAGUST, D.  
 1984 “Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula” en *Journal Research in Science Teaching*, 21: 197-209.

IBÁÑEZ, M. T. y MARTÍNEZ AZNAR, M.  
 2005 “Solving Problems in Genetics II: Conceptual restructuring” en *International Journal of Science Education*, 27: 1495-1519.

JIMÉNEZ ALEIXANDRE, M. P.  
 1996 “La variabilidad en la descendencia: comparación de teorías explicativas” en *Alambique*, 8: 33-41.

KARGBO, D. B., HOBBS, E. D. y ERICKSON, G. L.  
 1980 “Children’s beliefs about inherited characteristics” en *Journal of Biological Education*, 14: 137-146.

LAZAROWITZ, R. y BLOCH, I.  
 2005 “Awareness of societal issues among high school biology teachers teaching genetics” en *Journal of Science Education and Technology*, 14: 437-457.

MAHADEVA, M. N. y RANDERSON, S.  
 1982 “Mutation: Mumbo jumbo” en *Science Teaching*, 49: 135-140.

MARÍN, N., SOLANO, I. y JIMÉNEZ GÓMEZ, E.  
 2001 “Characteristics of the methodology used to describe students’ conceptions” en *International Journal of Science Education*, 23: 663-690.

STEWART, J. y KIRK, J. V.  
 1990 “Understanding and problem-solving in classical genetics” en *International Journal of Science Education*, 12: 575-588.

TURNEY, J.  
 1995 “The public understanding of genetics – where next?” en *European Journal of Genetics and Society*, 1: 5-20.

VILCHEZ GONZÁLEZ, J. M.  
 2004 *Física y Dibujos Animados. Una Estrategia de Alfabetización científica y Televisiva en la Educación Secundaria*. España: Universidad de Granada [Tesis doctoral] <http://digibug.ugr.es/bitstream/10481/695/1/15487362.pdf> (21-05-2010).

WOOD-ROBINSON, C., LEWIS, J., LEACH, J. y DRIVER, R.  
 1998 “Genética y formación científica: resultados de un proyecto de investigación y sus implicaciones sobre los programas escolares y la enseñanza” en *Enseñanza de las Ciencias*, 8: 43-61.

**Listado de Tablas y Anexos**

Tabla 1.- Porcentaje de estudiantes que dijeron saber qué era la Genética y dieron una definición aproximada de la misma

	1º E.S.O. n=31	3º E.S.O. n=24
<b>¿Sabes qué es la Genética? ¿Podrías aportar una definición?</b>	6.5 %	62.5 %

Tabla 2.- Número y porcentaje de estudiantes que conocen diferentes objetos de estudio, así como su origen. (\*) Además de los objetos de estudio indicados se analizaron “cromosoma” y “alelo”, pero el porcentaje de estudiantes que conocían estos términos era menor

del 20%

	1º E.S.O. n=31			
	¿Has oído hablar sobre sobre estos temas?		¿Has oído hablar sobre estos temas en los medios de comunicación?	
OBJETO DE ESTUDIO (*)	Nº de estudiantes	%	Nº de estudiantes	%
<b>Mutación</b>	23	74.2	18	78.3
<b>Evolución</b>	31	100.0	21	67.7
<b>Clonación</b>	26	83.9	22	84.6
<b>Gen</b>	11	35.5	6	54.5
<b>ADN</b>	29	93.5	18	62.1
	3º E.S.O. n=24			
	¿Has oído hablar sobre sobre estos temas?		¿Has oído hablar sobre estos temas en los medios de comunicación?	
OBJETO DE ESTUDIO (*)	Nº de estudiantes	%	Nº de estudiantes	%
<b>Mutación</b>	20	83.3	19	95.0
<b>Evolución</b>	24	100.0	22	91.7
<b>Clonación</b>	21	87.5	19	90.5
<b>Gen</b>	17	70.8	13	76.5
<b>ADN</b>	22	91.7	13	59.1

Tabla 3.- Concepciones más frecuentes de los estudiantes de primer curso de E.S.O. sobre algunos temas relacionados con la Genética

Tema	Concepción
Herencia de caracteres fenotípicos	Herencia de caracteres adquiridos (herencia lamarquiana)
	Resultado de una coincidencia (=mutacion)
	No relacionada con células germinales
Localización relativa de núcleo, cromosomas, gen y ADN	Elementos diferentes sin relación espacial
	Relación espacial errónea

Localización del ADN	Solo presente en las células germinales
Localización de genes	Localizado en los genes Solo presentes en la sangre En general no se localizan en los cromosomas
Localización de cromosomas	Localizados en los genes Solo presentes en las células germinales
Relaciones entre algunos objetos estudiados con la Genética	ADN y genes sí se relacionan con la Genética Cromosomas y alelos no se relacionan con la Genética

Tabla 4.- Significados transmitidos por las películas más vistas por los estudiantes relacionados con los diferentes objetos genéticos de estudio. Los objetos “cromosoma”, “alelo” y “gen” no ha sido estudiado puesto que no aparecían ni de manera explícita ni de manera implícita en ninguna de las películas analizadas

Objeto de estudio	Interpretación/es más frecuente/s
Mutación	Cambio fenotípico. Transformación. Adquisición de superpoderes. Mutantes rechazados socialmente. Generalmente no se relaciona con modificación en el ADN.
Evolución	Transformación de un individuo. Ausencia de relación con el nivel poblacional.
Clonación	Clonación en la especie humana. Copia. Proceso generado a partir de ADN, sin ninguna alusión al nivel celular ni de organismo. Proceso socialmente rechazado.
ADN	Presencia en la sangre, sin hacer alusión a ningún otro tipo celular. Fuera del contexto celular.

Tabla 5 – Organización del currículo oficial español para el nivel de E.S.O.

	CURSO	MATERIA	CONTENIDOS
Primer ciclo	Primer curso	Ciencias de la Naturaleza (Obligatoria)	“Organización de los seres vivos” “Diversidad de los seres vivos”
	Segundo curso	Ciencias de la Naturaleza (Obligatoria)	-

	Tercer curso	Ciencias de la Naturaleza (Obligatoria). Contenidos de Biología y Geología separados de los de Química y Física.	-
	Cuarto curso	Biología y Geología (Optativa)	“Genética” “Cambios en los seres vivos. Evolución”

#### Anexo I: Cuestionario

¿Cuánto tiempo dedicas al día a ver la televisión entre semana? Rodea lo que corresponda.

- Menos de 1 hora
- Entre 1 y 2 horas
- Entre 2 y 3 horas
- Más de 3 horas

Y los fines de semana, ¿cuánto tiempo dedicas al día a ver la televisión? Rodea lo que corresponda.

- Menos de 1 hora
- Entre 1 y 2 horas
- Entre 2 y 3 horas
- Más de 3 horas

De la siguiente lista, rodea con un círculo qué películas has visto:

- Parque jurásico
- Parque jurásico II
- Parque jurásico III
- Spiderman
- Spiderman II
- Spiderman III
- La Isla
- Los cuatro fantásticos
- Gattaca
- X-Men
- X-Men 2
- X-Men 3
- Species
- Species 2
- El enviado (Godsend)
- Soy Leyenda
- El sexto día
- ADN

De las películas anteriores que has visto, indica, por orden, cuáles te han gustado más. Comienza con la que más te ha gustado.

De los siguientes conceptos, señala aquellos de los que hayas oído hablar. Indica también aquellos que creas que están relacionados con la genética.

	He oído hablar	Relacionado con la genética
<b>Gen</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Fotosíntesis</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Mutación</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Alelo</b>	SI/NO	SI/NO
<b>ADN</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Transformación</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Cromosoma</b>	SI/NO	SI/NO
<b>Clon</b>	SI/NO	SI/NO

Escribe en la primera columna los conceptos que en el pregunta anterior has indicado que sí has oído hablar. Indica en las siguientes dos columnas el medio dónde los has oído y en caso de tratarse de medios de comunicación, indica el título.

	<b>¿Dónde los oí por primera vez?</b> (cine, tv, colegio, libro de texto, libro de aventuras, periódicos... etc.)	
<b>CONCEPTO</b>	<b>MEDIO</b>	<b>TÍTULO</b>

Seguro que alguna vez te han dicho que te pareces físicamente a alguno de tus familiares más cercanos. De las siguientes características, indica en cuáles se pueden parecer un abuelo y un nieto (puedes elegir más de una característica):

<b>Cicatrices</b>	SI/NO
<b>Color de ojos</b>	SI/NO
<b>Lunares</b>	SI/NO
<b>Nacimiento del pelo en pico</b>	SI/NO
<b>Color de la piel</b>	SI/NO
<b>Piercing</b>	SI/NO

Imagina que una mujer va al gimnasio durante varios años y consigue una forma física y una musculatura fantásticas. Cuando esta mujer tenga una hija, ¿heredará ésta la forma física y la musculatura de su madre?

No. Si la madre no la heredó a su vez de alguno de sus padres, no puede heredarla su hija.

Sí. Si una hija puede parecerse a su madre en el color del pelo, también puede parecerse en su forma física y musculatura.

No. Sólo puede heredarlas si su padre también las tiene.

Sí. Esta herencia se pondrá de manifiesto cuando la niña finalice su crecimiento.

¿Un hijo tiene que tener el mismo color de ojos que alguno de sus padres? ¿Por qué?

No. Los colores de los ojos de los padres se mezclan y el color de ojos del hijo es el resultado de la mezcla.

Sí. El color de ojos del hijo será igual al color de ojos más oscuro.

Sí. Si el hijo es niño, tendrá el color de ojos del padre, y si es niña, el color de ojos de la madre.

No. El color de ojos del hijo puede ser como el del padre o como el de la madre, pero también puede ocurrir que no sea el de ninguno de los padres.

No. Lo que ocurre es que los descendientes se van pareciendo cada vez más a los progenitores más antiguos, por lo que el hijo tendría el color de ojos de uno de sus abuelos o abuelas.

Un amigo tiene una gata de pelo blanco, que está a punto de tener gatitos. Tú quieres conseguir tener una gatita de pelo negro, ¿tendrías esperanzas de tenerla tras el parto? ¿Por qué?

Sí. Porque el pelo negro es un carácter que domina sobre cualquier otro color, y por lo tanto todos los descendientes serán de pelo negro, sea cual sea el color del pelo de los padres.

No. Porque todos los descendientes serán de pelo blanco, o como mucho, de color gris.

Sí. Porque puede ser que se produzca una casualidad (o mutación) y que tenga una gatita de pelo negro.

Sí. Porque si el gato-padre era de pelo negro, hay alguna probabilidad de que los gatitos sean negros.

No. Porque si la madre es blanca, todas las gatitas serán blancas.

Escribe en orden, según su tamaño, los siguientes elementos: célula, cromosoma, gen, ADN, organismo, núcleo. Empieza con el más grande.

--	--	--	--	--	--	--

¿Dónde crees que se localiza el ADN?

En el corazón principalmente.

En los genes.

Solamente en las células reproductoras.

Únicamente en los fósiles.

Solamente debajo de las uñas.

¿Por qué crees que es importante el ADN para los seres vivos?

Porque a partir de él se pueden hacer clones.

Porque el ADN de padres e hijos es exactamente el mismo.

Porque contiene la información necesaria para el funcionamiento de la célula y, por extensión, del organismo.

Porque nos aporta energía para que podamos vivir.

¿Dónde crees que se localizan los genes?

En los cromosomas.

En el corazón principalmente.

Solamente en las células reproductoras.

Únicamente en la sangre.

¿De qué crees que están hechos los genes?

Mayoritariamente de agua, como el citoplasma de las células.

De ADN y proteínas.

De células.

Sólo de ADN.

¿Por qué crees que son importantes los genes?

Porque son los responsables de las características que posee una persona.

Porque necesitamos fabricarlos a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características físicas.

Porque si mutan nos podemos transformar.

Porque en ellos “está escrito” los años que vamos a vivir.

¿Dónde crees que se localizan los cromosomas?

En el corazón principalmente

En los genes

En cualquier célula

Solamente en los órganos genitales

¿De qué sustancia están hechos los cromosomas?

De ADN y proteínas.

De sustancias como glúcidos y/o lípidos.

De tejido conjuntivo.

Solo de ADN.

¿Por qué son importantes los cromosomas?

Porque están formados por genes, los cuales determinan cómo es un ser vivo.

Porque son los responsables de que nuestro cuerpo se mantenga en buen estado.

Porque son fácilmente manipulables, pudiendo cambiarlos, aumentar o disminuir su número para mejorar nuestra salud.

Porque están en las células sexuales.

Cuando un óvulo y un espermatozoide se unen en el proceso de reproducción, dan lugar a una célula llamada cigoto que poco a poco crece y se divide en otras células para dar lugar a un nuevo individuo. Estas células “saben” lo que tienen que hacer para formar un nuevo ser. ¿De dónde obtienen la información que necesitan?

De la madre. Puesto que la gestación ocurre en el útero materno, es la madre la única que determina cómo va a ser su hijo/a.

Del óvulo y del espermatozoide. El cigoto hereda la información genética del óvulo y del espermatozoide que es la que determina cómo va a ser el futuro individuo.

Del óvulo si el nuevo individuo es niña y del espermatozoide si es niño. Dado que el óvulo procede de la madre, la información genética que lleve es la única que determina el desarrollo de la niña. Al contrario, si es niño.

Ninguna de las anteriores. Cada célula lleva su propia información genética, de forma que cada una “sabe” qué hacer independientemente de las demás.

¿Existe alguna relación entre los caracteres que heredamos y las células de nuestro cuerpo?

Sí. Las estructuras responsables de los caracteres que heredamos están en todas las células de nuestro cuerpo.

No. Las células sólo sirven para formar los tejidos y los órganos de nuestro cuerpo.

No. Si las estructuras responsables de los caracteres que heredamos entran en contacto con las células, éstas se destruyen.

Sí. Las estructuras responsables de los caracteres están exclusivamente en las células reproductoras (óvulos y espermatozoides).

De las siguientes estructuras celulares, indica cuáles están relacionadas con la herencia genética (puedes elegir más de una estructura celular).

	<b>Relacionada con la herencia genética</b>
<b>Aparato de Golgi</b>	SI/NO
<b>Lisosomas</b>	SI/NO
<b>Núcleo</b>	SI/NO
<b>Vacuolas</b>	SI/NO
<b>Ribosomas</b>	SI/NO
<b>Retículo endoplásmico rugoso</b>	SI/NO
<b>Membrana plasmática</b>	SI/NO
<b>Mitocondrias</b>	SI/NO
<b>Citoplasma</b>	SI/NO
<b>Cloroplastos</b>	SI/NO

