

Significados sobre genética transmitidos por el cine y la educación formal

Genetics meanings conveyed by films and formal education

Ana María Abril Gallego⁽¹⁾

Francisco Javier Muela García⁽²⁾

(1) Departamento de Didáctica de las Ciencias, Universidad de Jaén

(2) Colegio Marcelo Spínola, Jaén

Resumen: La genética es uno de los temas científicos que más impacto tienen en la actual sociedad del conocimiento. Pero a su vez el aprendizaje de estos contenidos se configura como uno de los problemas más generalizados en la educación formal. El objetivo de este trabajo es analizar si existe relación entre las ideas sobre genética transmitidas por las películas que los estudiantes ven y sus ideas previas, descritas previamente en la bibliografía, y tomando como referencia los significados transmitidos por los libros de texto. Tras este estudio proponemos que los significados transmitidos por las películas pueden reforzar, o incluso generar, las ideas erróneas de los estudiantes, convirtiéndose así en obstáculos de aprendizaje.

Palabras clave: Aprendizaje de la genética, ideas previas, cine, obstáculos de aprendizaje, libros de texto.

Abstract: Genetics is one of the scientific topical aspects in the current society, but it has been shown that it is one of the most difficult contents to learn and to teach in the formal education. The main aim of this paper is to find out whether the genetic concepts conveyed by films could generate or encourage students' misconceptions in this area. To that end, three sources of conceptions were compared: students' previous ideas, concepts presented by teachers and concepts conveyed by films. The study reveals that the concepts conveyed by films can reinforce students' misconceptions and become learning barriers.

Key Words: Learning about genetics, previous ideas, films, learning obstacles, textbooks.

(Fecha de recepción: julio, 2014, y de aceptación: agosto, 2015)

DOI: 10.7203/DCES.29.3908

1. *Introducción*

La genética en la actualidad educativa

En los últimos años, ha habido un rápido incremento en el desarrollo de un conjunto de tecnologías genéticas con importantes implicaciones económicas, éticas y sociales (Venville y Donovan, 2007; Eijck, 2010), mostrándonos que esta disciplina está considerada como una ciencia altamente dinámica (Braam, 2009). La importancia en la sociedad actual, así como su continua evolución en conocimientos, ha generando la necesidad de que el gran público comprenda los principales conceptos relacionados con la biotecnología (Klop y Severiens, 2007).

Los jóvenes forman parte de una sociedad en la que las tecnologías genéticas son y serán hechos cada vez más cotidianos, y se les demandará que tomen decisiones personales y fundamentadas al respecto (Dawson y Venville, 2009; Tsui y Treagust, 2010). Por ello, la educación formal en el ámbito de las ciencias persigue, en la actualidad, una alfabetización científica que forme ciudadanos que puedan participar y dar respuestas en una sociedad con un alto grado de desarrollo científico y tecnológico (Eijck, 2010; Tsui y Treagust, 2010) permitiendo así la adquisición de las competencias básicas que se contemplan en la actual legislación.

El conocimiento y comprensión de los jóvenes sobre temas científicos en general, y genéticos en particular, así como sus opiniones y actitudes, se

deben en parte a la enseñanza formal que reciben en la escuela, pero debido al tratamiento social se accede a contenidos genéticos en el ámbito cotidiano, contenidos que en muchos casos no se aproximan al conocimiento científicamente aceptado.

Pero hay que reconocer que el tema de la genética plantea dificultades a la hora de llevarlo a las aulas (Yilmaz y otros, 2011; Tsui y Treagust, 2010). Aunque recientes investigaciones sugieren la necesidad de incluir conceptos genéticos en el currículum de educación primaria (Venville y Donovan, 2007; Duncan y otros, 2009), en España, el estudio de la genética y la herencia biológica es un punto central en el cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO, 15-16 años). Es en este curso cuando se profundiza en el estudio de temas como la división celular (mitosis y meiosis), árboles genealógicos, herencia mendeliana, material genético, genes, estudio del ADN, mendelismo, genética humana, el código genético, las mutaciones, ingeniería genética, clonación, origen y evolución de los seres vivos, teorías fijistas y evolucionistas, teorías actuales de la evolución, gradualismo o equilibrio puntuado. Estos contenidos se encuentran insertos en la asignatura Biología y Geología, que es optativa para el estudiante, y en general poco solicitada por los mismos, por lo que es frecuente que los estudiantes terminen sus estudios obligatorios sin haber tenido acceso al estudio de la genética, con todo lo que ello conlleva. Teniendo en cuenta la situación curricular en el

Sistema Educativo Español, parece que esperar hasta el cuarto curso de ESO para abordar contenidos genéticos sería demasiado tarde, si lo que pretendemos es que los estudiantes utilicen la educación formal para explicar el mundo cotidiano que les rodea, ya que muchos de los contenidos genéticos los tienen accesibles desde edades muy tempranas, tal y como comentaremos posteriormente.

La genética en los libros de texto

En cuanto a los significados implementados, existen estudios que aseguran que los libros de texto son los materiales institucionales más ampliamente utilizados por el profesorado (Chen y Raffan, 1999; Martínez-Gracia y otros, 2003). Somos conscientes de que los libros de texto en algunos casos transmiten errores conceptuales que de forma sistemática se implementan en la educación formal (Martínez-Gracia y otros, 2003), pero en este estudio entendemos que más que errores conceptuales, en cuarto curso de ESO, se omiten los aspectos más actuales en la presentación de los contenidos a estudiar.

Por lo tanto partimos del hecho de que, en general, el profesorado de ESO utiliza casi de forma exclusiva los libros de texto en sus clases, los cuales siguen al pie de la letra, transmitiendo así determinados significados. En el presente trabajo se utilizan éstos como significados institucionales transmitidos para compararlos con las ideas previas de los estudiantes.

Ideas previas de los estudiantes y dificultades de aprendizaje

Existen trabajos de investigación que han puesto de manifiesto que el aprendizaje sobre temas genéticos es menos significativo de lo que cabría esperar (Collins y Stewart, 1989; Brown, 1990; Heim, 1991). A lo largo del tiempo ha habido investigadores interesados en analizar las causas que dificultan el aprendizaje de los contenidos de genética. En este sentido, Deadman y Kelly (1978) consideran que *“la inapropiada comprensión de la probabilidad o la ausencia de un concepto simplificado de la herencia mendeliana eran algunos de los mayores obstáculos para el desarrollo de conceptos más elaborados”*. Desde entonces hasta la actualidad, otros autores han intentado determinar los contenidos más difíciles de aprender o de explicar sobre herencia y genética, e incluso han propuesto posibles alternativas didácticas (Johstone y Mahmound, 1980; Finley y otros, 1982; Banet y Ayuso, 1995; Bahar y otros, 1999; Lewis y otros, 2000a; Lewis y otros, 2000b; Wood-Robinson y otros, 2000; Tsai y Huang, 2001; Smith y Williams, 2007; Venville y Donovan, 2007). Por su parte, Tsui y Treagust (2010) apuntan como una de las causas posibles de esta dificultad la necesidad de desarrollar por parte del alumnado lo que ellos denominan *“multilevel thinking”*.

Estos estudios son muy útiles cuando el objetivo es determinar qué retuvo el alumno de la enseñanza de años

anteriores sobre un determinado tema. Pero no hay que olvidar que el alumnado accede a los estudios de genética con unas ideas que son fruto de su experiencia personal y social.

En este sentido, en los últimos 30 años se ha venido desarrollando un movimiento en investigación didáctica interesado por descifrar diferentes aspectos sobre las concepciones de los alumnos, las formas de razonamiento o los modelos mentales (Pintó y otros, 1996). Las investigaciones sobre concepciones alternativas pusieron de manifiesto que aprender el contenido no es tan sencillo como se pensaba, es decir, el proceso de aprendizaje se ve ahora no sólo como un cambio conceptual sino también como un cambio ontológico, epistemológico, metodológico y axiológico. Estos estudios se dirigieron hacia diferentes aspectos como son i) el análisis de la dificultad e importancia del tema, ii) de la conveniencia o no de incluirlo en el currículo de secundaria o iii) sobre la resolución de problemas de genética y su relación con el conocimiento conceptual (revisado en Bugallo Rodríguez, 1995). Existen algunas investigaciones en este campo como por ejemplo aquellas sobre el concepto de “mutación” (Albadalejo y Lucas, 1988; Mahadeva y Randerson, 1982), u otros sobre temas más generales de genética (Hackling y Treagust, 1984; Kargbo y otros, 1980). Por último señalar que, más recientemente, un grupo de investigaciones se han centrado en el estudio de los significados de algunos concep-

tos genéticos (Gericke y Hagberg, 2007; Flodin, 2009; Smith y Adkinson, 2010)

Los medios de comunicación y la genética

El alumnado accede a los estudios de genética con ideas que son fruto de su experiencia personal y social en la cual intervienen en gran medida los medios de comunicación (Biesboer, 2003; Knipfels y otros, 2009). Las noticias sobre genética o biología molecular están de actualidad.

Desde los medios de comunicación estos temas llegan directamente a los alumnos; de hecho algunos estudios sugieren que los medios son los principales responsables de transmitir este tipo de información (Aikenhead, 1988; Fort y Varney, 1989; Matthews y Davies, 1999). En este sentido, el que los medios de comunicación continuamente traten estos temas podría dar al alumnado la falsa impresión de conocerlos e incluso dominarlos (McSharri, 2002; Brewer y Ley, 2010). En concreto y sobre las películas que los estudiantes ven, existen estudios que relacionan directamente la imagen que sobre la ciencia y los científicos transmiten las películas (de ciencia ficción en este caso) con la idea que sobre estos aspectos tienen los estudiantes (Petit y Solbes, 2012).

En resumen, el amplio desarrollo social que la genética está adquiriendo, su gran difusión en los medios de comunicación a través de películas, la incorporación de esta materia en el currículo de la ESO, las dificultades encontradas

en la escuela por diferentes causas tanto en la enseñanza como en el aprendizaje de la genética y la herencia, etc., son algunas de las razones que hacen necesaria una investigación en profundidad en didáctica de la genética, de cara a mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje de esta materia.

2. *Objetivos*

Como objetivo general se plantea analizar si la naturaleza de los significados transmitidos por las películas que los jóvenes (14-15 años) ven podrían configurarse como obstáculo en la construcción de conocimiento significativo o reforzar los errores conceptuales de sus ideas previas. Este objetivo general se puede descomponer en los siguientes objetivos específicos:

- Analizar los significados sobre genética presentes en algunos de los libros de texto más comúnmente utilizados en las aulas.
- Extraer de la bibliografía aquellas ideas previas que poseen los estudiantes de ESO en relación al material genético y a su modificación o manipulación.
- Analizar los significados transmitidos sobre genética en las películas más vistas por los jóvenes.
- Comparar los significados transmitidos por las películas con los personales de los estudiantes para esclarecer si los primeros podrían configurarse como obstáculo didáctico o reforzar los errores en los segundos (tomando como base los

significados expuestos en los libros de texto).

Se establece por tanto la siguiente hipótesis de trabajo: los significados que sobre genética transmiten las películas originan o facilitan ideas previas erróneas en los estudiantes, lo que podría dificultar la construcción de conocimiento significativo en la educación formal, y por tanto, su desarrollo integral como ciudadano de la actual sociedad del conocimiento.

3. *Metodología*

Significados implementados en la educación formal

Los significados sobre genética implementados por el profesorado, en la mayoría de los casos, coinciden en gran medida con los significados transmitidos por los libros de texto. Partiendo de esta idea, se han analizado los libros de texto de algunas de las editoriales más utilizadas en los centros educativos de la Comunidad Autónoma de Andalucía: SM (Sm), Anaya (An), Edelvives (Ed) y Guadiel (Gu). Para el análisis de los significados se han establecido unas categorías y subcategorías en base, por un lado, a la estructura de estos contenidos en el currículo oficial, y por otro lado, a la revisión bibliográfica realizada (Tabla I).

Dos expertos, de manera independiente, han analizado los contenidos relacionados con material genético y manipulación y/o modificación del mismo, adjudicando dichos contenidos

Tabla I.
Categorías y subcategorías para el análisis de significados

Categoría	Subcategoría
Material genético	Naturaleza Localización Función
Modificación y manipulación del material genético	Mutación Evolución Clonación

Fuente: elaboración propia

a alguna de las categorías anteriormente mencionadas, siendo total la coincidencia entre ambos análisis. Los conceptos identificados como similares en diferentes libros de texto o en diferentes partes del mismo se han incluido bajo una misma descripción, de tal forma que en la tabla de resultados se agrupan aquellos contenidos similares en una misma celda.

Con respecto a la categoría “Material genético” se incluyen los significados que aluden a cualquier tipo de manifestación del mismo, es decir tanto al ADN, gen o cromosoma.

Ideas previas de los estudiantes

En la bibliografía especializada existe gran cantidad de artículos interesados por explicitar las ideas previas de los estudiantes sobre genética. Aunque los autores han determinado con un grupo de estudiantes las ideas previas relacionadas tanto con el material genético

como con su modificación en trabajos anteriores (ver Muela y Abril, 2014), en el presente trabajo se ha decidido plasmar las ideas previas de los estudiantes a través de una revisión bibliográfica de los artículos anteriormente mencionados, de los que se han extraído aquellas ideas relacionadas con la naturaleza, localización y función del material genético, así como aquellas relacionadas con la modificación y manipulación de dicho material genético (mutación, evolución y clonación).

Significados transmitidos por el cine

Para conocer el origen del conocimiento de los estudiantes sobre diferentes aspectos de genética se ha recurrido a la realización de un cuestionario de opción múltiple, el cual fue respondido por estudiantes de tercer y cuarto cursos de ESO, es decir, antes y después respectivamente, de haber recibido educación formal sobre los contenidos de genética. En primer lugar se les preguntó si habían oído hablar de algunos conceptos de genética (ADN, mutación y clon). A continuación, a aquellos estudiantes cuya respuesta fue afirmativa, se les preguntó sobre cuál había sido la fuente de información, y gran parte de ellos indicaron los medios de comunicación (televisión, películas, etc.). Puesto que los medios engloban muy diferentes formatos, decidimos centrarnos en las películas como origen de conocimiento. Por lo tanto, se les preguntó sobre qué películas habían visto, de una lista

en las que se incluían aquellas más actuales y con contenido de genética. A continuación se realizó un análisis de contenido (Cabrera Ruiz, 2009) a las películas con contenido genético más vistas por los estudiantes.

Aquellas secuencias incluidas en las películas seleccionadas donde se aborda algún contenido genético se identifican como *unidades de análisis* consideradas desde el momento en que se hace referencia a contenidos genéticos (de manera implícita, explícita, visual o sonora) hasta que desaparece cualquier alusión a dichos contenidos.

A través de las fases de preanálisis, transformación del material e integración significativa de los contenidos, se han generado tablas donde incluir,

entre otros aspectos, las unidades de análisis, las unidades de muestreo (conceptos genéticos), las unidades de registro (significados transmitidos) y las unidades de contexto (texto analizado) (Vilchez, 2004; Krippendorff, 1980).

En el caso que nos ocupa, las categorías de análisis son categorías de asunto (genética) y de dirección (cómo se trata la genética). Las categorías y subcategorías se establecen de la misma manera que en el caso de los significados transmitidos por los libros de texto (Tabla I).

Para el análisis detallado de las secuencias se ha utilizado una tabla de doble entrada, según se ejemplifica en la Tabla II.

Tabla II. Ejemplificación del instrumento de recogida de significados transmitidos por las películas

Sec	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	1:00-3:50	<p>En primer plano aparece un ser humano adulto dentro de una cápsula semitransparente con líquido en su interior. Un técnico procede a abrir la cápsula, se observa cómo le suministran oxígeno y el ser humano comienza a respirar. Dicen <i>“Bienvenido al mundo”</i> y <i>“Creo que es un buen producto”</i>. Tras pasar un breve reconocimiento médico lo etiquetan.</p> <p>Se observa un gran almacén de cápsulas semitransparentes con seres humanos en su interior en diferentes estadios de desarrollo (siempre en edad adulta), y cómo a través de conductos se les suministran los nutrientes necesarios.</p>	Clonación	Incorrecto. Elaboración de un clon en edad adulta.

Fuente: elaboración propia

Los codificadores, encargados de asignar las unidades de análisis a las categorías son especialistas en Genética (un licenciado en Biología y profesor de genética en ESO, y una doctora en Biología Molecular y profesora de Universidad). Tras el entrenamiento, familiarización y compenetración de los codificadores se elaboró una hoja de codificación donde se explicitan las diferentes condiciones en que puede manifestarse una categoría o subcategoría (sonora, visual, explícita, implícita). Se realizó una codificación provisional con dos de las seis películas obteniéndose consenso en la totalidad de las unidades de análisis identificadas y categorizadas. Por último se determinó la confiabilidad intercodificadores (Cabrera, 2009) calculando el porcentaje de acuerdo entre los codificadores con respecto a dos aspectos: i) el número de unidades de análisis identificado; ii) la coincidencia en asignar categoría a cada unidad de análisis.

4. Resultados y análisis

Significados implementados en la educación formal

Partiendo de la idea de que los significados transmitidos por los libros de texto son los que generalmente se implementan en el aula, éstos han sido la referencia utilizada como significados implementados en la educación formal.

A continuación se muestra un análisis de contenido realizado a los libros de texto más utilizados por el profesorado

en la Comunidad Autónoma de Andalucía: SM (Sm), Anaya (An), Edelvides (Ed) y Guadiel (Gu). Para dicho análisis se ha utilizado la misma categorización que se muestra en la Tabla I.

En la Tabla III se muestra el resumen de los significados identificados en los libros de texto analizados, para cada una de las categorías establecidas.

Con respecto a la categoría “Material genético” todos los libros analizados describen la naturaleza del material genético haciendo alusión a la composición química del ADN, se identifica el gen como un segmento de ADN, y el cromosoma como una sucesión de genes; este último significado omite los más actuales de gen (Smith y Adkinson, 2010). En relación a la función, se observan los grupos analizados también por Flodin (2009), “gen como un carácter” y “gen como una estructura de información”, aunque están ausentes grupos tales como “gen como algo activo”, “gen como regulador” y “gen como marcador”.

La localización del material genético debe hacer alusión tanto al nuclear como al presente en mitocondrias y cloroplastos. En los libros de texto analizados, solamente se hace referencia al ADN de mitocondrias y cloroplastos para relacionarlo con los orgánulos correspondientes, pero no se profundiza, por ejemplo, en la existencia o identificación de alteraciones o enfermedades asociadas a este material genético.

Las tres subcategorías relacionadas con “Modificación y manipulación del material genético” están presentes en los libros de texto, aportando diferen-

Tabla III. Significados localizados en los libros de texto

Categoría/Subcategoría	Significado	Editorial	
Material Genético	Naturaleza	Fragmento, segmento o molécula de ADN	Ed, Sm, An
		Gen como fragmento situado uno a continuación del otro	Gu, An
		Conjunto de nucleótidos contiguos que determina la secuencia de aminoácidos de un polipéptido	Ed
		Cromosomas formados por genes	Sm, An
		ADN como doble cadena helicoidal formada por 4 nucleótidos (ACTG)	Ed, Sm, An
		El ADN se empaqueta y forma cromosomas	Ed, Sm, Gu, An
	Localización	En el interior del núcleo, mitocondrias y cloroplastos	Ed, Sm, Gu, An
	Función	Expresa la información para un determinado carácter	Ed, Sm, Gu,
		Transmite la información genética a otras células u organismos descendientes	Ed, Sm, An
	Modificación y manipulación del material genético	Mutación	Cambio en un carácter que aparece de forma súbita (cambio brusco) por alteración del gen que lo determina
Cambio espontáneo que se produce en el ADN nuclear, tanto en células somáticas (no se hereda) como en células germinales (se hereda), que afecta al funcionamiento de los genes			Ed, Sm, An
Aspecto beneficioso desde el punto de vista evolutivo. Mutación como fuente de la variabilidad genética de la descendencia			Ed, Sm, Gu,
Evolución		Cambio en una especie a lo largo del tiempo	Sm, Gu, An
		Relación evolutiva como % de ADN compartido, como % de aminoácidos compartidos en una secuencia de proteína concreta o como similitud en rutas metabólicas entre especies	Ed
		La evolución se explica a través de la variación (originada por mutación) y la adaptación (por selección natural)	Sm, Gu, An
		Evolución como consecuencia de la adaptación al medio	Sm, Gu, An
Clonación		Introducir un fragmento de ADN de cualquier especie en un vector de clonación para lograr muchas copias de él o para expresarlo en una célula	Ed, An
		Producción de muchas copias de ADN mediante repetidos ciclos de replicación	Ed
		Método que permite desarrollar un animal o una planta a partir de la división de embriones tempranos o de la sustitución del núcleo de un óvulo sin fecundar por el de una célula somática a través de las actuales técnicas de ingeniería genética. Necesidad de una hembra donde se implante el óvulo modificado.	Sm

Fuente: Elaboración propia

tes significados en cada una de ellas, pudiéndose agrupar dichos significados en aspectos *macro* o *micro* de cada significado. Por ejemplo, “mutación” se define en los libros de texto analizados con diferente grado de profundidad. En la Tabla III se puede observar una primera definición más genérica (*macro*) haciendo hincapié en el cambio fenotípico, y una segunda más orientada hacia el nivel molecular (*micro*) diferenciando aquellas mutaciones que se producen en células germinales, y que por tanto pueden ser heredadas, de aquellas que se producen en células somáticas, surgiendo en este caso el concepto de cáncer.

El término “evolución” se muestra también desde dos puntos de vista, a nivel de especie (*macro*) como cambio en una especie determinada a lo largo del tiempo o como la causa para la adaptación de esta especie al medio, y a nivel molecular (*micro*) donde se hace alusión a cómo identificar relaciones evolutivas.

Por último, la clonación de nuevo se muestra desde dos aproximaciones, según se emplee en organismos superiores con el sentido de hacer una copia del organismo (*macro*) o bacterias con el sentido de elaboración de vectores para la amplificación de material genético (*micro*). En el primer caso se hace alusión explícita de la necesidad de una hembra para implantar el óvulo modificado.

Ideas previas de los estudiantes

Hay muchas investigaciones que han tratado de identificar los signifi-

cados personales (o ideas previas) de los estudiantes en relación a diferentes conceptos de genética. En la Tabla IV se muestra una selección de aquellos significados identificados por otros investigadores, que están relacionados con las categorías y subcategorías de este trabajo y que se han detectado en los contenidos de las películas analizadas (las referencias originales se encuentran en Muela y Abril, 2014).

Algunos de los significados personales muestran la confusión entre el aspecto *macro* y *micro* de determinados aspectos: un claro ejemplo es sobre la naturaleza del material genético, donde se confunde el sexo de los humanos con que la pareja 23 de cromosomas sea XX ó XY según se trate de mujer u hombre respectivamente.

Por otro lado existen diferentes significados personales relacionados con mutación, evolución o clonación que hacen alusión a una visión lamarckiana de la herencia de caracteres (ver asteriscos en Tabla IV). Por último, se han incluido algunos significados personales que, aunque directamente no hacen alusión a las subcategorías analizadas en este estudio, creemos que impiden su correcto entendimiento (por ejemplo, el hecho de no distinguir entre células somáticas y células sexuales dificulta la comprensión de que determinadas mutaciones se hereden y otras no). Las ideas previas que se muestran en la revisión bibliográfica de la Tabla IV coinciden en gran medida con las que tienen una muestra de estudiantes de ESO de la Comunidad Autónoma de

Tabla IV. Revisión bibliográfica de los significados personales de los estudiantes

Categoría/Subcategoría	Significado personal	
Material Genético	Naturaleza	Los cromosomas son masculinos (Y) o femeninos (X)
	El ADN se considera abiótico, como un código de barras, que puede usarse para identificación	
	Poca comprensión de términos básicos como gen, cromosoma, alelo, gameto o cigoto	
	No se relacionan conceptos como gen/alelo, alelo/cromosoma, gameto/cromosoma o gen/carácter	
	Localización	Gen y ADN se localizan en lugares totalmente diferentes
	Los árboles, los helechos, los virus o las bacterias no contienen información genética	
	No todas las células tienen cromosomas	
	Función	No existe relación entre el mecanismo de la herencia y los genes o el ADN
	Transferencia de caracteres hereditarios que no han sufrido cambio	
Modificación y manipulación del material genético	Mutación	Mutación es cualquier cambio que tiene lugar en un organismo
	Las mutaciones son perjudiciales, connotación negativa	
	Las mutaciones se originan para sobrevivir a los cambios del entorno (*)	
	Evolución	Las características de los organismos dependen más del entorno que de factores hereditarios (*)
	No se han superado ideas previas lamarckianas	
	Confusión entre lo que ocurre a nivel de individuo u organismo y lo que ocurre a nivel de especie o población	
	Adaptación gradual de los organismos vivos a las condiciones del entorno (*)	
	No se distingue entre células somáticas y gametos	
	Los cambios somáticos que ocurren a lo largo de la vida se pueden heredar (especialmente si éstos se repiten a lo largo de varias generaciones)	
	Dificultad para entender variaciones intraespecíficas o el origen y mantenimiento de caracteres	
	Clonación	Clonar como sinónimo de “copiar” o “duplicar” algo
	Confusión entre clonación e ingeniería genética	
	Se acepta la posibilidad de elegir genéticamente características humanas que tienen un fuerte componente medioambiental (inteligencia, agresividad, fuerza física, bondad, etc.)	
	Los clones humanos son completamente idénticos, incluidas las características mencionadas anteriormente	

(*) Indican aquellas concepciones relacionadas con ideas lamarckianas en evolución. Gran parte de la información se ha extraído de Banet y Ayuso (2003).

Fuente: Elaboración propia

Andalucía, tanto antes como después de la educación formal (Muela y Abril, 2014).

Significados transmitidos por las películas

La educación formal relacionada con la genética en España se trabaja en 4º curso de ESO como ya se ha comentado anteriormente, pero los estudiantes desde mucho antes han construido ideas relacionadas con estos contenidos, generalmente a través de su entorno cotidiano no escolar.

En estudios previos se detectó que el origen de las concepciones de los estudiantes sobre ciencia (y su imagen) o sobre genética en particular son, en gran medida, las películas (Ríos y Solbes, 2002; Muela y Abril, 2014). Así mismo, en Reis y Galvão (2004) se encontró que la televisión era el origen de las concepciones sobre la actividad científica y tecnológica en un 53,6% de los casos.

A continuación, y centrándonos en las películas como fuente de información, se realizó una consulta a los mismos estudiantes para conocer cuáles eran las películas con contenido genético que eran vistas por ellos. Se muestran los resultados en la Tabla V.

Una vez identificadas aquellas películas más vistas por los estudiantes, se realizó el análisis de los significados transmitidos por las mismas. El diseño y elaboración de los instrumentos de análisis se basaron en los trabajos de Vilchez (2004) y Krippendorff (1980). Las unidades de análisis fueron identificadas y clasificadas por dos codificadores de manera independiente con una confiabilidad intercodificadores del 88,7 %. Hubo un total de 55 unidades de análisis identificadas, de las cuales 53 fueron identificadas por ambos codificadores, las cuales fueron utilizadas para el estudio. De estas unidades de análisis, 47 fueron incluidas en las mismas categorías de manera independiente por los codificadores; para asig-

Tabla V. Películas más vistas por los estudiantes

Película	Antes (3º ESO) % de estudiantes (n = 119)	Después (4º ESO) % de estudiantes (n = 71)
Spiderman (Sp)	83.2	80.0
La Isla (Ti)	69.0	57.1
Parque Jurásico (Jp)	54.6	81.4
Los Cuatro Fantásticos (Ff)	52.1	62.9
X-Men (Xm)	35.3	57.1

Fuente: elaboración propia

nar la categoría a las 6 restantes unidades de análisis se recurrió al debate conjunto y a la puesta en común de los diferentes criterios utilizados para la categorización, llegando al final a un acuerdo total. Por lo tanto el número de unidades de análisis consideradas fueron 53. De estas, el 17 % tuvieron una duración de menos de 30 segundos; el

72 % entre 30 segundos y 3 minutos; y el 11% superaron los 3 minutos.

Los resultados del análisis de los significados transmitidos por las películas se muestran en la Tabla VI.

Con respecto a la categoría “Material Genético” y a la subcategoría “Naturaleza”, el significado general transmitido por las películas se centra en la secuencia de nucleótidos, una secuencia de

Tabla VI. Significados transmitidos por cada una de las películas analizadas

Categoría/Subcategoría		Significado transmitido por las películas	Película	Tipo de manifestación
Material Genético	Naturaleza	Molécula de ADN aislada	Sp, Jp	V, E
		Nucleótidos como “unidades genéticas”	Jp	V, S, E
	Localización	Pelo o gota de sangre, sin alusión a las células o a sus núcleos	Jp	S, V, E
	Función	“Fabricar” o “producir” nuevos individuos, nuevas especies	Jp, Sp	S, V, E,
Modificación y manipulación del material genético	Mutación	El entorno ha actuado para producir la mutación. En algunos casos se hace alusión explícita a la radiación	Ff, Sp, Xm	S, V, E, I
		La mutación es la clave de nuestra evolución	Xm	S, E
		Los mutantes son especiales y diferenciables enotípicamente	Xm, Ff	V, E
		Mutantes son personas con poderes especiales	Xm, Ff, Sp	S, V, E
	Evolución	Producida por el entorno: exposición de la tierra a una gran tormenta cósmica provocada por el Sol	Ff	S, V, E
		La evolución es un proceso lento	Xm, Ti	S, E
	Clonación	Se presentan los clones “generados” en edad adulta	Ti	S, V, E
		Los clones no son humanos	Ti	S, V, E
		El clon ha heredado los recuerdos de la persona que ha sido clonada	Ti	S, V, E

Además se incluye el tipo de manifestación en que los significados han sido transmitidos (S, sonora; V, visual; E, de manera explícita; I, de manera implícita).

Fuente: elaboración propia

letras, sin relacionarlo con genes o cromosomas. Esta idea podría tener relación con la preconcepción de los estudiantes de ver el ADN “como un código de barras”. La relación directa entre nucleótidos y unidades genéticas hace confundir los conceptos de nucleótidos y genes que son las unidades genéticas tradicionalmente nombradas así. El significado transmitido por las películas sobre la localización del ADN (pelo o gota de sangre) podría incidir en la idea de que, por un lado, ni las plantas ni los organismos inferiores (sin pelo ni sangre) contienen ADN y, por otro lado, que no todas las células contienen cromosomas. Por último, y dentro de la subcategoría “Función” se difunde la idea de que el material genético “sirve para” fabricar o producir nuevos individuos con determinados caracteres.

Centrándonos en la categoría “Modificación y manipulación del material genético” y en la subcategoría “Mutación”, las películas analizadas transmiten la idea de que el entorno es el que actúa para producir la mutación, lo que favorece la visión lamarckiana que poseen los estudiantes sobre la evolución. En algunos casos se hace alusión a la radiación como el principal elemento mutagénico, como por ejemplo en las siguientes afirmaciones: “*La nube (tormenta cósmica) ha alterado radicalmente nuestro ADN*” (Los Cuatro Fantásticos) o “*La radiación de esta máquina provoca mutaciones en seres humanos ordinarios*” (X-Men).

En ninguno de los anteriores casos se hace alusión a que las mutaciones

solamente se heredarían si afectan a las células sexuales y no a las células somáticas. Por otro lado, y dentro de esta misma subcategoría, en la mayoría de las películas analizadas se ofrece la visión de que “los mutantes” son personas diferenciables fenotípicamente, lo que estaría directamente relacionado con la preconcepción de que una mutación es cualquier cambio (físico) que tiene lugar en un organismo, dejando de lado aquellas mutaciones silenciosas o que no afectan al fenotipo.

En relación con la subcategoría “Evolución” los significados personales relacionados con ideas lamarckianas de la evolución (ver asteriscos en la Tabla IV) concuerdan con el significado transmitido por las películas de que la evolución se produjo por un fenómeno que ocurrió en el medio. Por otro lado se han encontrado secuencias que hacen alusión a que la evolución conlleva largos periodos de tiempo, aunque en ningún caso se relaciona con una especie como conjunto de individuos. Existen evidencias de que en otros productos dirigidos a jóvenes el concepto de evolución se presenta como inmediato (Abril, Muela y Mayoral, 2003).

Si nos centramos en la subcategoría “Clonación” se pueden observar dos aspectos fundamentales en los significados personales: por un lado se identifica clonación como copia, eliminando cualquier contextualización en organismos vivos, y por otro lado se acepta la posibilidad de que los individuos clónicos tengan características del individuo “original” que tienen un gran compo-

nente ambiental. Estas dos visiones podrían verse reforzadas por los significados transmitidos: i) los clones no son humanos, ii) los clones se generan directamente como individuos adultos (sin la alusión ni explícita ni implícita de una gestación humana previa).

5. Conclusiones

A la vista de los resultados obtenidos en este trabajo se extraen conclusiones que pueden dar luz a la cuestión de qué significados genéticos transmiten las películas y de si éstos pueden fomentar o incluso generar ideas previas erróneas en los estudiantes.

Con respecto a la categoría “material genético”, podemos decir que los significados transmitidos por las películas sobre su naturaleza, localización y función tienen cierto grado de coincidencia con las ideas previas de los estudiantes sobre estos aspectos ya que i) fomentan la idea de que el ADN es algo abiótico; ii) no relacionan el ADN con genes y/o cromosomas; iii) no aclaran la localización exacta del ADN. Así mismo estas ideas no están en consonancia con los significados que se implementan en la educación formal. Por lo tanto, sugerimos que los significados que las películas transmiten sobre la naturaleza, localización y función del material genético pueden fomentar las ideas previas erróneas que tienen los estudiantes al respecto, lo que puede dificultar la adquisición de conocimiento más cercano al científicamente aceptado.

Pero donde creemos que la influencia de las películas ha sido mayor es en los conceptos relacionados con la modificación y manipulación del material genético. Los significados que las películas transmiten sobre mutación, evolución o clonación tienen una alta coincidencia con aquellos detectados como ideas previas de los estudiantes por los diferentes investigadores, tal y como ha quedado patente en los resultados. Estos significados transmitidos por las películas no se correlacionan con los significados implementados puesto que relacionan mutación con cambio fenotípico, fomentan una visión lamarckiana de la evolución, identifican la clonación con copia de individuos, etc. Por lo tanto los resultados indican que los significados relacionados con la modificación y manipulación del material genético transmitidos por las películas fomentan e incluso podrían ser los causantes de obstáculos epistemológicos para la construcción del conocimiento genético en la educación formal.

Como se ha indicado a lo largo del trabajo, en la educación formal española, la asignatura donde se incluyen los contenidos de genética analizados es optativa y poco demandada por los alumnos. Por lo tanto los estudiantes que no opten por ella mantendrán sus preconcepciones erróneas (más aún teniendo en cuenta la consistencia de estas preconcepciones a la educación formal), fomentadas o generadas por las películas, para afrontar los problemas científicos de la sociedad en la que actualmente viven. Queda patente por

tanto la importancia de que los significados relacionados con genética transmitidos por las películas deben de revisarse en el sentido de que no generen (ni fomenten) las ideas previas erróneas de los individuos que las visualizan. En este sentido los autores se han propuesto el diseño y la implementación de una secuencia didáctica basada en el análisis de secuencias de películas con contenido genético, de tal forma que los estudiantes puedan explicitar sus ideas previas, compararlas con las transmitidas por las películas, buscar información sobre la posible incorrección de las mismas y debatir en gran grupo las conclusiones a las que han llegado. De este estudio esperamos en breve tener resultados.

6. Referencias bibliográficas

- ABRIL, A.M., MUELA, F.J. y MAYORAL, M.V. (2003). Concepciones sobre genética y biología molecular a través de los medios de comunicación. En *Formación inicial del profesorado en Medios de Comunicación Social* (311-318). Jaén: Ed. Jabalcuz.
- AIKENHEAD, G. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, nº 25, 607-627. DOI: 10.1002/tea.3660250802.
- ALBALADEJO, C. y LUCAS, A.M. (1988). Pupils' meanings for 'mutation'. *Journal of Biological Education*, nº 22, 215-219. DOI: 10.1080/00219266.1988.9654986
- BAHAR, M., JOHNSTONE, A.H. y SUTCLIFFE, R.G. (1999). Investigation of students' cognitive structure in elementary genetics through word association tests. *Journal of Biological Education*, nº 33, 134-141. DOI: 10.1080/00219266.1999.9655653
- BANET, E. y AYUSO, E. (1995). Introducción a la Genética de la enseñanza secundaria y bachillerato: 1. Contenidos de enseñanza y conocimientos de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, nº 13, 137-153. Recuperado de <http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v13n2p137.pdf>
- BANET, E. y AYUSO, G.E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, nº 25, 373-407. DOI: 10.1080/09500690210145716
- BIESBOER, F. (2003). *Genomics. Dreams, fears and fantasies. Public embedding of genomics research*. The Hague, Netherlands: Genomic Initiative.
- BRAAM, R. (2009). Everything about genes: some results on the dynamics of genomics research. *Scientometrics*, nº 79, 61-77.
- BREWER, P.R. y LEY, B.L. (2010). Media use and public perceptions of DNA evidence. *Science Communication*, nº 32, 93-117. DOI: 10.1177/1075547009340343.
- BROWN, C.R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students

- respondig to an advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*, n° 24, 182-186. DOI: 10.1080/00219266.1990.9655138
- BUGALLO RODRÍGUEZ, A. (1995). La didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, n° 13, 379-385. Recuperado de <http://www.raco.cat/index.php/Enseñanza/article/view/21426/93387>
- CABRERA RUIZ, I. (2009). El análisis de contenido en la investigación educativa: Propuesta de fases y procedimientos para la etapa de evaluación de la información. *Revista Pedagogía Universitaria*, n° 14, 71-93.
- CHEN, S.Y. y RAFFAN, J. (1999). Biotechnology: students' knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of Biological Education*, n° 34, 17-23. DOI: 10.1080/00219266.1999.9655678
- COLLINS, A. y STEWART, J.H. (1989). The knowledge structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, n° 51, 143-149.
- DAWSON, V. y VENVILLE, G.J. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: and indicator of scientific literacy? *International Journal of Science Education*, n° 31, 1421-1445. DOI: 10.1080/09500690801992870
- DEADMAN, J.A. y KELLY, P.J. (1978). What do secondary schoolboys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, n° 12, 7-15. DOI: 10.1080/00219266.1978.9654169
- DUNCAN, R.G., ROGAT, A. y YARDEN, A. (2009). A learning progression for deepening students' understanding of modern genetics across the 5th-10th grades. Special issue on Learning Progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 46, 655-674. DOI: 10.1002/tea.20312.
- EIJCK, M. (2010). Addressing the Dynamics of Science in Curricular Reform for Scientific Literacy: The case of genomics. *International Journal of Science Education*, n° 32, 2429-2449. DOI: 10.1080/09500690903473399
- FINLEY, F., STEWART, J. y YARROCH, W. (1982). Teacher's perceptions of important and difficult science content: The report of a survey. *Science Education*, n° 66, 531-538. DOI: 10.1002/sce.3730660404.
- FLODIN, V.S. (2009). The necessity of making visible concepts with multiple meanings in science education: the use of the gene concept in a biology textbook. *Science and education*, n° 18, 73-94. DOI: 10.1007/s11191-007-9127-1.
- FORT, D. y VARNEY, H. (1989). How students see scientists: mostly male, mostly white, and mostly benevolent. *Science and Children*, n° 26, 8-13.
- GERICKE, N.M. y HAGBERG, M. (2007). Definition of historical

- models of gene function and their relation to students' understanding of genetics. *Science and Education*, n° 16, 849-881. DOI: 10.1007/s11191-006-9064-4.
- HACKLING, M. y TREAGUST, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, n° 21, 197-209. DOI: 10.1002/tea.3660210210.
- HEIM, W.G. (1991). What is a recessive allele? *The American Biology Teacher*, n° 53, 94-97.
- JOHNSTONE, A.H. y MAHMOUD, N.A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, n° 14, 163-166. DOI: 10.1080/00219266.1980.10668983.
- KARGBO, D.B., HOBBS, E.D. y ERICKSON, G.L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, n° 14, 137-146. DOI: 10.1080/00219266.1980.10668980.
- KLOP, T. y SEVERIENS, S. (2007). An exploration of attitudes towards modern biotechnology: A study among Dutch secondary school students. *International Journal of Science Education*, n° 29, 663-679. DOI: 10.1080/09500690600951556.
- KNIPPELS, M.C.P.J., SEVERIENS, S.E. y KLOP, T. (2009). Education through fiction: acquiring opinion-forming skills in the context of genomics. *International Journal of Science Education*, n° 31, 2057-2083. DOI: 10.1080/09500690802345888.
- KRIPPENDORFF, K. (1980). *Content analysis. An introduction to its methodology*. Sage Publications, Inc., Newbury Park.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD-ROBINSON, C. (2000a). All in the genes? - young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education*, n° 34, 74-79. DOI: 10.1080/00219266.2000.9655689.
- LEWIS, J., LEACH, J. y WOOD-ROBINSON, C. (2000b). What's in cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within and individual. *Journal of Biological Education*, n° 34, 129-132. DOI: 10.1080/00219266.2000.9655702.
- MAHADEVA, M.N. y RANDERSON, S. (1982). Mutation: Mumbo jumbo. *Science Teaching*, n° 49, 135-140.
- MATTHEWS, B. y DAVIES, D. (1999). Changing children's images of scientists: can teachers make a difference? *School Science Review*, n° 80, 79-85.
- MARTÍNEZ-GRACIA, M.V., GIL-QUÍLEZ, M.J. y OSADA, J. (2003). Genetic engineering: a matter that requires further refinement in Spanish secondary school textbooks. *International Journal of Science Education*, n° 25, 1148-1168. DOI: 10.1080/0950069022000038222.

- McSHARRY, G. (2002). Television programming and advertisements: help or hindrance to effective science education? *International Journal of Science Education*, n° 24, 487-497. DOI: 10.1080/09500690110078851.
- MUELA, F.J. y ABRIL, A.M. (2014). Genetics and cinema: personal misconceptions that constitute obstacles to learning. *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, n° 4, 260-280. DOI: 10.1080/21548455.2013.817026.
- PETIT, M.F. y SOLBES, J. (2012). La ciencia ficción y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las ciencias*, n° 30, 69-86. Recuperado de: <http://www.uv.es/jsolbes/documentos/EC%2012%20CF.pdf>.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, n° 14, 221-232. Recuperado de http://ddd.uab.cat/pub/edlc/02124521v14n2p221.pdf?origin=publication_detail.
- REIS, P. y GALVÃO, C. (2004). Socioscientific controversies and students' conceptions about scientists. *International Journal of Science Education*, n° 26, 1621-1633. DOI: 10.1080/0950069042000205413
- RIOS, E. y SOLBES, J. (2002). ¿Qué piensan los estudiantes de ciclos de formación profesional sobre la ciencia y la tecnología? Origen de sus concepciones. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, n° 16, 113-133.
- SMITH, A.L. y WILLIAMS, M.J. (2007). "It's the X and Y thing": Cross-sectional and longitudinal changes in children's understanding of genes. *Research in Science Education*, n° 37, 407-422.
- SMITH, M.U. y ADKISON, L.R. (2010). Updating the model definition of the gene in the modern genomic era with implications for instruction. *Science and Education*, n° 19, 1-20. DOI: 10.1007/s11191-008-9161-7.
- TSAI, C-C. y HUANG, C-M. (2001). Development of cognitive structures and information processing strategies of elementary school students learning about biological reproduction. *Journal of Biological Education*, n° 36, 21-26. DOI: 10.1080/00219266.2001.9655791.
- TSUI, C-Y. y TREAGUST, D. (2010). Evaluating secondary students' scientific reasoning in genetics using a two-tier diagnostic instrument. *International Journal of Science Education*, n° 32, 1073-1089. DOI: 10.1080/09500690902951429.
- VENVILLE, G. y DONOVAN, J. (2007). Developing Year 2 Students' Theory of Biology with Concepts of the Gene and DNA. *International Journal of Science Education*, n° 29, 1111-1131. DOI: 10.1080/09500690600931079.
- VILCHEZ, J.M. (2004). *Física y dibujos animados. Una estrategia de alfabetización científica y audiovisual en*

la Educación Secundaria. Tesis Doctoral, Universidad de Granada.

WOOD-ROBINSON, C., LEWIS, J. y LEACH, J. (2000). Young people's understanding of the nature of genetic information in the cells of an organism. *Journal of Biological Education*, nº 35, 29-36. DOI: 10.1080/00219266.2000.9655732.

YILMAZ, D., TEKKAYA, C. y SUNGUR, S. (2011). The comparative effects of prediction/discussion-based learning cycle, conceptual change text, and traditional instructions on student understanding of genetics. *International Journal of Science Education*, nº 33, 607-628. DOI: 10.1080/09500691003657758.