



UNIVERSIDAD DE JAÉN

**FACULTAD DE HUMANIDADES Y
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
DEPARTAMENTO DE DIDÁCTICA DE
LAS CIENCIAS**

TESIS DOCTORAL
**GENÉTICA Y CINE. NATURALEZA Y ORIGEN
DE IDEAS PREVIAS COMO BASE DE UNA
PROPUESTA DIDÁCTICA PARA LA
EDUCACIÓN SECUNDARIA OBLIGATORIA**

**PRESENTADA POR:
FRANCISCO JAVIER MUELA GARCÍA**

**DIRIGIDA POR:
DRA. DÑA. ANA MARÍA ABRIL GALLEGO**

JAÉN, 20 DE NOVIEMBRE DE 2014

ISBN 978-84-8439-966-7

Ana M^a Abril Gallego, Doctor en Ciencias Biológicas y profesora de la Universidad de Jaén.

CERTIFICA: que esta memoria titulada *“Genética y Cine. Naturaleza y origen de ideas previas como base de una propuesta didáctica para Educación Secundaria Obligatoria”* ha sido realizada por Francisco Javier Muela García, bajo mi dirección, y constituye la tesis para optar al grado de doctor por la Universidad de Jaén.

Y para que conste, se presenta esta memoria de tesis doctoral y se firma este certificado en Jaén, Noviembre de 2014.

“La meta principal de la educación es crear hombres que sean capaces de hacer cosas nuevas, no simplemente de repetir lo que otras generaciones han hecho; hombres que sean creativos, inventores y descubridores. La segunda meta de la educación es la de formar mentes que sean críticas, que puedan verificar y no aceptar todo lo que se les ofrece” .

Jean Piaget

"Vivimos en una sociedad profundamente dependiente de la ciencia y la tecnología, y en la que nadie sabe nada de estos temas".

Carl Sagan

AGRADECIMIENTOS

Resulta complicado recordar a todas las personas, conocidas la mayoría, desconocidas algunas, que me han ayudado a desarrollar esta tesis. Es complicado porque hace tanto tiempo que inicié esta aventura, que casi ni yo recuerdo cuando fue el momento en el que se produjo. Sin embargo, y una vez que hago memoria, me siento afortunado de haber podido contar con tanta y tan buena gente que, desinteresadamente, me han dedicado algo que cada vez nos es más preciado: un poco de SU tiempo.

En primer lugar, me gustaría dar las gracias a la Universidad de Jaén, a través del Departamento de Didáctica de las Ciencias, por facilitarme espacios y tiempos para desarrollar mi trabajo. Siempre he encontrado sus puertas abiertas.

Gracias también a todos los miembros del Grupo de Investigación "*Jaén de Didáctica*", siempre se aprende, y mucho, de gente como vosotros.

Y qué decir de mi querida Ana Abril, amiga y directora, por ese orden, sufridora de mis largos paréntesis doctorales e infatigable en su apoyo y dedicación. Gracias por confiar en mí y por contar conmigo para tantas cosas, gracias por esos achuchones que siempre me han animado a seguir, gracias por no mandar esta tesis y a su autor bien lejos después de tantos años. Esta tesis es casi más tuya que mía...

Agradeceros también, cómo no, a todos aquellos que de alguna forma habéis contribuido a que esto salga adelante:

A Luis Ruiz, Gema Parra, Alicia Bravo y M^a del Rosario Fernández, gracias por revisar los cuestionarios y darnos valiosas críticas y sugerencias para mejorarlos.

A Antonio Cobo, M^a Victoria Mayoral, Adoración Quesada, Antonio Medina y otros muchos profesores anónimos que me han ayudado a pasar los test y cuestionarios en sus centros de trabajo, a veces casi contrarreloj. Gracias por dedicar parte de vuestro tiempo a ello sin poner objeciones, gracias por hacerlo siempre diligentes y con una sonrisa.

A los auténticos artífices de que este trabajo vea la luz, mis queridos alumnos, conejillos de indias de investigaciones didácticas y nuevas metodologías. Gracias por vuestra ayuda y por vuestro interés hacía mi trabajo.

A Antonio Quesada y a Marta Romero, gracias por vuestras orientaciones, vuestros consejos y vuestro buen humor. Gracias Marta por revisar el inglés de alguno de nuestros trabajos. Gracias Antonio por proporcionarnos ayuda informática y estadística. Es un lujo poder compartir con vosotros cursos, congresos y seminarios en los que uno aprende bien y mucho.

A José Miguel Vílchez, de cuyos trabajos he bebido mucho en esta tesis. A ti te debo el haberme ayudado a mejorarla con el desarrollo de la propuesta didáctica, después de nuestra conversación cuando visitaste nuestro departamento.

A toda la gente de mi colegio, hermanas y compañeros, gracias por facilitarme el desarrollo de este trabajo. Gracias a la titularidad por permitir mi formación en nuevas metodologías. Gracias a la directiva por darme todas las facilidades para desarrollar la propuesta didáctica.

A mi querido Luichi, por estar siempre ahí, dispuesto a echar una mano, y por el ánimo que, a “su manera”, siempre nos ha transmitido a Ana y a mí. Siento que hayas perdido la apuesta con Ana.

A Paco Valera, por confiar en mí hace muchos años sin apenas conocerme, y por enseñarme muchas cosas de la ciencia y de la vida, cosas que cada día aplico a mi trabajo e intento transmitir a mis alumnos. Has sido, y aún eres, un referente y uno de mis mejores maestros. Gracias por revisar críticamente nuestro primer artículo internacional, aun siendo éste un campo prácticamente desconocido para ti.

A mi panda de amigos, Antonio, Vicky, Alex, Celia, Ceci, Chusi, Fer y Xime, por mostrar siempre interés por mí trabajo y darme ánimos para seguir avanzando.

Y a Carlos, por todo el tiempo que me has dedicado para ayudarme con la maquetación...no va a haber cerveza suficiente con la que compensarte...

A María, Pablo y Javier, mis queridos cachorros, sufridores de mis muchas reuniones y horas de trabajo, horas que en algunos casos he dejado de dedicaros. Ojalá sea capaz de transmitirlos que aprender es bonito y que trabajos como este merecen la pena.

A Ana, compañera infatigable de viaje en esta interminable pero apasionante tesis. Por su ánimo constante, por su ayuda, por las horas que hemos pasado juntos viendo y analizando películas, por estar sentada a mi lado transcribiendo secuencias y entrevistas mientras yo iba escribiendo resultados, por revisar el manuscrito final, por ser hombro donde llorar en los momentos de bajón y por ser la primera en creer que este trabajo saldría... prometo no más dinosaurios, arañas mutantes o superhéroes en un buen puñado de meses.

Y por último, a mis padres, por sus consejos, su cariño y su apoyo constante e incondicional en todos los ámbitos de mi vida, que de alguna forma también quedan reflejados en este trabajo.

INDICE

INDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS.....	17
INTRODUCCIÓN	21
FUNDAMENTACIÓN.....	27
1. Sociedad, medios de comunicación y Genética	29
2. Marcos teóricos en Didáctica de las Ciencias	37
3. Genética en la educación formal.....	47
3.1. Evolución de los contenidos de ciencias y de Genética en el currículo español.....	47
3.2. La Genética en el currículo actual.....	50
3.3. Libros de texto e implementación de contenidos genéticos.....	55
3.4. Conveniencia de la inclusión de contenidos genéticos en el currículo.	55
4. Concepciones de los estudiantes sobre Genética.	59
5. Influencia de los medios en el aprendizaje formal.....	63
DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	68
1. Objetivo general y objetivos específicos.	70
2. Hipótesis de trabajo.....	71
METODOLOGÍA.....	73
1. Naturaleza de las ideas previas.	75
1.1. Naturaleza y consistencia de las ideas previas.	75
1.2. Ideas previas detectadas en trabajos anteriores.....	77
2. Origen de las ideas previas.....	78
3. Significados transmitidos por las películas vs ideas previas de los estudiantes.	79
3.1. Significados transmitidos por las películas	79
3.2. Ideas previas de los estudiantes relacionadas con los significados transmitidos por las películas.....	80
4. Diseño y aplicación de una propuesta didáctica.	82

4.1. Diseño de la propuesta.	82
4.2. Análisis cualitativo.....	83
4.2.1. Entrevistas semi-estructuradas.....	85
4.2.2. Tablas de resultados.....	86
4.2.3. Debate.	87
4.3. Análisis cuantitativo.	87
RESULTADOS.....	91
1. Naturaleza de las ideas previas.	93
1.1. Naturaleza y consistencia de las ideas previas.	93
1.2. Ideas previas detectadas en trabajos anteriores.	112
2. Origen de las ideas previas.	116
3. Significados transmitidos por las películas vs ideas previas de los estudiantes	119
3.1. Significados transmitidos por las películas	119
3.2. Ideas previas de los estudiantes relacionadas con los significados transmitidos por las películas.....	128
4. Aplicación de la propuesta didáctica	132
4.1. Análisis cualitativo.....	133
4.1.1. Entrevistas semi-estructuradas.....	133
4.1.2. Tablas de resultados de los estudiantes	136
4.1.3. Sesión final.	155
4.2. Análisis cuantitativo	175
CONCLUSIONES	186
BIBLIOGRAFÍA	194
ANEXOS.....	212
ANEXO I: Cuestionario validación por expertos	214
ANEXO II: Cuestionario prueba piloto	218

ANEXO III: Cuestionario naturaleza de ideas previas	226
ANEXO IV: Cuestionario origen ideas previas.....	234
ANEXO V: Análisis de películas (preliminar)	238
ANEXO VI: Análisis de películas	242
ANEXO VII: Estructura de la WebQuest.....	254
ANEXO VIII: Transcripción de las entrevistas semiestructuradas.....	258
ANEXO IX: Algunos ejemplos de tablas de análisis de películas generadas por los estudiantes.....	278
ANEXO X: Transcripción del debate en grupo	286
PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.....	308

INDICE DE TABLAS, GRÁFICAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 1. Contenidos relacionados con Genética en la etapa de ESO	53
Tabla 2. Categorías y subcategorías de análisis	80
Tabla 3. Instrumento de recogida de datos del análisis crítico de las películas	87
Tabla 4. Muestra empleada para el estudio	88
Tabla 5. Identificación de algunos términos y su relación con la Genética	116
Tabla 6. Origen del conocimiento de los estudiantes sobre algunos términos relacionados con la Genética	117
Tabla 7. Películas más vistas por los estudiantes.....	120
Tabla 8. Significados transmitidos por cada una de las películas analizadas...	127
Tabla 9. Ideas previas relacionadas con los significados transmitidos por películas que poseen los estudiantes	129
Tabla 10. Análisis a priori de la película La Isla	139
Tabla 11. Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película La Isla realizados por los estudiantes.....	140
Tabla 12. Análisis a priori de la película Los Cuatro Fantásticos	143
Tabla 13. Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Los Cuatro Fantásticos realizados por los estudiantes	144
Tabla 14. Análisis a priori de la película X-Men.....	145
Tabla 15. Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película X-Men realizados por los estudiantes.....	147
Tabla 16. Análisis a priori de la película Spiderman.....	150
Tabla 17. Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Spiderman realizados por los estudiantes	150
Tabla 18. Análisis a priori de la película Parque Jurásico	154
Tabla 19. Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Parque Jurásico realizados por los estudiantes	154
Tabla 20. Análisis del argumento sustantivo 1.....	158
Tabla 21. Análisis del argumento sustantivo 2.....	159
Tabla 22. Análisis del argumento sustantivo 3.....	161
Tabla 23. Análisis del argumento sustantivo 4.....	163

Tabla 24. Análisis del argumento sustantivo 5.....	165
Tabla 25. Análisis del argumento sustantivo 6.....	166
Tabla 26. Análisis del argumento sustantivo 7.....	166
Tabla 27. Análisis del argumento sustantivo 8.....	168
Tabla 28. Análisis del argumento sustantivo 9.....	170
Tabla 29. Análisis del argumento sustantivo 10.....	172
Tabla 30. Análisis del argumento sustantivo 11.....	173
Tabla 31. Puntuaciones del pretest correspondientes al grupo control.....	178
Tabla 32. Puntuaciones del postest correspondientes al grupo control	179
Tabla 33. Puntuaciones del pretest correspondientes al grupo experimental	179
Tabla 34. Puntuaciones del postest correspondientes al grupo experimental	180

GRÁFICAS

Gráfica 1. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 1, tarea A)	94
Gráfica 2. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 2, tarea A)	95
Gráfica 3. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 3, tarea A).....	97
Gráfica 4. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 4, tarea A).....	98
Gráfica 5. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 1, tarea B).....	99
Gráfica 6. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 2, tarea B).....	101
Gráfica 7. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 3, tarea B).....	102
Gráfica 8. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 4, tarea B).....	103
Gráfica 9. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 5, tarea B).....	104
Gráfica 10. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 6, tarea B).....	105
Gráfica 11. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 7, tarea B).....	106
Gráfica 12. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 8, tarea B).....	107
Gráfica 13. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 1, tarea C).....	108
Gráfica 14. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 2, tarea C).....	109
Gráfica 15. Porcentajes de respuesta a cada opción (pregunta 3, tarea C).....	110
Gráfica 16. Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película La Isla.....	140
Gráfica 17. Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Los Cuatro Fantásticos	144
Gráfica 18. Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película X-Men.....	147

Gráfica 19. Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Spiderman	150
Gráfica 20. Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Parque Jurásico	154
Gráfica 21. Nivel de confianza de las respuestas de los estudiantes	181
Gráfica 22. Diferencias entre puntuaciones medias al test en el grupo control y grupo experimental.....	182
Gráfica 23. Incremento de puntuación tras la implementación de la nueva metodología	183

FIGURAS

Figura 1. Esquema general del análisis cualitativo y cuantitativo.....	84
Figura 2. Entrevistas semiestructuradas utilizadas	86
Figura 3. Cartel de la película "Spiderman"	121
Figura 4. Cartel de la película "La Isla"	122
Figura 5. Cartel de la película "Parque Jurásico"	123
Figura 6. Cartel de la película "Los 4 Fantásticos"	124
Figura 7. Cartel de la película "X-Men"	125
Figura 8. Fotograma de la película "La Isla"	157
Figura 9. Fotograma de la película "Spiderman"	162
Figura 10. Fotogramas de la película "Los Cuatro Fantásticos"	164
Figura 11. Fotograma de la película "Los Cuatro Fantásticos"	165
Figura 12. Fotogramas de la película "Parque Jurásico"	171

INTRODUCCIÓN

Intervenir en la mejora de la enseñanza y el aprendizaje de determinados aspectos curriculares implica conocer múltiples facetas del proceso, tanto desde el punto de vista del mismo saber, como del profesorado o del alumnado. A lo largo de mi formación, he tenido la oportunidad de enfrentarme al aprendizaje de las Ciencias desde clases altamente estructuradas, sesiones magistrales y prácticas cerradas. Por otro lado, desde mis comienzos en 1998 como profesor de distintas asignaturas de Ciencias, en la etapa de Educación Secundaria, siempre he tenido la inquietud de participar en la mejora del proceso de enseñanza y aprendizaje de mis estudiantes, intentando modificar esa forma de enseñanza que yo viví. Si bien es cierto que cada vez existen más recursos formativos y materiales disponibles para el desarrollo profesional del docente, en muchas ocasiones éstos, o bien no terminan de captar la atención ni el interés de los profesores que los llevan a cabo, o bien, si lo hacen, no calan en profundidad en sus prácticas docentes.

Esta es una realidad que vengo constatando desde el comienzo de mi actividad profesional como docente. Desde entonces hasta ahora, he desarrollado mi trabajo en el Centro Privado Concertado Marcelo Spínola de Jaén, como profesor del Área de Ciencias y además, durante dos años compaginé este trabajo con el de profesor de Ciencias en el Centro Privado Concertado San Vicente de Paul, ambos en la ciudad de Jaén.

Como educador, una de mis principales inquietudes siempre ha sido que mis alumnos y alumnas sean capaces de aplicar un razonamiento crítico ante la realidad que los rodea, huyendo de la memorización desmesurada y potenciando así el razonamiento, siempre a partir de situaciones que, en la medida de lo posible, sean próximas a su realidad. Sin embargo, en bastantes ocasiones he echado en falta contar con instrumentos para ello o, al menos, de disponer de recursos más aplicables directamente en el aula.

En este sentido, los estudios de tercer ciclo (iniciados con el siglo, en el curso 2000/2001) constituyeron una oportunidad tanto para mi formación (cursos de

doctorado, revisiones bibliográficas...) como para mi primer acercamiento a la investigación de nuevas metodologías o nuevas propuestas de enseñanza. A raíz de esta aproximación al Área de Didáctica de las Ciencias Experimentales de la Universidad de Jaén se me brindó la ocasión de profundizar en el proceso de enseñanza y aprendizaje de una parte de las Ciencias, lo que supuso un reto y una oportunidad de participar en esa posible mejora del panorama escolar.

De esta forma, durante estos casi 14 años, con toda la ilusión del mundo y un gran desconocimiento del campo al que me empezaba a asomar, he ido avanzando en este proyecto. Mi situación personal y profesional han hecho que este trabajo se dilate en el tiempo más de lo deseado, pero a lo largo de todo este periodo he visto como tanto mi profesión como mi familia han ido creciendo en torno a la tesis que aquí muestro.

El presente trabajo trata de abordar el aprendizaje de contenidos genéticos en la Educación Secundaria Obligatoria. Elegimos este tema porque mi experiencia personal en relación a esta rama de la biología me hacía ver que:

- a los estudiantes les supone un gran esfuerzo aprender dichos contenidos;
- en muchas ocasiones, la forma de mostrar estos contenidos en los libros de texto no me parecía la mejor forma de abordarlos;
- cada vez son más cotidianos estos temas en la sociedad, de ahí la importancia de una adecuada aproximación a los mismos.

Esta problemática ha dado lugar a gran cantidad de bibliografía sobre cómo abordar la enseñanza de la Genética en la ESO, ideas previas de los alumnos en este campo, la problemática que presenta el aprendizaje de ciertos conceptos genéticos, etc. Estos estudios recogen, entre otros aspectos, las dificultades que en muchas ocasiones se plantean en la enseñanza de la Genética o cuáles son los principales obstáculos que tienen los docentes y los alumnos para explicar y comprender, respectivamente, estos conceptos. Al mismo tiempo, se hacen propuestas que intentan mejorar el proceso de enseñanza y aprendizaje del tema que nos ocupa. Todos estos trabajos conforman un marco teórico-práctico que permite una visión global de este proceso.

Sin embargo, no podemos olvidar que el alumnado accede a los estudios de Genética con unas ideas que son fruto de su experiencia personal y social. En

esta experiencia intervienen sobremanera los medios de comunicación. Las noticias sobre Genética están a la orden del día y constantemente aparecen en los medios de comunicación. De hecho, cada vez más los programas infantiles y juveniles tratan estos temas. Por lo tanto, desde los medios de comunicación estos temas llegan directamente a los alumnos y más si tenemos en cuenta los estudios que aseguran que, tras dormir, ver la televisión es la segunda actividad a la que los niños dedican más tiempo.

En este contexto, las ideas que sobre Genética tienen los jóvenes al llegar al aula no tienen por qué coincidir con los significados aceptados científicamente, y pueden ser afianzados o incluso generados por los medios de comunicación. Una propuesta didáctica que explicita estas ideas a través de las películas que los jóvenes ven puede ayudarles a construir significados genéticos científicamente aceptados y que puedan aplicar en su vida cotidiana, tal y como se les exige desde la actual sociedad, altamente científicista.

Para abordar algunos de estos aspectos de la enseñanza de la Genética en ESO, el trabajo se ha estructurado de la siguiente manera:

- En el apartado de Fundamentación se presenta el estado de la cuestión, mostrando en primer lugar una panorámica de temas relacionados con Genética en la sociedad actual y en concreto su presencia en los medios de comunicación. A continuación se esbozan los marcos teóricos sobre los que se ha construido el trabajo. Seguidamente se incluyen apartados relacionados con la Genética y la educación. Para terminar este capítulo se justifica el uso de los medios de comunicación como herramienta para la intervención en el aula de contenidos genéticos.
- En el Diseño de la Investigación se presenta tanto el objetivo general, los objetivos específicos y las hipótesis de trabajo.
- En Metodología, se describe la metodología llevada a cabo para cada uno de los aspectos abordados en la tesis.
- En Resultados se muestran, se analizan, se interpretan y se discuten los resultados obtenidos en cada uno de los aspectos abordados en la tesis.
- En Conclusiones se establecen las conclusiones finales del trabajo.

Por último se presentan tres apartados:

- Referencias bibliográficas, conteniendo solamente aquellas referidas a lo largo del documento.
- Anexos, donde se muestran los instrumentos tanto de recogida y análisis de información, como la propuesta didáctica basada en los medios de comunicación en su totalidad.
- Producción científica, incluyendo artículos científicos y aportaciones a congresos (tanto nacionales como internacionales) que han visto la luz en el seno de esta tesis y otros que, aunque no están directamente relacionados con la temática del trabajo, me han servido para conocer el panorama de investigación en Didáctica de las Ciencias.

FUNDAMENTACIÓN

1. Sociedad, medios de comunicación y Genética

Hace algunas décadas la ciencia y la sociedad no tenían prácticamente puntos de encuentro. La segunda era ajena a los avances de la primera que, principalmente, se recluía en una élite bien formada y cuyos resultados repercutían en la sociedad de una forma no explícita. En la actualidad esto ha cambiado, y la sociedad del siglo XXI es profundamente científicista. Los cosméticos, los productos de limpieza, los alimentos o la medicina son temas de actualidad, con presencia continua en los medios de comunicación, y que incluyen una terminología científica que no solo llega así a los ciudadanos, sino que, al mismo tiempo, imprime carácter de credibilidad a todo lo que califica. Términos como células madre, productos transgénicos, clonación o terapia génica no son extraños de encontrar a nuestro alrededor y ante esta realidad los ciudadanos no pueden quedar impasibles.

La formación científica básica es fundamental para fomentar en los ciudadanos del futuro, y por tanto en estudiantes, la conciencia de que la ciencia y sus aplicaciones plantean cuestiones que tienen implicaciones ambientales, económicas, políticas, sociales, éticas e incluso espirituales (Garvin y Stefani, 1993). El principal objetivo de esta formación es generar en los estudiantes la alfabetización científica necesaria para enfrentarse con éxito a la sociedad altamente sofisticada desde el punto de vista científico y tecnológico en la que nos encontramos (Eijk, 2010). Así, esta alfabetización científica permitirá disponer de los conocimientos científicos y tecnológicos necesarios para desenvolverse en la vida diaria, tomar conciencia de las complejas relaciones entre ciencia y sociedad, considerar la ciencia como parte de la cultura de nuestro tiempo o percibir tanto las utilidades de las ciencias y sus aplicaciones en la mejora de la calidad de vida como las limitaciones y consecuencias negativas de su desarrollo (Furió y otros, 2001). En este sentido, uno de los principales objetivos recogidos en el currículo para el área de ciencias en países como EEUU o Canadá, es favorecer que los estudiantes utilicen sus

conocimientos científicos para contribuir al debate público y para tomar decisiones equilibradas y con fundamento sobre aquellos temas socio-científicos que puedan afectarles en su vida diaria (Dawson y Venville, 2009).

Dentro del ámbito de la ciencia, podemos considerar que la Genética, y toda la tecnología asociada a la misma, han experimentado un crecimiento espectacular durante las últimas décadas. Podemos definir la Genética como el campo de la biología que busca comprender la herencia biológica que se transmite de generación en generación. Esta ciencia, que se inicia principalmente con los trabajos de Mendel a finales del siglo XIX, ha experimentado una rápida evolución durante el siglo XX. El descubrimiento de la estructura en doble hélice del ADN, la secuenciación de proteínas y ácidos nucleicos, el descubrimiento del código genético, el control y manipulación de la expresión génica a través de la ingeniería Genética o la secuenciación de genomas completos son ejemplos del desarrollo experimentado en los últimos años. Todos estos descubrimientos han permitido que se produzca un rápido incremento en el desarrollo de un conjunto de tecnologías Genéticas, algunas de las cuales han provocado una revolución no solo en el ámbito científico, sino también en medicina, agricultura e incluso en el campo jurídico o de la ética (Venville y Donovan, 2007).

Debido a su rápida evolución durante las últimas décadas, la Genética está considerada como una ciencia altamente dinámica (Braam, 2009). Si analizamos la investigación que se realiza sobre Genética en el mundo, podemos comprobar que ésta ha progresado muy rápidamente a lo largo de la última década. De hecho, desde la década de los 90 la investigación Genética se ha ido ramificando progresivamente en varias sub-áreas, siendo la genómica (estudio del conjunto de genes), la transcriptómica (conocimiento de los ARN expresados por los genes) o proteómica (conocimiento de los polipéptidos o proteínas) quizás las que actualmente tengan un mayor grado de desarrollo (Braam, 2009; Eijck, 2010).

Así por ejemplo, la tecnología del ADN recombinante ha permitido importantes avances en el campo del diagnóstico de alteraciones Genéticas en embriones o el desarrollo de técnicas de fertilización humana, terapias génicas, alimentos Genéticamente modificados, clonación terapéutica o tratamientos con células madre. Es incuestionable que, como hemos mencionado antes, todos estos

avances conllevan importantes implicaciones (Stewart y Kirk, 1990; Garvin y Stefani, 1993; Venville y Donovan, 2007; Eijck, 2010), generando en la opinión pública sensaciones y sentimientos que afectan a sus valores y creencias, desde la preocupación o el miedo por las consecuencias de la aplicación de estas técnicas, hasta la confianza o la esperanza en las mismas (Knipples y otros, 2009).

La importancia en la sociedad actual, así como su continua evolución en conocimientos, ha generado la necesidad de que el gran público comprenda los principales conceptos relacionados con la biotecnología (Klop y Severiens, 2007), puesto que la sociedad deberá de opinar sobre múltiples interrogantes de gran trascendencia como, por ejemplo, cuáles serán los efectos de las terapias génicas sobre el acervo genético humano, quién debe tener el control sobre el desarrollo y uso de estas nuevas tecnologías o aspectos relacionados con la discriminación o la privacidad Genética (Venville y Donovan, 2007; Tsui y Treagust, 2010). Aunque no hay muchos estudios al respecto, parece claro que existe una relación significativa entre el conocimiento que se adquiere sobre biotecnología y sus actitudes hacia la misma (DiEnno y Hilton, 2005; Klop y Severiens, 2007).

En este sentido, algunos autores (Garton, 1992) aseguran que el conocimiento profundo de la herencia biológica ayuda, entre otras cosas a:

- reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia para la mejora de las condiciones de existencia de los seres humanos;
- apreciar la importancia de la formación científica, a utilizar actitudes propias del pensamiento científico adoptando una actitud crítica ante los problemas que se le planteen;
- valorar el conocimiento científico como un proceso de construcción que depende de las necesidades de la sociedad en la que se vive y del momento histórico, y que está sometido constantemente a revisión.

En este sentido, Turney (1995) ha sugerido tres motivos principales para desarrollar la comprensión de la Genética entre los alumnos en particular, y entre la población en general. El primer motivo, que podríamos considerar *utilitario*, hace referencia a que los individuos apliquen de una forma práctica los conocimientos científicos (genéticos, en este caso) que les resulten útiles

(interpretar resultados de pruebas Genéticas que puedan desarrollarse a partir del conocimiento del genoma humano, por ejemplo). Un segundo motivo, sería la utilización de los conocimientos científicos con fines *democráticos*, lo cual implica que los individuos apliquen sus conocimientos para entender y participar en los debates relacionados con temas genéticos (clonación, quién debe decidir acerca de la disponibilidad del rastreo genético para las enfermedades y demás características hereditarias, etc.). Por último, la formación científica de tipo *cultural* implica que los individuos entiendan la ciencia como un logro cultural de la sociedad moderna (Tsui y Treagust, 2010).

Por hechos como los anteriormente mencionados, la investigación para la mejora del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Genética debe de ser un punto importante en la investigación didáctica.

Si dentro del aspecto social nos centramos en los medios de comunicación de masas, hoy en día, éstos (televisión, cine, internet, periódicos y revistas...) tienen un impacto indiscutible en y sobre nuestra sociedad. En la práctica mayoría de los hogares españoles hay, al menos, una televisión y cada vez son menos las familias que carecen de acceso a internet. Desde mediados de la década de los años 90, la incorporación de los medios de comunicación de masas en nuestras casas muestra una tendencia creciente imparable, como se puede constatar al analizar los informes elaborados por el Estudio General de Medios (EGM). Así, si analizamos la entrega que abarca desde Abril de 2013 a Marzo de 2014, podemos comprobar que un 88,3% de la población ve la televisión a diario, siendo el consumo medio de televisión por persona y día de 242 minutos. En relación al uso de internet, éste se ha incrementado más de seis puntos porcentuales en menos de un año. Si analizamos el consumo de televisión por edades, el 85,6% de los jóvenes entre 14 y 19 años ven la televisión a diario, mientras que para internet alcanza el 83,7%. Si tenemos en cuenta edades inferiores, en los datos recogidos por el EGM en el año 2012 (últimos datos disponibles) podemos comprobar que se dispara con la edad el uso del ordenador entre los niños: desde un 32% a los 4 años hasta un 94% a los 13 años. A la hora de acceder a internet, el crecimiento es también constante: de un 20% por parte de los niños de 4 años hasta un 90% en el caso de los adolescentes de 13 años. No son de extrañar, pues, algunos estudios que aseguran que ver la televisión es la segunda actividad a la que los niños dedican

más tiempo (la primera es dormir) (Ferrés, 1994; Fisch y otros, 1997; Villadangos y Labrador, 2009).

Así, aunque los conocimientos, opiniones personales, creencias y valores sobre aspectos científicos en general, y sobre Genética en particular, que poseen nuestros alumnos proceden de fuentes tan dispares como la escuela, su experiencia personal y social o los medios de comunicación (Biesboer, 2003; Knipples y otros, 2009), son éstos últimos los que, creemos, presentan una mayor influencia sobre los mismos.

En este sentido, existen dos corrientes de pensamiento en relación a los efectos que los medios de comunicación (en especial la televisión) tienen sobre la sociedad. Por un lado, existe la idea de que constituyen una fuerza negativa, manejada por los poderes corporativos y por los gobiernos, con la intención de controlar a los individuos. En cambio, una visión alternativa es aquella que propone que los medios de comunicación constituyen una herramienta de aprendizaje activo para los ciudadanos, de los cuales pueden extraer en cualquier momento toda la información que necesiten desde un punto de vista objetivo (McSharry, 2002). Siguiendo este último punto de vista, podemos considerar que el cine, como medio de comunicación, es una de las manifestaciones artísticas más completa a la hora de plasmar las ideas de la ciencia (Reia-Baptista, 1995). Como dice Francisco J. García,

“aunque las ideas contenidas en las historias cinematográficas traten (o maltraten) la ciencia, muestran su incidencia en el ámbito social y tecnológico y, por tanto, son propensas a discusión y fomento del pensamiento crítico” (García, 2008: 80).

Centrándonos en el campo de la Genética las noticias relacionadas con este ámbito están de actualidad y se presentan a través de los medios de comunicación desde diferentes frentes: noticiarios hablados o impresos, revistas de divulgación científica, documentales, películas de cine y series de televisión, y por supuesto, los programas infantiles y juveniles, no son impasibles frente a esta realidad. De hecho, cada vez más los programas dirigidos a niños y jóvenes hacen referencia a la Genética exponiendo conceptos como mutación, evolución o ADN. Así, existen trabajos de investigación donde algunas películas son mencionadas por los estudiantes

como ejemplos claros de aplicaciones biotecnológicas, como por ejemplo la clonación en la película *The Sixth Day* (El Sexto Día) (Dawson y Schibeci, 2003).

Por lo tanto, desde los medios de comunicación todos estos temas llegan directamente a los alumnos. En opinión de Biesboer (2003), la ficción juega un papel muy importante en la formación de la opinión pública sobre Genética. En este sentido, algunos estudios sugieren que los medios de comunicación son el vehículo más frecuente para la transmisión de esta información (Aikenhead, 1988; Fort y Varney, 1989; Matthews y Davies, 1999).

Otros estudios han demostrado la influencia que la ciencia ficción tiene en la toma de decisiones de los alumnos sobre diferentes temas socio-científicos. Así, Sadler y Zeidler (2004) comprobaron que los estudiantes basaban sus decisiones en relación con diferentes dilemas genéticos teniendo en cuenta la información proporcionada por las películas. Otros estudios han demostrado que los alumnos utilizan programas de televisión, series de detectives o películas de ciencia ficción como la principal fuente de conocimiento científico y genético (Knipples y otros, 2009). Así pues, el que los medios de comunicación continuamente traten estos temas podría dar al alumnado la falsa impresión de conocerlos e incluso dominarlos (McSharry, 2002; Brewer y Ley, 2010).

Dejando a un lado el tema del contenido científico, existen trabajos que aseguran que los medios afectan a la imagen que las personas tienen sobre los científicos y su actividad, asegurando que algunos programas de televisión no promueven una adecuada visión acerca de la actividad de los científicos, transmitiendo una imagen negativa de los mismos y de su trabajo (Reis y Galvão, 2004). Así, los medios muestran a menudo una representación excesivamente sensacionalista de la ciencia y de los científicos, mostrando a éstos como seres superiores que viven en un mundo aparte (Nelkin, 1995), como genios del mal o como científicos locos que tratan de alcanzar sus objetivos sin importar cómo (Petit y Solbes, 2012). Esta imagen distorsionada de la ciencia y los científicos tiene un gran impacto sobre la confianza de los ciudadanos en la biotecnología. Además, como veremos más adelante, esta visión afecta profundamente a la forma de pensar de los estudiantes en lo que se refiere a los temas científicos.

Todo lo anteriormente expuesto acerca de la imprecisión sobre contenido científico o naturaleza de la ciencia, se acentúa si tenemos en cuenta la ambigüedad que existe a nivel social entre fantasía y ciencia ficción (incluso el Ministerio de Cultura incluye ambos géneros en un mismo grupo de películas en la Encuesta de Hábitos y Prácticas Culturales). Esto lleva a una confusión que, lejos de beneficiar la dimensión científica, favorece el auge de la magia en nuestra sociedad. La confusión entre ambos género hace que para el público en general, muchos fenómenos científicos sin su correspondiente explicación se convierten en «trucos mágicos», y como tales son aprovechados en la filmografía (Petit y Solves, 2012).

Para concluir este apartado, podemos decir que la Genética, así como los conceptos y procesos asociados a ella, han adquirido durante los últimos años una gran relevancia y repercusión social, tanto por sus implicaciones y progresos a nivel científico como por su inclusión e impacto sobre la sociedad en general. Los medios de comunicación de masas parecen ser la principal fuente que proporciona esta información siendo, dentro de éstos, la televisión el medio más influyente. Así pues, se hace cada vez más necesaria una adecuada formación científica de los ciudadanos, que les ayude a procesar de forma crítica el torrente de información sobre Genética que reciben, con el objetivo de alcanzar una alfabetización científica que les permita participar e implicarse en todas aquellas cuestiones de índole genético presentes en la sociedad en la que viven.

2. Marcos teóricos en Didáctica de las Ciencias

Las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias comienzan a desarrollarse cuando se incluyen estos contenidos en el currículo obligatorio en la escuela pública del siglo XIX. Según Adúriz-Bravo e Izquierdo (2002), existen hasta cinco etapas en el desarrollo histórico de la didáctica de las ciencias, caracterizadas por sus referentes teóricos:

La primera etapa, llamada *adisciplinar*, comprende desde fines del siglo XIX hasta mediados de la década de los años 50 del siglo XX. En esta etapa, las producciones en el campo que hoy llamamos didáctica de las ciencias son escasas y heterogéneas, debido sobre todo a la escasa demanda de la población hacia contenidos de tipo científico y tecnológico.

La segunda etapa, denominada *tecnológica*, se inicia cuando se advierte la necesidad de un cambio en los currículos de ciencias, sobre todo en el mundo anglosajón, durante las décadas de los años 50 y 60. Así, se inician una serie de programas basados en investigaciones sobre el aprendizaje que son inespecíficas de los contenidos de ciencias. Pretende intervenir en el aula sin ocuparse del desarrollo de conocimientos básicos.

La tercera etapa se denomina *protodisciplinar*, y se desarrolla durante la década de los años 70. En ella, los investigadores en didáctica de las ciencias comienzan a considerarse miembros de una misma comunidad que acepta la necesidad de formular problemas propios y distintos. Poco a poco se perfilan las diferentes líneas que conformarán más tarde la didáctica de las ciencias, así como las variadas vertientes teóricas externas que convergerán en ella para darle entidad.

La cuarta etapa, denominada *disciplina emergente*, abarca la década de los años 80. En esta etapa se acepta que el constructivismo, en su versión didáctica, es la base teórica común para la mayor parte de los estudios del campo.

En la quinta y última etapa, que se desarrolla desde mediados de la década de los años 90, se considera a la Didáctica de las Ciencias como una *disciplina consolidada*. La disciplina ha madurado lo suficiente como para poder ser enseñada a su vez, lo cual la dota de una estructura de coherencia propia, transponible y difundible.

A lo largo de todo este tiempo se han venido desarrollando distintos marcos teóricos que han ido originando diferentes modelos didácticos que han sido aplicados en cada uno de los periodos (Perales, 2000). A continuación se describen brevemente las características de algunos de ellos que han influido de una u otra forma en el devenir del presente trabajo.

El modelo de **transmisión-recepción** ha sido el dominante en la enseñanza tradicional e incluso en la actual, a pesar de que la mayoría de los investigadores lo consideran claramente desfasado. El símil que tradicionalmente se asigna a este modelo es el de la mente del estudiante como *tabula rasa* donde es posible “grabar” toda la información suministrada por el profesor, el cual se constituye como el principal artífice del proceso de enseñanza-aprendizaje, utilizando los recursos necesarios para optimizar el acto de enseñanza verbal (repetición, asociación de ideas, etc.). El contenido a impartir ha de estar estructurado de forma lógica y ser de naturaleza conceptual y la evaluación es de naturaleza reproductiva (desarrollo de temas, resolución de problemas, etc.).

Los fundamentos psicológicos de este modelo se encuentran en la corriente conductista, cuyos orígenes se remontan a Aristóteles, la cual tuvo una gran influencia a principios del siglo XX sobre todo en investigadores estadounidenses. Esta corriente considera que el aprendizaje debe basarse en la asociación de ideas desde una triple dimensión: asociación por contigüidad (si dos eventos ocurren juntos en el espacio o en el tiempo de forma repetida quedarán asociados), asociación por similitud (dos ideas se asocian si son similares en algún aspecto) y asociación por contraste (dos ideas se asocian si tienen alguna característica contraria) (Domjan, 2009)

Desde el punto de vista epistemológico, podemos considerar que este modelo concibe la ciencia como un conjunto de conocimientos bien delimitados y estructurados, con un carácter esencialmente deductivo y donde pueden irse incorporando los nuevos avances y descubrimientos sin que se altere el conocimiento anterior.

La valoración de este modelo se puede hacer desde dos puntos de vista. En primer lugar, se puede afirmar que el aprendizaje adquirido por los alumnos no suele ser significativo, sino memorístico, al no participar ellos de un modo activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje, ni construir conscientemente

su propio conocimiento. Sin embargo, la enseñanza expositiva característica de este modelo resulta muy útil en la introducción de contenidos nuevos o en la clarificación de errores conceptuales y contenidos complejos, facilitando la comprensión de cuestiones que no son fáciles de abordar por los alumnos de forma individual y con escaso tiempo para un proceso más elaborado.

A finales de la década de los cincuenta, la comunidad educativa se planteó una reflexión colectiva sobre los objetivos, contenidos y métodos del proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias: enseñar contenidos o procesos científicos. Autores como Schwab (1978) o Bruner (1972) opinaron que lo que importaba era enseñar el método científico¹, relativizando los contenidos a enseñar. Surge entonces la metáfora del **alumno como científico** de manera que se resalta el carácter empirista del conocimiento científico y el inductivista de la investigación científica. En esta metáfora, el alumno es considerado como el artífice del proceso de enseñanza-aprendizaje, a través de una construcción-reinvención del conocimiento ya establecido. El papel del profesor pasa a ser más o menos secundario en el aprendizaje, dependiendo de las distintas opciones del modelo (descubrimiento dirigido, semi-dirigido o autónomo) y el contenido científico a enseñar debe de tener una fuerte carga procesual.

Los fundamentos psicológicos de este modelo se encuentran en los trabajos de Bruner y de Piaget, quienes conciben el proceso de enseñanza-aprendizaje como un instrumento para el desarrollo cognitivo de la persona, supeditando la adquisición de conocimientos al de los procesos que conducen al descubrimiento. La ciencia se contempla desde un punto de vista metodológico e inductivista, en donde el experimento es considerado como el medio más adecuado para el contraste de hipótesis y la observación es el punto de partida de todo trabajo científico. Todo esto dista de los enfoques más actuales de la Epistemología de la Ciencia, los cuales cuestionan la rigidez del método científico y rechazan la observación descargada de teoría previa, incidiendo más en los aspectos deductivos, socioculturales y hasta irracionales en el avance científico.

La principal objeción a este modelo es su escasa aplicabilidad en las aulas. Autores como Pozo (1987) han resumido otras objeciones como pueden ser lo

¹ En la actualidad, no se acepta un único método científico para hacer ciencia. Se habla en general de procesos científicos o de la ciencia.

absurdo de pretender que los alumnos reproduzcan lo que la ciencia ha tardado siglos en elaborar, la gran importancia atribuida a los contenidos procedimentales en detrimento de los conceptuales o el rechazo hacia la enseñanza transmisiva, la cual, como se comentó anteriormente, puede ser muy útil en determinadas situaciones.

No obstante lo anterior, este modelo ha conseguido llevar a reflexionar sobre la importancia que los procesos científicos tienen en la educación científica y que, incuestionablemente, deben de estar presentes en todo proceso de enseñanza-aprendizaje. Además, en los veinte años que predominó, produjo una acumulación de innovaciones curriculares sin precedentes.

A principios de la década de los ochenta existían diversos paradigmas que interpretaban de distinta manera el proceso de aprendizaje. Entre ellos, el paradigma asociacionista, por ejemplo, se centraba en la taxonomía de los objetivos; una versión paradigmática de la psicología cognitiva generó la concepción del aprendizaje significativo; otra versión cognitiva considera la metáfora de la mente organizada como un ordenador; otro paradigma más centrado en el aprendizaje de los contenidos científicos y cuya metodología de investigación es más antropológica y naturalista es el “movimiento de las concepciones alternativas”, que sirvió como base sociológica del paradigma constructivista y que llega a consolidarse al final de esta década.

El **modelo constructivista** ha sido el sustento de muchas reformas educativas y en su nombre se han planteado propuestas curriculares que entran en contradicción con sus postulados básicos. La gran cantidad de bibliografía existente sobre este modelo ha mostrado distintos enfoques, según los autores, con un fuerte contenido en investigación, y no en una sola área del conocimiento. Esto produjo y sigue produciendo una verdadera revolución entre los docentes que se plantean ahora la educación como un espacio de investigación, de aprendizaje y discusión permanente. En el sentido más amplio, el constructivismo se relaciona con las concepciones que tienen que ver con la adquisición del conocimiento. Y dentro de él, se enmarcan el constructivismo filosófico, el psicológico y el educacional, que difieren tanto en sus objetivos como en los modelos de investigación (Vera, 2013).

Los postulados básicos de este modelo son los siguientes: i) el aprendizaje supone un proceso de construcción; ii) esa construcción no se da en un solo

paso, sino que requiere de sucesivas aproximaciones; iii) en esa construcción es necesario tener presente características que se refieren al sujeto que aprende, como son las ideas o esquemas que el sujeto ya tiene, así como la movilización cognitiva necesaria para acceder al conocimiento; iv) es posible el avance en la construcción del saber si hay análisis de esas ideas y se provoca en ellas algún conflicto que dé lugar al cambio.

En este modelo adquieren una gran importancia las herramientas de las que dispone el sujeto que aprende, es decir, sus ideas previas (Pfundt y Duit, 1994; Hierrezuelo y Montero, 1991) cuyo origen puede ser intrínseco (debido a factores intelectuales y actitudinales de los aprendices) o extrínseco (producto de su interacción con el mundo y de cómo logró procesar otros saberes), lo que abarcaría el propio conocimiento escolar y aquel proporcionado por su interacción con otras personas e incluso con los medios de comunicación de masas. Tal y como recoge Caballero (2008), la investigación relacionada con las ideas previas se inicia a partir de las aportaciones de Piaget e Inhelder, siendo otros autores como Driver, Esley, Viennot o McDermott los que contribuyeron de manera más significativa a establecer la importancia de las mismas. En los trabajos de Pfundt y Duit (1994) y de Banet y Ayuso (1995), se llevan a cabo sendas revisiones bibliográficas sobre la amplia producción científica relacionada con las ideas previas. En España, Jiménez (2012; pp. 38) realizó un análisis pormenorizado de los trabajos realizados y publicados en revistas de impacto. En este trabajo se muestra que entre 2002 y 2012, las investigaciones relacionadas con el *Conocimiento escolar* y publicadas por grupos de investigación españoles en revistas de alto índice de impacto (International Journal of Science Education, Science Education and Journal of Research in Science Teaching) fue de un 71,6%, concretando que de ellas el 34,1% hacían referencia a *Concepciones o cambio y construcción conceptual de los estudiantes*, en su mayor parte de niveles no universitarios. Por otro lado, en ese mismo trabajo se muestra que de ese 71,6%, el 21,6% hacen referencia a *Contextualización de los aprendizajes*. El autor, al hablar concretamente de los datos sobre concepciones y cambio conceptual, indica que siguen siendo una cuestión prioritaria en la investigación en Didáctica de las Ciencias.

Históricamente, las ideas previas han pasado por distintas denominaciones: preconceptos, concepciones erróneas, ideas de los niños, concepciones espontáneas o representaciones, han sido algunas de ellas. Sin embargo, el término “concepciones alternativas” o, más actualmente, “ideas previas” son los más ampliamente aceptados y utilizados. Driver (1986), en relación con el constructivismo, destaca la importancia de las ideas previas. Generalmente, estas ideas previas se diferencian de un modo significativo de las construidas por la ciencia para describir los fenómenos naturales. Esas ideas están muy influenciadas con saberes populares (no científicos) y cargadas de sentido común, y curiosamente, no suelen variar entre sujetos de contextos socioculturales diversos, es decir, parece existir en ellas un cierto grado de universalidad (Mali y Howe, 1979). Así mismo, le permiten al individuo una explicación del mundo funcional, son implícitas y no conscientes y suelen ser, en general, un obstáculo para acceder a saberes científicos, pues son resistentes al cambio con la edad y la instrucción (Clement, 1983). Además, se ha comprobado que las ideas previas de base experiencial son más persistentes que otras (Engel y Driver, 1986). Pero, aunque parezca contradictorio, algunos autores (Champagne, Klopfer y Gunstone, 1982; Nussbaum y Novick, 1982; Hewson y Hewson, 1984; Driver, 1988; Hewson y Beeth, 1995) aseguran que son una barrera necesaria, incluso que los estudiantes sean conscientes de ellas, porque no hay aprendizaje sin el cuestionamiento de las mismas.

Se plantea así la necesidad de un cambio conceptual, es decir, modificar las ideas previas de los alumnos y sustituirlas por las ideas y conceptos aceptados por la comunidad científica, con el objetivo de que los alumnos aprendan la ciencia actualmente aceptada (Campanario, 2002). Por tanto, será necesario encontrar la forma de que se expliciten para visualizar en qué medida se interponen o no en el avance cognitivo. Aunque algunos autores consideran que el cambio conceptual en ciencia es un proceso difícil plagado de dificultades (Kuhn, 1971; Nissani, 1995; Campanario, 1993), otros, como Hewson (1981), consideran que el cambio conceptual puede llevarse a cabo de tres formas distintas (Caballero, 2008): citamos dos autores

- que exista incompatibilidad entre la idea previa y la nueva, pudiéndose producir el rechazo de ésta por requerir una importante reestructuración mental (no se produce aprendizaje) o una memorización de los nuevos conceptos (no se produce aprendizaje)

significativo)

- que la idea antigua se sustituya por la nueva pues ambas eran opuestas y es necesario un intercambio (se produce aprendizaje significativo)
- que se dé una mezcla de ambas, idea antigua y nueva, pues no son incompatibles (es lo que se conoce como “captura conceptual” y el aprendizaje que se produce es significativo)

Pero además de las ideas previas, el sujeto que aprende debe de contar con el interés por aprender. Es necesario estar motivado para lograr aprendizajes, y la motivación hace referencia a cuestiones afectivas. Para que el conocimiento pueda ser aprendido tiene que darse una acción en la que tenga sentido construir significados. Aprender suele ser algo costoso, el aprendiz debe poner mucho de sí, por tanto deben existir razones de peso para vencer el no aprender. (García y Doménech, 2002; Nuñez, 2009).

Llegados a este punto, podemos plantearnos la siguiente pregunta: ¿cómo enseñar al alumno teniendo en cuenta todo lo anterior? El constructivismo, genéricamente hablando, nos plantea explícitamente aspectos del aprendizaje, pero no hace referencia a cuestiones didácticas, no nos plantea cómo enseñar. Esto implica que no exista un consenso en torno a cómo debiera articularse la instrucción, sino sólo en los objetivos que se desean alcanzar. Por tanto, existe una gran variedad de metodologías con enfoques constructivistas, pero con diferentes estrategias para cumplir los objetivos marcados. Independientemente de la estrategia, parece demostrada la importancia de que el profesorado conozca de antemano cuáles son las ideas previas de los alumnos y las tenga en cuenta, tanto para el planteamiento y diseño de actividades (Iñiguez y Puigcerver, 2013), como para el desarrollo de estrategias de aprendizaje y evaluación (Akker, 1998; Fensham, 2000), pues de ésta forma favorecen en ellos un mejor aprendizaje (Jones y otros, 1999).

Por otro lado, hace algunos años apareció una nueva metáfora en contraposición a la que consideraba a los aprendices como investigadores autónomos, y es la que los considera como *investigadores noveles*, es decir, un investigador estructurado en equipos cooperativos, abordando problemas de

interés e interaccionando con otros equipos y con el resto de la comunidad científica (Gil y otros, 1999).

Es bien sabido que cuando alguien se incorpora a un grupo de investigadores, puede alcanzar con relativa rapidez el nivel medio del resto del equipo, y ello no mediante una transmisión verbal, sino abordando problemas en los que quienes intervienen como directores/formadores son expertos. La propuesta de organizar el aprendizaje de los alumnos como una construcción de conocimientos responde a la de una investigación orientada, en dominios perfectamente conocidos por el “director de investigaciones” (profesor) y en la que los resultados parciales obtenidos por los alumnos pueden ser reforzados, matizados o puestos en cuestión, mediante los obtenidos por la “comunidad científica”.

Se trata de colocar a los alumnos en una situación por la que los científicos normalmente pasan durante su formación, y en la que podrán familiarizarse mínimamente con lo que es el trabajo científico y sus resultados, replicando para ello investigaciones realizadas por otros, abordando, en definitiva, problemas conocidos por quienes dirigen su trabajo.

Según este modelo, la enseñanza-aprendizaje de la ciencia se convierte en una actividad con unos objetivos claros y explícitos, en la medida en que se intentan resolver problemas significativos, ya sea en razón de conocimientos previos, potencialidad para explicar otros fenómenos, etc. Además, este modo de trabajo destierra el modelo didáctico tradicional consistente en presentar la ciencia como un contenido estático, cerrado y dogmático. Finalmente, podemos considerar que sirve como aglutinante para el aprendizaje de las tres dimensiones básicas del conocimiento: conceptos, procesos y actitudes.

Una de las metodologías que están adquiriendo una gran relevancia desde hace unos años, a pesar que de sus orígenes se remontan a la década de los años 60, es el “aprendizaje por investigación guiada” (Inquiry Based Learning, IBL²). Esta

² El aprendizaje por investigación guiada o IBL también se ha relacionado (e incluso identificado) con la enseñanza basada en la investigación (Inquiry-Based Teaching, IBT), la enseñanza de las ciencias basada en la investigación (Inquiry-Based Science Education, IBSE), la enseñanza de las ciencias y las matemáticas basada en la investigación (Inquiry-Based Science and Mathematics Education, IBSME), o incluso más en el campo de las matemáticas, el aprendizaje basado en problemas (Problem

metodología se refiere a una forma de enseñar y aprender en la que se espera que los alumnos actúen de forma similar a como trabajan los expertos, en este caso científicos. En Linn y otros (2004) se describe el IBL como

“the intentional process of diagnosing problems, critiquing experiments, and distinguishing alternatives, planning investigations, researching conjectures, searching for information, constructing models, debating with peers, and forming coherent arguments”

“un proceso intencional en el que se diagnostican problemas, se analizan críticamente experimentos, se distinguen diferentes alternativas, se planifican investigaciones, se formulan conjeturas, se busca información, se construyen modelos, se debate entre iguales, y se llega a argumentos coherentes”.

Se trata de una metodología que persigue tanto la adquisición de conocimientos como el desarrollo de las habilidades y actitudes adecuadas.

En esta metodología, los alumnos se enfrentan a un problema de la vida real para el cual deben de encontrar posibles soluciones tras un proceso de investigación. De esta forma, se favorece la construcción del conocimiento, la adquisición de habilidades para la vida, se conecta el aprendizaje de la escuela con el mundo real y se favorece la interdisciplinariedad. Además, fomenta en los alumnos una actitud positiva hacia el aprendizaje, al tiempo que elimina la transferencia pasiva de la información. Los alumnos trabajan cooperativamente para la consecución de un fin común, por lo que todos ellos participan constantemente en la construcción de su conocimiento y se persigue siempre la solución de problemas cercanos al alumno:

“los problemas son inherentes a nuestra vida. La habilidad no sólo de afrontarlos, sino también de identificar las cuestiones clave, de obtener información y de atravesar eficazmente esas situaciones, contribuye a que alcancemos el éxito en cualquier meta que nos propongamos lograr” (Del Pozo, 2009: 118).

Based Learning, PBL). En general tienen en común enfoques de la enseñanza basados en el diálogo, centrados en el estudiante y eminentemente procedimental o experimental (“hands-on”).

Cuando los estudiantes participan en una clase IBL necesitan poner en funcionamiento sus conocimientos previos y una amplia variedad de procesos, como simplificar y estructurar problemas complejos, observar sistemáticamente, medir, clasificar, crear definiciones, cuantificar, inferir, predecir, formular hipótesis, controlar variables, experimentar, visualizar, descubrir relaciones y conexiones o comunicar.

Uno de los aspectos más importantes en esta metodología es el papel del profesor. Éste se convierte en un tutor de aprendizaje, ayudando a los alumnos a reflexionar, en todo momento guía a los distintos grupos detectando necesidades de información, orientando sobre diferentes aspectos y motivando para alcanzar las metas propuestas.

3. Genética en la educación formal

La formación científica en España está presente en todos los niveles de la educación obligatoria, desde la Educación Infantil hasta la ESO. La legislación Española (Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación) considera que a la vista de la evolución acelerada de la ciencia y la tecnología y el impacto que dicha evolución tiene en el desarrollo social, es más necesario que nunca que la educación prepare adecuadamente para vivir en la nueva sociedad del conocimiento y poder afrontar los retos que de ello se derivan. Sin embargo, el tratamiento que se da a la formación científica en el currículo actual constituye el último peldaño de un proceso en el que esta formación ha ido evolucionando a lo largo del tiempo y de las diferentes leyes educativas.

En este apartado se analizará, en un primer momento, la evolución de la educación científica, y en concreto aquella relacionada con la Genética, a lo largo de las últimas cuatro décadas, en las que la legislación educativa en España ha sufrido un total de seis reformas que han afectado tanto a la finalidad como a la estructura y la distribución de contenidos, entre otros aspectos. Posteriormente nos centraremos en el tratamiento de la formación científica, y en concreto de la Genética, en la legislación vigente, centrándonos en la ESO por ser éste el nivel educativo donde aparecen de forma más explícita contenidos relacionados con Genética³. A continuación haremos una breve reseña a la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), la cual ha entrado en vigor en el presente curso académico 2014-2015 en algunos cursos de Educación Primaria. Por último se incluyen aspectos relacionados con los libros de texto y la implementación de la Genética en el aula.

3.1. Evolución de los contenidos de ciencias y de Genética en el currículo español

Desde los años 70 del siglo pasado hasta la actualidad, se han sucedido un total de seis leyes educativas en nuestro país.

³ Debido a que el presente estudio se circunscribe a Centros Educativos de la ciudad de Jaén, el análisis curricular contemplará la legislación educativa actualmente vigente en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

- Ley 14/1970, de 4 de agosto, General de Educación y Financiamiento de la Reforma Educativa (LGE), también conocida como Ley Villar Palasí: el proceso educativo se estructura en ocho cursos de Educación General Básica (EGB) obligatorios y hasta los 14 años de edad. Posteriormente se accedía al Bachillerato Unificado Polivalente (BUP), a la Formación Profesional (FP) o al mundo laboral.
- Ley 8/1985, de 3 de Julio, Reguladora del Derecho a la Educación (LODE): no modifica sustancialmente la estructura del sistema educativo vigente según la ley anterior.
- Ley Orgánica 1/1990, de 3 de Octubre, de Ordenación General del Sistema Educativo (LOGSE): plantea un cambio radical en la estructura del sistema educativo. La educación pasa a ser obligatoria hasta los 16 años, desaparece la EGB y la enseñanza se estructura en Educación Infantil (de 3 a 5 años⁴), Educación Primaria (de 6 a 11 años) y Educación Secundaria Obligatoria (ESO) desde los 12 a los 16 años. Posteriormente, el alumno puede acceder a estudios de Bachillerato, a ciclos formativos de Formación Profesional de grado medio o al mundo laboral.
- Ley orgánica 9/1995, de 20 de noviembre, de la Participación, la Evaluación y el Gobierno de los Centros Docentes (LOPEG): reforma algunos puntos de la LOGSE pero mantiene su estructura.
- Ley Orgánica 10/2002, de 23 de Diciembre, de Calidad de la Educación (LOCE): mantiene la estructura propuesta por la LOGSE, aunque no llegó a aplicarse.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación (LOE): es la ley que actualmente está en vigor, en tanto en cuanto no se instaure completamente la LOMCE. Mantiene la estructura del sistema educativo vigente desde la entrada en vigor de la LOGSE.

Si nos centramos en los contenidos científicos, en la legislación de la década de los años 70, y para la EGB, en su artículo 17, se recogía lo siguiente:

⁴ Las edades de los estudiantes por curso académico a las que se hace referencia en el presente documento son aquellas que deben de tener los alumnos en el año natural de su ingreso en el curso.

“Las áreas de actividad educativa en este nivel comprenderán: [...] las nociones acerca del mundo físico, mecánico y matemático, [...]”. (LGE, Art. 17)

En relación al BUP, la legislación de esta época indicaba:

“El contenido de las enseñanzas tenderá a procurar una sólida base cultural, desarrollándose aquéllas con criterio progresivamente sistemático y científico, con el fin de lograr [...] la capacitación para organizar aquéllos en síntesis coherentes y para interrelacionar las nociones”. (LGE, Art. 22)

“El área de las ciencias de la naturaleza tratará de capacitar al alumno para comprender los fenómenos naturales, científicos y técnicos de su entorno”. (Orden de 22 de marzo de 1975 por la que se desarrolla el Decreto 160/1975, de 23 de enero, que aprueba el Plan de Estudios del BUP)

En ambas etapas, la asignatura de ciencias naturales está presente en todos los cursos, salvo en 2º curso de BUP (que actualmente se corresponde con 4º curso de la ESO), donde ésta materia se concreta exclusivamente en Física y Química.

Quince años más tarde, la LOGSE, en su artículo 19, hace referencia a la importancia del conocimiento de las leyes básicas de la naturaleza. El Real Decreto 1007/1991 por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la ESO, y el Real Decreto 1345/1991 por el que se establece el currículo de la ESO, recogen, entre otros, los siguientes objetivos:

- *“Analizar las leyes y los procesos básicos que rigen el funcionamiento de la naturaleza, valorar las repercusiones positivas y negativas que sobre ella tienen las actividades humanas y contribuir a su conservación y mejora”.*
- *“Valorar el desarrollo científico y tecnológico y su incidencia en el medio físico y social, y utilizar las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en los procesos de enseñanza-aprendizaje”.*

Y en concreto, para el área de Ciencias Naturales:

- *“Interpretar científicamente los principales fenómenos naturales, así como sus posibles aplicaciones tecnológicas, utilizando las leyes y*

conceptos de las Ciencias de la Naturaleza”.

- *“Utilizar de forma autónoma diferentes fuentes de información, incluidas las nuevas tecnologías de la información y la comunicación, con el fin de evaluar su contenido y adoptar actitudes personales críticas sobre cuestiones científicas y tecnológicas”.*

En la estructura educativa propuesta a partir del año 1990 con la entrada en vigor de la LOGSE, la asignatura de Ciencias de la Naturaleza aparece como obligatoria para los cursos de 1º, 2º y 3º de ESO. Sin embargo, para 4º curso, la asignatura de Biología y Geología se considera como no obligatoria para el estudiante⁵.

Con respecto a los contenidos relacionados con Genética, en la Ley de 1970, no aparece ninguna mención explícita hacia ésta, tan solo generalidades sobre la ciencia y algunos conceptos relacionados con la estructura celular en el tercer ciclo (cursos 7º y 8º) de EGB (Real Decreto 3087/1982 de 12 de noviembre, BOE 280 de 22 de noviembre de 1982). En el plan de estudios de BUP, la asignatura de Ciencias Naturales sólo está presente en el primer curso (14 años) en la que se incluyen contenidos relacionados con la herencia biológica y la Genética humana.

Es a partir de la LOGSE cuando el estudio de la Genética y la herencia biológica se convierte en un punto central en el cuarto curso (15 años) de la ESO. En este curso se profundiza en el estudio de temas como la división celular (mitosis y meiosis), árboles genealógicos, herencia mendeliana, material genético, genes, etc.

3.2. La Genética en el currículo actual

La legislación en materia educativa para la ESO en España y en Andalucía está contenida en la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación (BOE de 4 de Mayo de 2006) y la Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (BOJA nº 252 de 26 de Diciembre de 2007), así como en todas las

⁵ En el 4º curso de la ESO, actualmente el estudiante puede elegir cursar una de estas tres opciones: Opción 1: Educación Plástica y Visual, Latín, Música. Opción 2: Biología y Geología, Física y Química, Tecnología. Opción 3: Alimentación, nutrición y salud, Ciencias aplicadas a la actividad profesional, Tecnología.

disposiciones legales que las desarrollan. En toda esta normativa, podemos comprobar que el currículo de la ESO se orienta a desarrollar las aptitudes y las capacidades del alumnado, a procurar que éste adquiera los aprendizajes esenciales para entender la sociedad en la que vive y para actuar en ella, así como a obtener unos saberes coherentes, actualizados, relevantes e interdisciplinarios. Así mismo, estos saberes deben de integrarse con los adquiridos fuera de la escuela.

Si analizamos los objetivos para la ESO, podemos comprobar que algunos de ellos reconocen la importancia de la educación formal en el ámbito de las ciencias de cara a alcanzar 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). En concreto se refleja la importancia de saber manejar y procesar la información que llega al alumno desde diferentes medios, especialmente desde los medios de comunicación, sabiendo diferenciar qué información es necesaria y relevante y cual no, para lo cual es necesario adquirir una serie de destrezas que permitan hacerlo con éxito⁶. Por otro lado, también a nivel de objetivos, se pone de manifiesto que en esta etapa educativa se permitirá a los estudiantes una adecuada formación científica, la cual tendrá una dimensión práctica (serán capaces de enfrentarse satisfactoriamente a problemas relacionados con la salud, el medio ambiente, etc.), cívica (serán capaces de participar activamente en debates y procesos de toma de decisiones) y cultural (serán conscientes de que la ciencia es un proceso en continua construcción sometido a revisión permanente) (Dawson y Venville, 2009)⁷. Finalmente, también queda explícito que su formación científica implicará la comprensión de la relación existente entre ciencia, tecnología y sociedad, así como el desarrollo de habilidades críticas de pensamiento, la resolución creativa de problemas y,

⁶ Esto queda reflejado en el siguiente objetivo: *“Desarrollar destrezas básicas en la utilización de las fuentes de información para, con sentido crítico, adquirir nuevos conocimientos. Adquirir una preparación básica en el campo de las tecnologías, especialmente las de la información y la comunicación”*.

⁷ Esto se evidencia a través de la consecución del siguiente objetivo: *“Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia”*.

sobre todo, la toma de decisiones en temas relacionados con ciencia y tecnología (Aikenhead 1994; Solomon, 1994; Ziman, 1980)⁸.

Por otro lado, si nos centramos en el nivel de Competencias Básicas, creemos que la Genética tiene una incidencia directa en la adquisición de las diferentes competencias básicas que aparecen recogidas en la Ley Orgánica de Educación del año 2006 y los diferentes Decretos que la desarrollan:

- Competencia lingüística: la elaboración y transmisión de ideas con los datos observados a partir de prácticas de laboratorio, resolución de problemas, etc., y la precisión en los términos utilizados.
- Competencia matemática: el manejo de proporciones fenotípicas y genotípicas y la interpretación de resultados permite cuantificar los fenómenos naturales.
- Competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico: la observación de los caracteres cualitativos y cuantitativos a lo largo de diferentes generaciones, la obtención de información a partir de dichas observaciones, el conocimiento de las Leyes de Mendel y los mecanismos de transmisión de los caracteres o conocer el proceso de descubrimiento de la doble hélice de ADN y las posteriores investigaciones que se han llevado a cabo.
- Tratamiento de la información y competencia digital: la búsqueda de información sobre cuestiones Genéticas y el desarrollo de pequeñas investigaciones.
- Competencia social y ciudadana: el estudio de temas polémicos como la clonación, el empleo de células madre procedentes de embriones humanos o el análisis de la controversia que plantea el uso de organismos transgénicos permiten a los alumnos participar en el debate social que los avances científicos provocan en la sociedad.
- Competencia cultural y artística: la reproducción de modelos celulares, nucleares, cromosómicos, cariotipos, etc., a través de diferentes

⁸ Esta idea se manifiesta a través del objetivo: *“Desarrollar el espíritu emprendedor y la confianza en sí mismo, la participación, el sentido crítico, la iniciativa personal y la capacidad para aprender a aprender, planificar, tomar decisiones y asumir responsabilidades”*.

técnicas (maquetas, dibujos, fotografías...).

- Competencia para aprender a aprender: el desarrollo de técnicas y destrezas, siguiendo una metodología centrada en el alumno, desarrolla la capacidad de aprender a aprender.
- Autonomía e iniciativa personal: el desarrollo de la autonomía personal se ve favorecido al hacer hincapié en la formación del espíritu crítico, capaz de cuestionarse los dogmas y enfrentarse a los prejuicios que existen con respecto a la investigación Genética.

En el nivel de Contenidos, los relacionados con Genética se distribuyen de la siguiente forma a lo largo de los cuatro cursos de ESO:

CURSO	CONTENIDOS
Primero	La célula y de la diversidad de seres vivos.
Segundo	La reproducción sexual como fuente de variabilidad en las poblaciones.
Tercero	La célula.
Cuarto	Procesos de división celular, mitosis y meiosis, estudio del ADN (composición, estructura y propiedades), herencia y transmisión de los caracteres, mendelismo, Genética humana, aproximación al concepto de gen, el código genético, mutaciones, ingeniería y manipulación Genética (aplicaciones, repercusiones y desafíos más importantes), clonación, el genoma humano, origen y evolución de los seres vivos, teorías fijistas y evolucionistas, teorías actuales de la evolución. Gradualismo y Equilibrio Puntuado.

Tabla 1
Contenidos relacionados con Genética en la etapa de ESO

Como se pone de manifiesto en los párrafos anteriores, aunque las diferentes leyes educativas desarrolladas hasta la entrada en vigor de la LOGSE concedían una gran importancia al área de Ciencias Naturales, los contenidos genéticos eran tratados en profundidad en un curso que no pertenecía a la educación obligatoria (1º de BUP), lo que suponía que los estudiantes accedían a la

sociedad con total desconocimiento de estos temas. Este hecho se repite en la legislación actual; los contenidos genéticos se imparten en profundidad en el 4º curso de ESO, dentro de la asignatura “Biología y Geología” que pertenece a una de las tres opciones que el estudiante puede seguir.

La nueva Ley de Educación, Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE), 8/2013 de 9 de diciembre, aún no ha entrado en vigor para la Educación Secundaria. Esta ley presenta algunos cambios en relación a la estructura de la ESO. Así, la etapa de Educación Secundaria Obligatoria se organizaría en materias y comprende dos ciclos, el primero de tres cursos escolares y el segundo de uno. El segundo ciclo o cuarto curso de la Educación Secundaria Obligatoria tendrá un carácter fundamentalmente propedéutico. En el primer ciclo de ESO, los alumnos cursarán de forma obligatoria Biología y Geología en primer y tercer curso. En cuarto curso los alumnos podrán escoger una de las dos siguientes opciones: a) Opción de enseñanzas académicas para la iniciación al Bachillerato y b) Opción de enseñanzas aplicadas para la iniciación a la Formación Profesional. Sólo en el caso de que el alumno opte por la primera opción, podría acceder al estudio de la asignatura de Biología y Geología, es decir, al igual que ocurre con la legislación actual.

En el momento de imprimir esta tesis, el único documento relacionado con las enseñanzas de la ESO que desarrolla la LOMCE es el borrador de Real Decreto por el que se establece el Currículo Básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. Uno de los objetivos recogidos en este borrador está directamente relacionado con el saber científico: *“Concebir el conocimiento científico como un saber integrado, que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia”*. Con respecto a contenidos, ni en el primer ni en el tercer curso de ESO se incluyen aquellos relacionados con Genética en la asignatura de Biología y Geología. El acceso a estos contenidos por parte del alumnado sólo es posible en cuarto curso y, al igual que en la LOGSE, no todos tendrían oportunidad de enfrentarse a estos contenidos al tratarse de una asignatura incluida sólo en una de las opciones que eligen los estudiantes.

3.3. Libros de texto e implementación de contenidos genéticos

Aunque no es objeto de esta tesis el análisis de textos, quisiera brevemente comentar algunos trabajos en este ámbito. Existen estudios que aseguran que los libros de texto son los materiales más ampliamente utilizados por el profesorado (Chen y Raffan, 1999; Campanario y Moya, 1999; Martínez-Gracia y otros, 2003; Iñiguez y Puigcerver, 2013) a la hora de implementar diferentes contenidos. En concreto, sobre los contenidos genéticos, múltiples trabajos han analizado estos contenidos incluidos en los diferentes libros de texto (Cho y otros, 1985; García, 1990; Banet y Ayuso, 1995; Martínez Gracia y otros, 2005). Caballero (2008) ha llevado a cabo una revisión de las definiciones que algunos libros de texto de Educación Secundaria dan a los principales conceptos de Genética, llegando a la conclusión de que las definiciones que aparecen en algunos de ellos pueden ser objeto de mejora con el fin de favorecer un aprendizaje correcto de la Genética, ya que en algunos casos transmiten errores conceptuales que de forma sistemática se implementan en la educación formal (García, 1990; Martínez-Gracia y otros, 2003).

3.4. Conveniencia de la inclusión de contenidos genéticos en el currículo.

Llegados a este punto, nos parece interesante comentar brevemente la controversia en torno a la conveniencia de incluir o no temas de Genética en el currículo de ciencias de los 12 a los 16 años. Esta controversia está relacionada, según Bugallo Rodríguez (1995), con las dos tradiciones que han dominado la investigación sobre su aprendizaje.

Por un lado, los argumentos en contra de mantener la Genética en el currículo se basan en el hecho de que los contenidos y los conceptos de esta disciplina son “hipotéticos” y “formales”, por lo que son difíciles de comprender por los estudiantes que se encuentran en el estadio de operaciones concretas. La carencia de destrezas de razonamiento hipotético-deductivas supone, por tanto, dificultades a la hora de la resolución de problemas o en la interpretación de textos de contenido científico, en general, y genético en particular.

Por otro lado, los partidarios de la inclusión de la Genética en el currículo basan sus argumentos en:

- La importancia social y científica del tema, puesto que, tal y como comentamos en apartados anteriores, una buena base de conocimiento científico y genético por parte de los alumnos hará más probable que se tomen decisiones racionales sobre temas relacionados con la Genética (ingeniería Genética, clonación, etc.).
- Los estudiantes de ESO (nivel concreto operativo) poseen muchas de las destrezas cognitivas requeridas para resolver los problemas más típicos de la Genética clásica y para comprender el fenómeno de la herencia, siempre que se parta de experiencias concretas y familiares. Por tanto, las técnicas educativas deben tener en cuenta los niveles cognitivos de los estudiantes de cara a conseguir una enseñanza efectiva.
- El conocimiento previo conceptual relevante es el factor más importante tanto en el aprendizaje de contenidos científicos como en el uso de ese conocimiento para resolver problemas. Por tanto, es fundamental plantear un desarrollo curricular de alumno a currículo, es decir, un desarrollo que tenga en cuenta las ideas previas que los estudiantes traen a la escuela.

Esta controversia llega aún más lejos, cuando existen autores que sugieren la necesidad de incluir conceptos genéticos en el currículum de educación primaria (Venville y Donovan, 2007; Duncan y otros, 2009). En concreto, estos trabajos indican que, actualmente, la enseñanza de la Genética no se aborda en la educación primaria debido a que el sistema educativo considera que los conceptos genéticos hacen referencia al mundo submicroscópico y abstracto, y por tanto son inapropiados para alumnos tan pequeños. Sin embargo, en su vida diaria, estos niños están expuestos a conceptos genéticos a través de las noticias, programas de televisión, películas y videojuegos. Por tanto Venville y Donovan (2007), creen necesario que los conceptos científicos de índole Genética sean tratados en el currículum de educación primaria justificando esta inclusión en el hecho de que los alumnos de primaria son capaces de asociar nuevas ideas sobre genes y ADN con sus conocimientos de herencia, y hacer conexiones explícitas con las cosas vivas que ellos conocen, lo cual les permite crear un fuerte fundamento cognitivo que les será muy útil para aprender en el futuro conceptos más complejos relacionados con la Genética. Por otro lado,

Duncan y otros (2009) consideran necesario llevar a cabo un aprendizaje progresivo de los conceptos más importantes sobre Genética, el cual debe iniciarse en los últimos años de educación primaria, puesto que los alumnos son capaces de aprender conceptos abstractos al mismo tiempo que muestran una alta capacidad de razonamiento.

Otros estudios, por el contrario, consideran que la enseñanza de la Genética plantea dificultades a la hora de llevarlo a las aulas. Existe la idea generalizada entre el profesorado de biología y entre diferentes investigadores, de que uno de los temas de mayor dificultad en el marco del proceso de enseñanza-aprendizaje es la herencia biológica y todos los conceptos asociados (Finley y otros, 1982; Tsui y Treagust, 2010; Yilmaz y otros, 2011), aunque todos coinciden en la necesidad de incluir estos contenidos al menos en el segundo ciclo de ESO. En este sentido, Yilmaz y otros (2011) consideran que las principales dificultades que encuentran los estudiantes para alcanzar un aprendizaje significativo de los conceptos genéticos están en las diferencias ontológicas que existen entre los diferentes niveles de los fenómenos genéticos, la naturaleza abstracta de los conceptos y la relación de estos conceptos con los diferentes niveles de organización: macroscópico (organismos), microscópico (células) y submicroscópico (bioquímico). Los autores aseguran que es necesaria una conexión entre estos tres niveles para alcanzar un aprendizaje coherente. Por otro lado, Tsui y Treagust (2010) consideran que las preconcepciones de los alumnos sobre temas genéticos dificultan el aprendizaje de los mismos.

Por tanto, podemos afirmar que la enseñanza de la Genética no es ni ha sido un cuerpo de contenidos de tratamiento preceptivo en la educación obligatoria, tal y como se deduce de la revisión histórica de las diferentes leyes educativas que se han sucedido en nuestro país desde la década de los setenta del siglo pasado. Aunque la ley educativa actualmente en vigor recoge la importancia de una adecuada formación científica de cara a formar ciudadanos competentes y responsables en este campo (participación, toma de decisiones, etc.), el aprendizaje de la Genética sigue siendo optativo, a pesar de que, como comentamos anteriormente, estos contenidos tienen un impacto cada vez mayor en nuestra sociedad. La necesidad de tratar estos temas en el aula,

incluso desde edades tempranas, ha provocado controversias entre los investigadores, aunque en último término todos ellos coinciden en la importancia de que nuestros alumnos adquieran una formación adecuada en este campo.

4. Concepciones de los estudiantes sobre Genética.

Muchos trabajos pusieron de manifiesto que el aprendizaje de los alumnos sobre temas genéticos es menos significativo de lo que cabría esperar una vez que éstos han sido instruidos sobre tales temas (Collins y Stewart, 1989; Brown, 1990; García, 1990; Heim, 1991). A lo largo del tiempo ha habido muchos investigadores interesados en analizar las causas que dificultan el aprendizaje de los contenidos de Genética. Bugallo Rodríguez (1995), expone que ya a finales de la década de los setenta se publicó un estudio realizado por Deadman y Kelly (1978: 14) donde se indicaba que

“The absence of a broad, intuitive concept of chance and a simple concept of Mendelian inheritance to act as subsumers was a major block on the development of more elaborate concepts”

“La inapropiada comprensión de la probabilidad y la ausencia de un concepto simplificado de la herencia mendeliana son algunos de los mayores obstáculos para el desarrollo de conceptos más elaborados”.

Este mismo artículo recopilatorio recoge los trabajos de Johnstone y Mahmoud (1980) y Finley y otros (1982), los cuales concluyen que, dentro de la biología, los conceptos genéticos relacionados con la mitosis y la meiosis, la Genética mendeliana y la teoría cromosómica son los que presentan una mayor dificultad a la hora de ser tanto enseñados como aprendidos. Desde entonces hasta la actualidad, muchos autores han seguido profundizando en la determinación de los contenidos más difíciles de aprender o de explicar sobre Herencia y Genética (Johnstone y Mahmoud, 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; Caballero, M., 2008). En este sentido, los trabajos de Banet y Ayuso (1995) e Iñiguez y Puigcerver (2013) recopilan algunas de las principales causas por las que el aprendizaje de estos conceptos no llega a ser significativo: se atribuyen significados erróneos a conceptos básicos como cromosoma o gen, no se comprende el papel que juega el azar en la transmisión de los caracteres hereditarios, se interpretan de forma equivocada los conceptos de dominancia y recesividad, se sitúan en un mismo cromosoma los dos alelos para un carácter, no se identifican ni relacionan correctamente la estructura y la función de los cromosomas y

existen dificultades en relacionar el material hereditario con la síntesis de proteínas y con la expresión de la información Genética. Incidiendo en las ideas de Yilmaz y Otros (2011) comentadas en el apartado anterior, Tsui y Treagust (2010) apuntan como una de las causas posibles de esta dificultad la necesidad de desarrollar por parte del alumnado lo que se denomina “*multilevel thinking*”: según estos autores, los rasgos o fenotipos de un organismo corresponden al nivel macroscópico, mientras que las células, los cromosomas o el ADN pertenecen al nivel microscópico o submicroscópico y los genotipos pertenecen al nivel simbólico. Por tanto, la comprensión de la Genética por parte de los alumnos depende de su habilidad para tratar con todos estos conceptos simultáneamente en los diferentes niveles de organización y para conectarlos como un todo interrelacionado. Al mismo tiempo, desde un punto de vista ontológico, algunos procesos y conceptos pertenecen también a diferentes niveles (los genes o moléculas de ADN son informativos, pero los rasgos que controlan son físicos).

En general, los trabajos citados anteriormente, exponen las dificultades de aprendizaje dentro de un marco fundamentado en el conocimiento científico del contenido que es objeto de enseñanza. Pero no hay que olvidar que, como se comentó anteriormente, el alumnado accede a los estudios de Genética con unas ideas que son fruto de su experiencia personal y social. Algunos autores (Shayer, 1974; Deadman y Kelly, 1978) ya propusieron en la década de los setenta métodos de enseñanza que se basaran en un desarrollo curricular que tuviera en cuenta las ideas que los estudiantes traían a la escuela.

En este sentido, en las últimas décadas se ha venido desarrollando un movimiento de investigación didáctica, y en concreto en didácticas específicas, interesado por descifrar diferentes aspectos sobre las concepciones de los alumnos, las formas de razonamiento o los modelos mentales (Pintó y otros, 1996). El conocimiento sobre las ideas previas nos puede ayudar a fundamentar estrategias docentes adecuadas que permitan un aprendizaje significativo (Iñiguez y Puigcerver, 2013). Las investigaciones sobre ideas previas han puesto 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.

Dentro del marco constructivista se han publicado muchas investigaciones en Ciencias de la Naturaleza, aunque sobre todo se han desarrollado en los campos de Física y Química. En Biología, y en concreto en Genética, estos estudios son más escasos y en general se han dirigido hacia diferentes aspectos como son el análisis de la dificultad e importancia del tema, de la conveniencia o no de incluirlo en el currículo de secundaria o sobre la resolución de problemas de Genética y su relación con el conocimiento conceptual (revisado en Bugallo Rodríguez, 1995). Existen algunas investigaciones que recogen la importancia de las ideas previas del alumnado en este campo (Caballero, 2008, Iñiguez y Puigcerver, 2013). Algunos autores abordaron el estudio de las concepciones sobre el concepto de “mutación” (Albadalejo y Lucas, 1988; Mahadeva y Randerson, 1982), y otros sobre temas más generales de Genética (Hackling y Treagust, 1984; Kargbo y otros, 1980). Más recientemente, un grupo de investigaciones se han centrado en el estudio de los conceptos genéticos Gen y/o ADN, (Venville y otros, 2004; Gericke y Hagberg, 2007; Flodin, 2009; Smith y Adkinson, 2010)⁹.

En este mismo marco de las ideas previas sobre Genética, algunos autores han investigado hasta qué punto éstas se deben a los contenidos de los libros de texto (Cho y otros, 1985; Tolman, 1982). En Iñiguez y Puigcerver (2013) podemos encontrar una revisión de los aspectos más confusos y algunas de las principales concepciones de los alumnos, derivadas de los libros de texto, que interfieren gravemente con los contenidos que se imparten en las aulas. En todos estos estudios se identificaron algunas de las principales fuentes de ideas previas y de dificultades para el aprendizaje de la Genética, como eran el uso de una terminología incorrecta y ambigua, la falta de relaciones entre conceptos, la deficiente resolución de problemas o la incompatibilidad con el ritmo escolar a la hora de desarrollar una práctica.

En resumen, podemos decir que el proceso de enseñanza y aprendizaje de conceptos relacionados con la Genética y la herencia biológica presenta algunas dificultades. Si además, sumamos la influencia que las ideas previas tienen en los alumnos, la complejidad del proceso aumenta. Sin embargo, el

⁹ Una revisión más exhaustiva de la misma se hará más adelante en el apartado de resultados, para compararlas con los significados transmitidos por las películas.

conocimiento y la explicitación de estas ideas previas nos pueden ayudar a desarrollar diferentes estrategias que promuevan aprendizajes significativos en nuestros alumnos.

5. Influencia de los medios en el aprendizaje formal

Como se ha comentado anteriormente, los medios de comunicación tienen una gran influencia sobre las ideas de nuestros alumnos sobre los diferentes ámbitos del saber, entre ellos la ciencia. Teniendo en cuenta los significados que los programas lúdicos juveniles e infantiles aportan a determinados términos, en muchos casos alejados del conocimiento científico establecido, no es de extrañar que las concepciones que los alumnos puedan generar no sean científicamente correctas y que se conviertan en obstáculos para un futuro aprendizaje formal (García Borrás, 2008). Sin embargo existen diferentes investigaciones que concluyen que el cine, los dibujos animados, comics, etc., pueden ser utilizados en las aulas como recursos didácticos, constituyendo un incentivo para los estudiantes (Worner y Romero, 1998; Perales y Vélchez, 2002; García Borrás, 2008; Arroio, 2010; Torre-Fernandez y García-Granda, 2012; Petit y Solbes, 2012). En cualquier caso, se percibe claramente la necesidad de una educación en los medios audiovisuales con unas definiciones claras dentro del currículo para evitar en gran medida el pensamiento acrítico por el que el estudiante parece encaminarse (García Borrás, 2008).

El universo de la imagen tiene un aspecto lúdico y a través de actividades educativas que lo incluyan, se puede consolidar el proceso de enseñanza-aprendizaje. Las técnicas audiovisuales empleadas, por ejemplo, en el cine, permiten que éste se constituya en una importante vía de difusión de conocimientos en ambientes no formales, permite el desarrollo de aptitudes y actitudes a través de los valores que promueve, impulsa y fomenta capacidades críticas, y además, favorece la comunicación bidireccional entre el profesor y alumno (García Borrás, 2008). En este sentido, autores como Arroio (2012), opinan que una manifestación artística, como el lenguaje audiovisual, puede constituir una herramienta para la construcción del conocimiento pues permite integrar la realidad individual con el medio ambiente circundante natural, que desarrolla en el estudiante la sensibilidad y la percepción del universo. Utilizando el lenguaje audiovisual, es posible unir la ciencia, la enseñanza y el aprendizaje de una manera que hace que la comunicación se vuelva más eficiente y el aprendizaje más efectivo, además de aumentar el interés y la motivación de los estudiantes por la ciencia. Es por ello que las películas crean tendencias y pueden llegar a tener un mayor impacto en los estudiantes que cualquier otro medio. De este modo, pueden ayudar a revertir las actitudes

negativas que muchos estudiantes muestran hacia la ciencia real, trasladándolos desde experiencias familiares que ellos conocen y disfrutaban hasta situaciones poco familiares dentro de la Física, la Biología y la Química que tradicionalmente les resultan difíciles y aburridas (Dubcek y otros, 2003).

El principal recurso de los docentes es la pizarra y rara vez se aventuran a utilizar otros diferentes. Como dice F. J. García:

“nuestras clases se hacen, a veces, tediosas y rutinarias y nuestros alumnos nos encuentran insoportables. Por ello, se hace preciso que nos despojemos del rigor científico que suele dominar nuestras clases y reivindicemos el hecho incontrovertible de que nuestra tarea es divulgar la ciencia y educar en ciencia” (García Borrás, 2005: 80).

El análisis de diferentes investigaciones demuestra que es posible abordar la enseñanza de diversos contenidos utilizando estos recursos. Dado que la presente tesis doctoral se basa en el empleo del cine como recurso didáctico, a continuación queremos comentar brevemente los resultados de algunos trabajos centrados en el uso del cine, indicando posteriormente algunos ejemplos de investigaciones basadas en el empleo de otros medios de comunicación, así como estrategias para la implementación de estos recursos en el aula.

En primer lugar vamos a destacar la investigación llevada a cabo por Vílchez (2004). A lo largo de dos cursos académicos, se llevó a cabo un análisis individualizado de varios capítulos de dibujos animados por parte de alumnos y profesores con el objetivo de distinguir situaciones “reales” o “imposibles”, dentro del ámbito de la Física. Dichas situaciones se enmarcaron dentro de uno de los campos de estudio de la materia en cuestión, se describió la contradicción en las situaciones imposibles y se explicó cómo debería de ocurrir realmente. La investigación concluyó que el uso de este tipo de programas es un claro incentivo para que los alumnos se acerquen a la Física, pudiendo contribuir además a su propio proceso de maduración personal.

Por otro lado, el cine también puede ser utilizado para introducir en el aula dilemas morales relacionados con cuestiones socio-científicas, con el objetivo de que los alumnos diferencien hechos y ficción, permitiendo que éstos formen

sus propias opiniones y adquieran destrezas en este campo. Los resultados de esta investigación demuestran que esta forma de trabajar es muy útil para abordar cuestiones morales, para discutir las limitaciones de la ciencia y para evaluar la integridad de la información transmitida por las películas (Knipples y otros, 2009).

En Arroio (2010) se propone la selección de diferentes secuencias de una película para ser utilizadas en el aula como una herramienta que permita contextualizar los contenidos científicos tratados en ellas y así motivar a los alumnos en las clases de ciencias. Tomando como ejemplo la película *Erin Brockovich* (Steven Soderbergh, 2000) considera que el conocimiento conceptual adquirido a través de su visualización y discusión en clase puede ser transferido a otros contextos, permitiendo por tanto conectar diferentes aspectos sociales con la ciencia y la tecnología. De esta forma los alumnos pueden descubrir la ciencia fuera de las aulas y comprobar lo importante que ésta es para ellos.

García Borrás (2011) propone el uso de fragmentos cinematográficos para la detección de ideas previas sobre ciencia en el alumnado en el campo de la Física y la Química. En esta investigación se plantearon dos situaciones: la proyección de una escena donde el alumno podría intuir el contenido científico en la misma y, la segunda opción, consistía en el visionado de escenas fílmicas acompañadas con algunas cuestiones sobre el concepto científico contenido en las imágenes. Los resultados reflejaron que esta propuesta audiovisual proporciona una visión intuitiva y útil de las preconcepciones del estudiante, además de ser un elemento motivador.

Desde otra perspectiva, Torre-Fernández y García-Granda (2012) proponen el uso de diferentes secuencias de series o películas para elaborar talleres de Química, en contraposición al uso de las mismas como ejemplos individuales para usar en clases de Química aisladas. El objetivo es hacer llegar la Química a todos los públicos, despertar el interés de los alumnos por este tema para introducir importantes conceptos de Química o mostrar que la Química está presente en nuestra vida cotidiana. En estos talleres, de una hora de duración aproximadamente, se lleva a cabo el visionado de escenas de películas o series para, a continuación, profundizar en los contenidos químicos tratados y en sus aplicaciones en la vida diaria de los alumnos. Los resultados de estos talleres

resultaron muy satisfactorios, mostrando los alumnos un gran interés por el tema.

Existen también otras investigaciones que ponen de manifiesto la idoneidad de la televisión como herramienta para la enseñanza y el aprendizaje en el aula, como es el caso de la “telesecundaria mexicana” (Torres y Tenti, 2000), el uso de la ciencia ficción para enseñar diferentes conceptos físicos (Allday, 2003; Liberko, 2004; García, 2005; Duvivier y Wautelet, 2006; Palacios, 2007; Quirantes, 2011; Petit, 2014), el uso de los comics como recurso didáctico para la explicación de conceptos paleontológicos en Educación Primaria (Gonçalves y Machado, 2005), la influencia que el uso inadecuado de la ciencia en la publicidad puede tener en los alumnos (Campanario y otros, 2001), el empleo del cine, la literatura y el trabajo de laboratorio para la adquisición de nuevos aprendizajes relacionados con la transmisión y el contagio de algunas enfermedades infecciosas (Carretero, 2011) o el uso de artículos periodísticos para promover la alfabetización mediática y favorecer en los estudiantes la comprensión de aspectos científicos relacionados con campos como el de la Genética (Carver y otros, 2013).

Como podemos comprobar, son numerosos los investigadores que han centrado sus estudios en los medios de comunicación como recurso didáctico, quedando patente su potencialidad y efectividad como herramienta para lograr un aprendizaje significativo. En este sentido, Petit y Solves (2012) afirman que los profesores consideran que las actividades relacionadas con el cine de ciencia ficción pueden ser muy útiles a la hora de mejorar la actitud de los alumnos en las clases de ciencias así como para mejorar el aprendizaje de conceptos y resolución de problemas. De este modo, consideran la necesidad de llevar a cabo estudios que permitan analizar la influencia del cine de ciencia ficción en los procesos de enseñanza de las ciencias así como diseñar actividades de aprendizaje basadas en películas de esta temática, por ser las que más interesan y, en consecuencia, las que más influyen en nuestros alumnos. Además, con el fin de evitar trivializar estos recursos, los autores indican que es necesario aplicarlos con rigor, sin olvidar que son instrumentos que, además de las virtudes anteriormente señaladas, poseen también inconvenientes, y que, en ningún caso, excluyen o sustituyen cualquier otro medio de aproximar a nuestros alumnos al mundo de la ciencia.

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se hace referencia al objetivo general y a los objetivos específicos planteados en la investigación, así como a las hipótesis de trabajo propuestas.

1. Objetivo general y objetivos específicos.

Como **objetivo general** nos planteamos mejorar el aprendizaje de la Genética. Para ello diseñamos, implementamos y evaluamos la eficacia de una propuesta didáctica que ayude a explicitar las ideas previas de los estudiantes a través del análisis de películas con contenidos genéticos. Este objetivo general conlleva el desarrollo de **objetivos específicos** y previos, tales como:

- Conocer las ideas previas de los estudiantes de ESO con respecto a Genética antes de la educación formal.
- Contrastar estas ideas previas con las mantenidas tras la instrucción educativa, analizando así el grado de persistencia de las mismas.
- Estudiar cuáles son las fuentes de información del alumnado sobre temas de Genética.
- Analizar los significados que transmiten las películas sobre Genética.
- Comparar los significados transmitidos por las películas con los significados personales de los estudiantes y determinar si los primeros pudieran reforzar los errores de sus ideas previas o configurarse como obstáculo didáctico.
- Diseñar, implementar y evaluar un instrumento motivador para estudiar Genética, basado en el análisis de películas, que ayude, entre otras cosas, a explicitar las ideas previas de los estudiantes y que se configure en un instrumento eficaz para el aprendizaje significativo

sobre Genética.

2. Hipótesis de trabajo

A partir de estos objetivos, hemos considerado una serie de supuestos de partida para la investigación:

- Los alumnos acceden a la educación formal de la Genética con una serie de ideas previas, que persisten a esta educación.
- Las ideas previas de los alumnos sobre temas genéticos coinciden con los significados transmitidos por las películas.
- La visualización crítica de secuencias de películas con contenido genético ayuda y favorece el desarrollo de un aprendizaje significativo.

Estos supuestos podemos resumirlos en la siguiente hipótesis de trabajo:

Los conceptos genéticos transmitidos por las películas, mayoritariamente alejados del conocimiento científicamente aceptado, coinciden con las ideas previas de nuestros alumnos, lo que lleva a errores que dificultan la construcción de conocimiento significativo en la educación formal; esto da lugar a ideas erróneas que pueden persistir en la edad adulta. El análisis crítico de películas con contenido genético ayuda a construir conocimiento genético de manera significativa, lo que mejoraría la calidad de la cultura científica de los ciudadanos.

METODOLOGÍA

A continuación se describe la metodología de la investigación llevada a cabo en los siguientes cuatro apartados: naturaleza de las ideas previas, origen de las ideas previas, significados transmitidos por las películas vs ideas previas de los estudiantes y diseño y aplicación de una propuesta didáctica.

1. Naturaleza de las ideas previas.

1.1. Naturaleza y consistencia de las ideas previas.

En primer lugar, se analizaron las ideas previas que poseen los alumnos de ESO en el campo de la Genética. Para ver hasta qué punto dichas ideas persisten a la educación formal, se elaboró un test de opción múltiple (variable independiente: ausencia o presencia de implementación en el aula de contenidos genéticos). Con el fin de comprobar si estos cuestionarios eran adecuados para alcanzar los objetivos de la investigación, se llevó a cabo la validación de los mismos (Litwin y Fernández, 1982).

Existen diferentes procedimientos para determinar la validez de un test, aunque todos ellos se basan en establecer la relación de sus resultados y otros hechos que podamos observar y que estén en relación directa con el tipo de capacidad que intentamos evaluar. Uno de estos procedimientos se centra en el contenido del instrumento de medición, el cual incluye evidencia de la relevancia, representatividad y calidad técnica del contenido de la prueba (Pardo, 2006). El objetivo es obtener evidencias para determinar si los ítems del instrumento representan adecuadamente el constructo que se pretende medir. Para lograr este objetivo, una estrategia válida es la consulta a expertos (Anastasi y Urbina, 1998; Martín, 2004).

En nuestro caso, la validación del test se realizó de dos formas diferentes:

En primer lugar se facilitó el cuestionario a seis profesionales y expertos del campo de la Biología (dos investigadores del CSIC expertos en Biología Molecular, dos profesores de Universidad de las áreas de Ecología y Botánica y dos profesores de ESO de un Departamento de Biología y Geología) con el fin de determinar la validez de contenido del cuestionario. Cada experto contestó a 12 preguntas dicotómicas (sí/no) relacionadas con el cuestionario (Anexo I). Se añadió una columna de “observaciones”, para los casos en los que los expertos necesitaran aclarar o puntualizar algunas de sus respuestas. Una vez recogidas y analizadas las respuestas y sugerencias de los expertos, éstas se incorporaron al cuestionario obteniéndose una nueva versión del mismo.

Posteriormente, con esta nueva versión se llevó a cabo una investigación exploratoria de tipo pre-experimental a través de un pretest cognitivo o prueba piloto (Anexo II). La finalidad de esta prueba fue la de tratar de averiguar aspectos como si el enunciado era correcto y comprensible, si las preguntas tenían la extensión adecuada, si era correcta la categorización de las respuestas, si existían resistencias psicológicas o rechazo hacia algunas preguntas, si el ordenamiento interno era lógico o si la duración estaba dentro de lo aceptable por los encuestados. El pretest se llevó a cabo con una población de 29 alumnos de primer curso de ESO (16 chicos y 13 chicas, de edades comprendidas entre 12 y 14 años) durante el curso escolar 2007/08. El análisis de este pretest nos permitió hacer una serie de correcciones que llevaron a la confección del cuestionario definitivo (Anexo III).

Con respecto al contenido del cuestionario, éste se organizó en tres tareas siguiendo un orden creciente de complejidad, desde cuestiones muy próximas a la realidad cotidiana de los alumnos a cuestiones relativas a la relación entre la herencia Genética y la célula, buscando siempre la transición desde lo cotidiano a lo académico (Marín y otros, 2001; Marín y otros, 2001).

La primera tarea, denominada “¿Qué se puede y qué no se puede heredar desde el punto de vista biológico?”, incluye cuatro cuestiones que hacen referencia a la experiencia cotidiana, y trata de averiguar qué ideas tienen los estudiantes sobre los caracteres que pueden transmitirse a través de las generaciones.

La segunda tarea, denominada “Naturaleza y localización del material genético”, constituida por ocho preguntas, pretende determinar qué es lo que

los alumnos conocen sobre los principales conceptos genéticos (ADN, gen, cromosoma).

La tercera tarea, denominada “Relación entre la herencia y la célula”, que consta de tres preguntas más cercanas al conocimiento académico, trata de comprobar si los alumnos comprenden que las estructuras responsables de la herencia biológica se localizan en todas y cada una de las células de un organismo.

En todas las preguntas se ha dejado un apartado “otros” por si el alumno cree conveniente argumentar otra respuesta alternativa a las planteadas. Los razonamientos que el alumno exprese en este apartado pueden aportar información sobre las concepciones del mismo en relación a las cuestiones planteadas.

1.2. Ideas previas detectadas en trabajos anteriores.

Para comprobar si las ideas previas de nuestros alumnos están de acuerdo con aquellas reflejadas por otras investigaciones, se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica, analizando los resultados de aquellos trabajos que han tratado de identificar las ideas previas de los estudiantes con respecto a diferentes conceptos de Genética. Esta revisión bibliográfica se realizó en dos pasos. En primer lugar, se hizo una búsqueda a través de palabras clave tanto en buscadores generales (Google Académico) como en aquellos más específicos (Scopus); así se detectaron trabajos de una gran variedad de publicaciones científicas. A continuación, y con el fin de llevar a cabo un rastreo más fino, se analizaron algunas de las publicaciones más encontradas en la primera revisión (Enseñanza de las Ciencias, Journal of Science Education and Technology, International Journal of Science Education, Science Education y Science y Education), número por número, desde el año 2000 hasta la actualidad.

2. Origen de las ideas previas.

Para determinar el origen de las ideas previas de los alumnos, se elaboró un cuestionario (Anexo IV) que fue respondido por dos grupos de estudiantes, de tercer y cuarto curso de ESO de cuatro centros educativos diferentes de la ciudad de Jaén (Marcelo Spínola, Instituto de Educación Secundaria Fuente de la Peña, San Vicente de Paul e Instituto de Educación Secundaria El Valle) pero similares en características socioeconómicas. De la misma forma que para la construcción del cuestionario recogido en el Anexo III, se llevó a cabo una investigación exploratoria con alumnos de 1º de ESO durante el curso 2007-2008, con el fin de validar el cuestionario. Se llegó a la conclusión, tras el análisis de los resultados, de que las cuestiones planteadas eran claras y adecuadas para los alumnos. La única modificación realizada al cuestionario afectó a la pregunta número 4. En el cuestionario pasado a los alumnos de 1º de ESO, se incluyeron un total de 20 películas con contenidos genéticos para que los alumnos indicaran si las conocían o las habían visto. Tras el análisis de las respuestas, se eliminaron dos de ellas de cara al cuestionario definitivo, pues ningún alumno en la investigación exploratoria afirmó conocerlas o haberlas visualizado.

El cuestionario definitivo fue respondido posteriormente por 119 alumnos de 3º de ESO y 71 de 4º de ESO, es decir, antes y después de haber recibido educación formal sobre los contenidos de Genética. En primer lugar, los estudiantes fueron preguntados sobre el tiempo que dedicaban de media a ver la televisión. En segundo lugar se les preguntó sobre si habían oído determinados conceptos genéticos¹⁰ y sobre si los relacionaban con contenidos genéticos. Por último el cuestionario se centró en averiguar cuál era la fuente de este conocimiento, tanto antes como después de la implementación de contenidos genéticos en el aula.

¹⁰ En el cuestionario, se incluye el término “transformación” debido a que en muchos casos los medios de comunicación asignan al término “evolución” o “mutación” el significado de transformación (Abril, Muela y Mayoral, 2003).

3. Significados transmitidos por las películas vs ideas previas de los estudiantes.

3.1. Significados transmitidos por las películas

Aunque en el apartado de resultados se detallará más ampliamente, una gran parte de los alumnos encuestados indicaron los medios de comunicación (televisión, películas, etc.) como la principal fuente de información sobre conceptos genéticos. El amplio abanico expuesto por los estudiantes, que incluía diferentes tipos de programas televisivos, fue concretado en películas. Por lo tanto, a continuación se les ofreció un conjunto de películas con contenidos genéticos para que indicasen si las habían visto. A aquellas películas más vistas por los estudiantes se les ha realizado el análisis de contenido (Cabrera, 2009).

Las secuencias de 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.

Para llevar a cabo las fases de preanálisis, transformación del material e integración significativa de los contenidos, se han generado tablas (Anexos V y VI) 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) (Vílchez, 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). Se han establecido las categorías y subcategorías que se muestran en la Tabla 2.

CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA
MATERIAL GENÉTICO	NATURALEZA
	LOCALIZACIÓN
	FUNCIÓN
MODIFICACIÓN DEL MATERIAL GENÉTICO	MUTACIÓN
	EVOLUCIÓN
	CLONACIÓN

Tabla 2
Categorías y subcategorías de análisis

Las codificaciones se han llevado a cabo, de manera independiente, por dos codificadores especialistas en Biología Molecular. Tras el entrenamiento, familiarización y compenetración de los codificadores se ha elaborado una hoja de codificación donde se explicitan las diferentes condiciones en que puede manifestarse una categoría o subcategoría (sonora, visual, explícita, implícita). Como una primera aproximación al análisis se realizó una codificación provisional con dos de las seis películas analizadas, obteniéndose consenso en la totalidad de las unidades de análisis identificadas y categorizadas; por último, y tras el análisis completo de las películas, se determinó la confiabilidad intercodificadores (Cabrera, 2009). Para determinar la confiabilidad se ha calculado 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.

3.2. Ideas previas de los estudiantes relacionadas con los significados transmitidos por las películas

En esta parte del estudio nos hemos centrado en determinar las ideas previas de los alumnos sobre conceptos de Genética y los significados que se abordan en las películas. Además hemos analizado si estas ideas previas persisten tras la implementación de temas de Genética en el aula.

Para ello, 225 alumnos (103 antes de la educación formal –tercer curso de ESO- y 122 después de la educación formal –cuarto curso de ESO-) respondieron un

cuestionario formado por 17 ítems basado en los significados transmitidos por las películas así como en las ideas previas recogidas en la revisión bibliográfica realizada y que, de alguna forma, estaban relacionadas con los significados transmitidos por las películas.

4. Diseño y aplicación de una propuesta didáctica.

La presente propuesta didáctica surge de la necesidad de construir conocimiento significativo sobre Genética en alumnos de ESO. Para ello hemos utilizado como vehículo el análisis de secuencias de películas que pueden generar obstáculos didácticos si no son analizadas en profundidad. Dicha propuesta se basa en dos aspectos clave, el cambio conceptual (Novak, 2002) y el aprendizaje por investigación guiada (Abd-el-Khalick y otros, 2004). Además nos basamos en los trabajos de Yilmaz y otros, (2011), implicando metodologías basadas en ciclos de aprendizaje a través de textos (CCT). Es decir, nuestra propuesta pretende un cambio conceptual sobre contenidos genéticos a través de ciclos de aprendizaje por investigación guiada utilizando películas.

4.1. Diseño de la propuesta.

La propuesta didáctica consta de tres momentos:

- Trabajo por parejas a través de una WebQuest
- Debate en gran grupo
- Sesiones de corte transmisor

El diseño de la WebQuest se realizó a partir de las herramientas disponibles en la página web www.phpwebquest.org.

Se puede definir una WebQuest como una herramienta que forma parte de un proceso de aprendizaje guiado, con recursos principalmente procedentes de Internet, que promueve la utilización de habilidades cognitivas superiores, el trabajo cooperativo, la autonomía de los estudiantes e incluye una evaluación auténtica. El antecedente de estas actividades lo constituye el uso de retos (*challenging learning*) en el desarrollo de ambientes de aprendizaje basados en tecnologías de la información y comunicación. La WebQuest se construye alrededor de una tarea atractiva que provoca procesos de pensamiento superior. Se trata de impregnar de sentido la búsqueda de información. El pensamiento puede ser creativo o crítico e implicar la solución de problemas, enunciación de juicios, análisis o síntesis. La tarea debe consistir en algo más que en contestar a simples preguntas o reproducir lo que hay en la pantalla. Las

partes típicas de una Webquest son: Introducción, tarea/s, proceso, recursos, evaluación y conclusiones (Barba, 2002; Adell, 2004; Mentxaka, 2004)

En el apartado 3 de resultados se explican con detalle los distintos apartados de la WebQuest diseñada e implementada. En el Anexo VII se recoge la estructura completa de la misma.

El debate en gran grupo se ideó con la finalidad de promover la argumentación científica. En el proceso de enseñanza y aprendizaje, no es lo mismo preguntar a un estudiante qué sabe sobre algo, que lo que este mismo estudiante puede contar sobre ese mismo tema en una situación en donde un grupo está continuamente dando sus opiniones, pudiendo él modificar las suyas a cada momento. A este hecho hay autores que lo denominan *construcción situacional del conocimiento* (Candela, 1993).

Existe gran cantidad de trabajos que estudian las competencias discursivas o argumentativas de los estudiantes (Solbes y otros, 2010; Sardá y Sanmartí, 2000; Jiménez-Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Driver y otros, 2000; Osborne y otros, 2004; Maloney y Simon, 2006), entendida ésta como *“la habilidad y voluntad de elaborar discursos orales y escritos en los que se aporten pruebas y razones con la finalidad de convencer a otros de alguna conclusión u opinión entre diferentes posibles”*. En algunos de estos trabajos se trata de ofrecer una metodología para el análisis del discurso en el aula.

Por último, la propuesta didáctica incluyó sesiones de tipo transmisivo en las que se hacía alusión a lo aprendido en el análisis de contenidos cada vez que la situación lo permitía.

4.2. Análisis cualitativo.

Con la intención de realizar el análisis del proceso más que el producto, hemos desarrollado una investigación cualitativa de carácter interpretativo, intentando documentar el cambio detectado en los estudiantes a través del proceso formativo ya que, tal y como comenta Erickson (2012: 1455), la investigación cualitativa es especialmente apropiada, entre otros casos, cuando lo que se quiere es proporcionar información detallada sobre una determinada implementación. Este mismo autor indica que en una investigación de tipo cualitativa

“An effective data collection design includes as many of different sources as possible, and always includes observation, interviewing, and collection of site documents and often including machine recording as well”

“Un diseño de recogida de datos eficiente incluye tantas fuentes diferentes como sea posible, y siempre incluye observaciones, entrevistas, y recogida de documentos y a menudo incluye grabaciones”

En el caso que nos ocupa hemos tenido en cuenta diversas fuentes potenciales de información: entrevistas semi-estructuradas antes y después de la implementación del conjunto de temas de Genética, tablas de resultados de los estudiantes elaboradas a lo largo de la implementación de la actividad y debate en la sesión final de la actividad, tal y como se indica en la siguiente Figura.

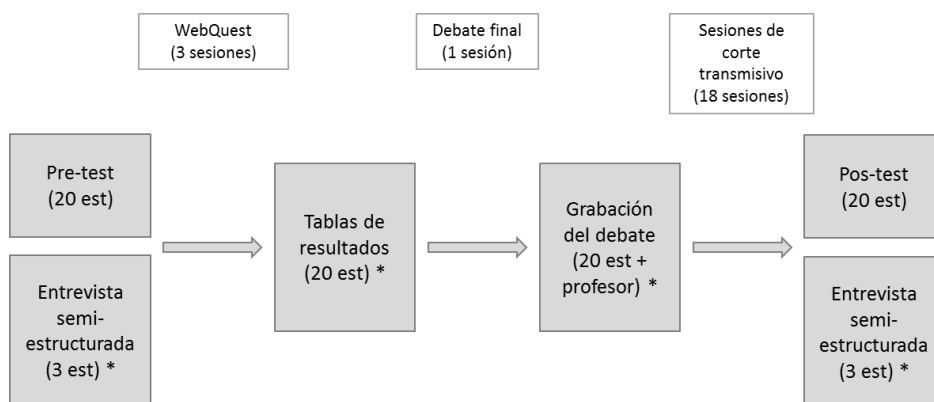


Figura 1

Esquema general del análisis cualitativo y cuantitativo. En las cajas grises se muestran las fuentes de información recogidas para su análisis. Algunas fuentes de información se extrajeron del grupo completo (20 estudiantes), y otras a una muestra de tres estudiantes. Los asteriscos muestran aquellas fuentes usadas para el análisis cualitativo

Las fuentes potenciales de información fueron estudiadas con el fin de determinar qué partes de ellas eran susceptibles de ser analizadas; posteriormente se extrajeron los datos y se realizó el análisis.

A continuación se describen los métodos de análisis para cada una de las fuentes de información (la metodología relacionada con los pre-test y pos-test será descrita en el apartado correspondiente al Análisis Cuantitativo).

4.2.1. Entrevistas semi-estructuradas.

Se han llevado a cabo entrevistas semi-estructuradas a tres estudiantes, elegidos como representantes por nivel académico de la clase de entre los que se presentaron libremente. Sus pseudónimos, elegidos libremente por ellos son Alejandro, Equis y Jorge. Los tres alumnos, todos de género masculino, fueron elegidos según su grado de motivación y calificaciones en la clase de Biología y Geología (uno con alta motivación y calificaciones, Equis; otro con motivación y calificaciones medias, Jorge; y otro con baja motivación y calificaciones, Alejandro). En cualquier caso, se trata de alumnos que muestran un comportamiento adecuado en clase y que suelen participar en la dinámica de las mismas. La entrevista siguió el guion que se muestra en la Figura 2, aunque éste pudo ser modificando ligeramente en función de las respuestas de los estudiantes.

La entrevista semi-estructurada anterior a la implementación, fue diseñada para recoger datos relacionados con las ideas que tenían los estudiantes sobre las metodologías docentes, su afinidad por las ciencias, su conocimiento sobre películas con contenido genético y sus ideas sobre la posibilidad de utilizarlas en clase. La entrevista semi-estructurada posterior a la implementación, recogía además sus opiniones sobre la actividad que habían llevado a cabo basada en películas y si su idea de utilizar películas en el aula para aprender había cambiado. Todas las entrevistas fueron transcritas (ver Anexo VIII) y las respuestas categorizadas. El diseño de las entrevistas nos dirigió el establecimiento de las categorías. Las respuestas de los estudiantes nos dirigieron el establecimiento de las subcategorías, es decir, esta categorización se realizó a posteriori.

ENTREVISTA PREVIA A LA IMPLEMENTACIÓN	ENTREVISTA POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN
<p>Datos biográficos Seudónimo, edad, curso, colegio. ¿Algún otro dato personal que me quieras contar?</p>	<p>Sobre tu experiencia en la clase de ciencias con respecto al profesor Explicame lo que ha hecho tu profesor estos últimos días diferente a lo que venía haciendo en general</p>
<p>Sobre su experiencia en la clase de ciencias con respecto al profesor Explicame lo que hace tu profesor cuando estéis en clase de Biología y Geología (aspecto metodológico) ¿Cómo os motiva en clase?</p>	<p>Sobre tu experiencia en las últimas clases de ciencias con respecto al clima de clase y al contenido ¿Le has visto utilidad? ¿Te has sentido más motivado?</p>
<p>Sobre su experiencia en la clase de ciencias con respecto al contenido ¿Cómo empieza cada tema? ¿Cómo os enseña los contenidos? ¿Cómo se asegura de que aprendéis?</p>	<p>¿Has trabajado de forma colaborativa con tu compañero/a? ¿El clima de clase te ha resultado mejor o peor? ¿Por qué? ¿Te has implicado más en tu propio aprendizaje que en otros temas? ¿Has aprendido cosas de ciencias?</p>
<p>Sobre su experiencia en aprender ciencias ¿Te gustan las ciencias? Y las clases de ciencias. Puntúalas del 1 al 10 ¿Crees que elegirías de manera voluntaria seguir estudiando ciencias? ¿Te resulta fácil aprender contenidos científicos? ¿Cómo te los aprendes?</p>	<p>¿Crees que si te evaluara podrías demostrar que has aprendido? Sobre tu experiencia en aprender ciencias con esta actividad ¿Te han gustado estas últimas clases de ciencias? Puntúalo, del 1 al 10 ¿Crees que, si pudieras aprender ciencias de esta forma más a menudo, elegirías de manera voluntaria seguir estudiando ciencias?</p>
<p>Sobre el cine y los contenidos científicos ¿Qué películas te gustan? ¿Has visto alguna en las que se hable de ADN, mutantes, clonación, etc.? ¿Cuáles? ¿Crees que son correctos los contenidos científicos que se tratan? Explicame cómo Parker se convierte en Spiderman.</p>	<p>¿Te resultaría más fácil aprender contenidos científicos de esta forma? ¿Cómo te has aprendido los contenidos de las últimas clases? ¿Crees que lo que has aprendido tardará más tiempo en olvidarse? Sobre el cine y los contenidos científicos ¿Crees que las películas que se han elegido te han ayudado a estudiar genética? Mantenías tú alguna idea errónea sobre genética que hayas podido comprobar en la actividad? ¿Cuál? ¿Crees que lo que le pasa a Peter Parker cuando le pica la araña es una mutación?</p>
<p>Sobre aprender ciencia con películas ¿Crees que se podría aprender genética con las películas de Parque Jurásico, Spiderman u otras?</p>	<p>Sobre aprender ciencia con películas ¿Crees que se pueden sacar más trozos de otras películas para aprender otras cosas de ciencias? ¿Podrías poner algún ejemplo?</p>

Figura 2
Entrevistas semiestructuradas utilizadas antes (izquierda) y después (derecha) de la implementación

4.2.2. Tablas de resultados.

En el transcurso de las sesiones dedicadas a trabajar con la WebQuest, los estudiantes tenían que recoger algunos datos de las secuencias visionadas y llevar a cabo su análisis. Para ello se les facilitó una tabla donde, por parejas, tenían que ir cumplimentando (Tabla 3).

TABLA DE ANÁLISIS DE SECUENCIAS				
Película	Descripción de la secuencia	Categoría	Tratamiento correcto / incorrecto	Justificación

Tabla 3
Instrumento de recogida de datos del análisis crítico de las películas

En el apartado “categoría” de esta tabla, los estudiantes debían de hacer alusión a si la secuencia pertenecía a alguna de las categorías que aparecen en la Tabla 2 sobre material genético (naturaleza, localización, función) o su modificación (evolución, mutación y clonación).

Recogidas las respuestas en tablas (Anexo IX), éstas fueron transcritas y analizadas. Dicho análisis se centró en estudiar qué secuencias habían identificado los estudiantes, a qué categoría las habían asignado, su opinión sobre si el tratamiento de la información era o no correcto y la justificación de ésta opinión.

4.2.3. Debate.

En la última sesión de la implementación de la actividad se generó un debate del grupo completo (20 estudiantes) guiado por el docente a cargo de la clase. Este debate fue transcrito (Anexo X) y analizado siguiendo algunas directrices extraídas de la bibliografía especializada: en un primer lugar identificamos los argumentos sustantivos (Toulmin, 1958) expuestos por el grupo y a partir de ellos se identifican los datos, la justificación, la conclusión y la validación por el grupo (adaptado de Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Solbes, Ruiz y Furió, 2010).

4.3. Análisis cuantitativo.

La evaluación cuantitativa de la propuesta didáctica se ha llevado a cabo a través de un análisis de tipo pretest – posttest. El primero fue cumplimentado por estudiantes del tercer curso de ESO, cuando todavía no habían recibido contenidos de Genética en la educación formal. El posttest fue cumplimentado

por los estudiantes de cuarto curso una vez implementados los temas relacionados con Genética, bien de una forma tradicional (grupo control) o bien a través de la propuesta didáctica que se describe en este trabajo (grupo experimental).

	GRUPO CONTROL		GRUPO EXPERIMENTAL	
	3º ESO pretest	4º ESO posttest	3º ESO pretest	4º ESO posttest
N	49	22	29	20
% chicas	49%	50%	38%	45%

Tabla 4

Descripción de la muestra empleada para el estudio. Se indica el número de estudiantes que han contestado el test así como el porcentaje de chicas en cada uno de los grupos de estudiantes

La propuesta didáctica fue implementada en un centro educativo de la ciudad de Jaén a un grupo de 20 estudiantes en el cuarto curso de ESO, como sustitutivo de la explicación tradicional de parte de los contenidos genéticos. Puesto que algunos conceptos científicos relacionados con Genética no eran tratados con esta propuesta didáctica, posteriormente se desarrolló el resto de los contenidos genéticos a través de una metodología más tradicional, centrada principalmente en sesiones de tipo transmisivo, similar a la metodología desarrollada en el grupo control. En este grupo control no se implementó la propuesta descrita en el presente trabajo. Los centros educativos, aun siendo diferentes, tienen características similares en cuanto a nivel socioeconómico de las familias de los estudiantes, propuesta didáctica científica, contenidos científicos abordados en las asignaturas de ciencias, tasa de éxito, notas medias en asignaturas de ciencias, etc. La variable independiente a estudiar es la metodología de aula para tratar los temas relacionados con Genética en el cuarto curso de la ESO.

El test cumplimentado finalmente por todos los grupos de estudiantes consta de ocho ítems donde se incluyen aspectos relacionados con la naturaleza del material genético, evolución, mutación y clonación. Su diseño está basado en

los resultados previos de este trabajo (ideas previas detectadas en los estudiantes y significados transmitidos por las películas) así como en trabajos previos de otros autores donde se identificaron las ideas previas de los estudiantes sobre Genética. En un principio el test constaba de 11 ítems, los cuales fueron reducidos a 8 tras ser cumplimentado por un grupo piloto de 35 estudiantes y detectar algunas imprecisiones en la formulación de los ítems, las cuales generaban dudas en la respuesta de los estudiantes.

Con la intención de analizar la seguridad en la respuesta, aunque la respuesta correcta era única, al estudiante se le indicaba que podían señalar la opción/es que consideraran correctas. Para el análisis de los resultados se le asignó un valor de 10 puntos a aquellas respuestas correctas y únicas; además se le asignó un valor de 5 puntos a aquellas respuestas que incluían la opción correcta y otra incorrecta.

El pretest cumplimentado por estudiantes de tercer curso de ESO sirvió para determinar la homogeneidad de la muestra (en test de hipótesis con Statgraphics Centurium XVI), comparando medias y desviaciones típicas de muestras independientes.

En el grupo control la implementación de los temas con contenidos genéticos se llevó a cabo de manera tradicional, con sesiones distribuidas a lo largo del primer trimestre (10 semanas, 3 horas por semana; en total 30 sesiones de 50 minutos cada una) fundamentalmente de tipo transmisivo y gran apoyo en el libro de texto. En el grupo experimental se inició la implementación de estos temas con la propuesta alternativa basada en análisis de películas, a lo largo de cuatro sesiones, las tres primeras de trabajo autónomo por parte del alumnado en el aula de informática analizando de forma crítica, por parejas, un conjunto de secuencias de películas con contenido genético.

a cuarta sesión consistió en una puesta en común en gran grupo. Tras estas cuatro sesiones, las clases continuaron de manera similar al grupo control durante 6 semanas (18 sesiones más), con la salvedad de que cuando se debían explicar temas ya vistos con la propuesta didáctica, el docente hacía alusión a lo ya visto y no incidía en dichos contenidos. En resumen, el grupo control recibió un total de 30 sesiones de metodología tradicional, mientras que el

grupo experimental recibió un total de 22 sesiones, 4 de ellas desarrollando la propuesta didáctica basada en el análisis de películas¹¹.

La propuesta didáctica implica la sustitución de una metodología por otra a la hora de impartir determinados contenidos, no es un complemento a la docencia tradicional.

¹¹ Este menor número de sesiones en el caso del grupo experimental fue justificado por el docente en base a su criterio profesional, el cual estimaba que el nivel alcanzado por los estudiantes con ese menor número de clases sería suficiente según los criterios de evaluación y calificación establecidos a priori.

RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados obtenidos en la tesis doctoral. Se muestra tanto la naturaleza como el origen de las ideas previas de los estudiantes de ESO sobre algunos aspectos de Genética. A continuación, se incluyen los significados transmitidos por las películas y su relación con las ideas previas de los estudiantes. Por último, se muestran los resultados de la implementación de la propuesta didáctica tanto desde un punto de vista cualitativo como cuantitativo.

1. Naturaleza de las ideas previas.

1.1. Naturaleza y consistencia de las ideas previas.

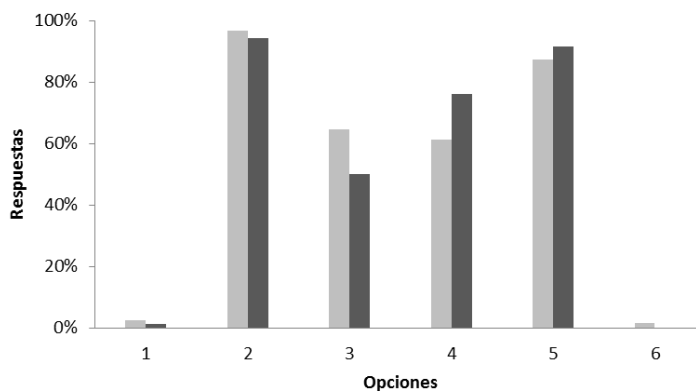
Se ha llevado a cabo el estudio de la naturaleza de las ideas previas que poseen los alumnos sobre diferentes contenidos relacionados con la Genética, así como el análisis de su consistencia, es decir, de su persistencia a la educación formal. Para ello se ha considerado un cuestionario con tres tareas, descrito en el apartado 1.1. de Metodología. Se ha comparado estadísticamente el porcentaje de respuestas para cada ítem de cada pregunta de los alumnos de 3º de ESO (aquellos que aún no han recibido educación formal sobre Genética) con aquellas dadas por alumnos de 4º de ESO (una vez habían trabajado en clase dichos contenidos). La comparación estadística se ha llevado a cabo a través de una prueba de hipótesis (dos muestras independientes) a partir de la diferencia entre las proporciones de dos distribuciones binomiales, (3º y 4º de ESO). El programa informático utilizado ha sido Statgraphics con un $\alpha = 0,05 \%$.

El cuestionario, tal y como se indicó en Metodología, está organizado en tres tareas con diferente grado de cotidianidad. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada tarea en ambos grupos de estudiantes.

Tarea A.- ¿Qué se puede y qué no se puede heredar desde el punto de vista biológico?

A.1.- 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):

- | | |
|------------------|--------------------------------|
| 1. Cicatrices | 4. Nacimiento del pelo en pico |
| 2. Color de ojos | 5. Color de la piel |
| 3. Lunares | 6. Piercing |



Gráfica 1

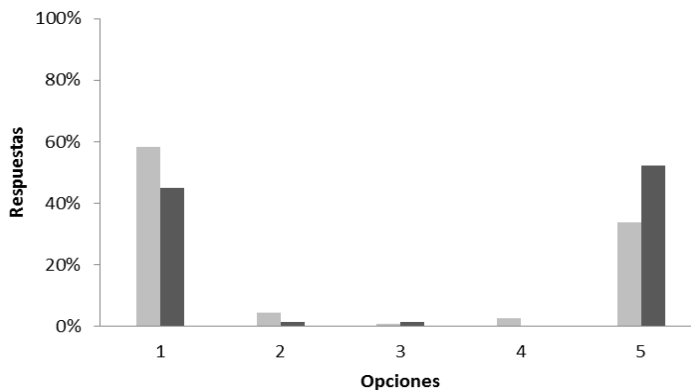
Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 1 de la tarea A de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuestas correctas o más cercanas a lo científicamente aceptado en la actualidad: 2, 4, 5)

Los resultados indican una alta consistencia entre las respuestas dadas por los Alumnos antes y después de la educación formal. Es de destacar el gran porcentaje de estudiantes que afirman erróneamente que los lunares se heredan tanto antes (64,71%) como después (50%) de la educación formal. Por otro lado, se aprecian diferencias estadísticamente significativas en las opciones 3 (lunares) y 4 (nacimiento de pelo en pico). En estos casos, la

educación formal recibida se traduce en un mayor porcentaje de respuestas acertadas para estos ítems.

A.2.- 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?

1. NO. Si la madre no la heredó a su vez de alguno de sus padres, no puede heredarla la hija.
2. SI. Si una hija puede parecerse a su madre en el color del pelo, también puede parecerse en su forma Física y musculatura.
3. NO. Sólo puede heredarlas si su padre también las tiene.
4. SI. Esta herencia se pondrá de manifiesto cuando la niña finalice su crecimiento.
5. Otros.



Gráfica 2

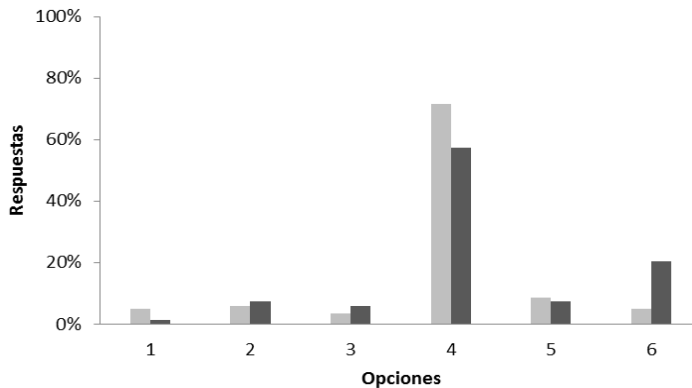
Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 2 de la tarea A de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

Los resultados vuelven a mostrar una gran consistencia tanto antes como después de trabajar en clase los temas de Genética. En relación a la opción 1, podemos destacar que el porcentaje de respuestas correctas es mayor entre los estudiantes de tercer curso (58,41%) que entre los de cuarto (45,07%), lo que podría deberse a que el ejemplo en la educación formal de la adquisición

de musculatura se asocia con “no heredable” y esto puede haber confundido a los alumnos de 4º curso. Por otro lado, llama la atención el elevado porcentaje de otras respuestas dadas por los alumnos tanto antes como después de la implementación de contenidos genéticos. Al revisar las respuestas dadas en este apartado de “otros”, la gran mayoría están de acuerdo con la opción más correcta, aunque los alumnos tienden a explicarla con sus propias palabras. Así, los alumnos antes de recibir contenidos de Genética, aportan respuestas del tipo “no, porque la musculatura no se hereda”, de la misma forma que muchos alumnos tras recibir los contenidos de Genética, también coinciden en la respuesta “no, porque los caracteres adquiridos no se heredan”. Estas respuestas son similares en el fondo, aunque los alumnos de un curso superior utilizan un lenguaje más científico, propio de la educación formal recibida en la asignatura de Biología y Geología.

A.3.- ¿Un hijo tiene que tener el mismo color de ojos que alguno de sus padres?
¿Por qué?

1. NO. Los colores de los ojos de los padres se mezclan y el color de los ojos del hijo es el resultado de la mezcla.
2. SI. El color de ojos del hijo será igual al color de ojos más oscuro.
3. SI. Si el hijo es niño, tendrá el color de ojos del padre, y si es niña, el color de ojos de la madre.
4. 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.
5. 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.
6. Otros.



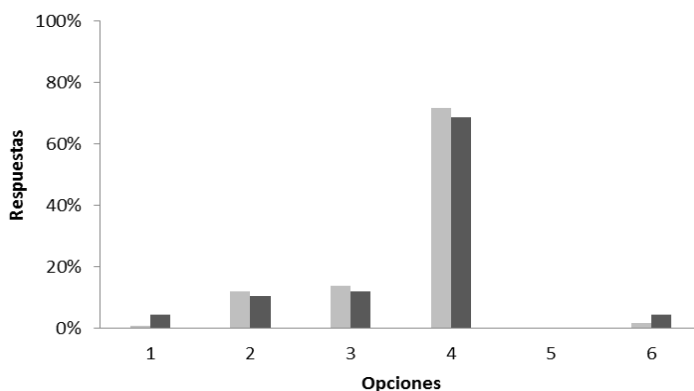
Gráfica 3

Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 3 de la tarea A de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 4)

Al igual que en la pregunta anterior, podemos observar una elevada consistencia entre las respuestas antes y después de implementarse los temas de Genética, ya que no existen diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las opciones de la 1 a la 5. Cabe destacar el hecho de que, para las opciones 2, 3 y 4, los alumnos muestran mayor nivel de acierto cuando todavía no han cursado los contenidos de Genética, lo cual podría sugerir la existencia de ideas previas bastante persistentes a la educación formal e incluso posibles confusiones generadas por la educación formal. Por otro lado, de nuevo, encontramos diferencias significativas en la opción 6 (otros). Estas diferencias indican que hay un mayor porcentaje de estudiantes tras la formación en contenidos genéticos (20,59% frente a 5,17%) que se han encontrado insatisfechos con las opciones ofrecidas en el cuestionario. En este punto, la mayoría de los alumnos que aportan respuestas alternativas tras recibir formación en contenidos genéticos, justifican su respuesta en base a la dominancia o la recesividad de los alelos responsables de este carácter.

A.4.- 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?

1. SI. 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.
2. NO. Porque todos los descendientes serán de pelo blanco, o como mucho, de color gris.
3. SI. Porque puede ser que se produzca una casualidad (o mutación) y que tenga una gatita de pelo negro.
4. SI. Porque si el gato-padre era de pelo negro, hay alguna probabilidad de que los gatitos sean negros.
5. NO. Porque si la madre es blanca, todas las gatitas serán blancas.
6. Otros.



Gráfica 4

Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 4 de la tarea A de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 4)

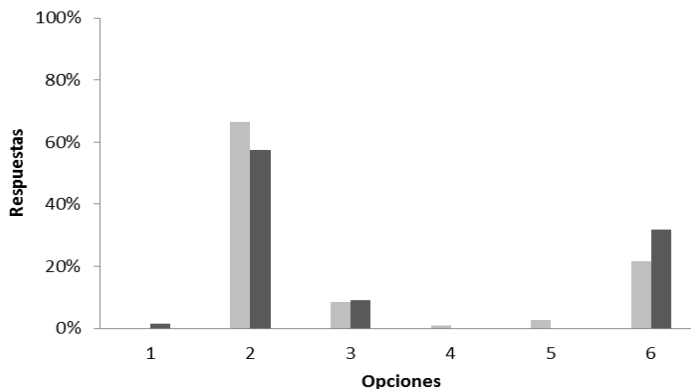
De nuevo podemos constatar la ausencia de diferencias significativas antes o después de la implementación de los temas de Genética ya que en ninguna de las opciones, las diferencias entre porcentajes han sido significativas a nivel

estadístico. Al igual que en la pregunta anterior, la educación formal recibida no parece traducirse en un mayor índice de aciertos, lo cual vuelve a sugerir la existencia de ideas previas persistentes y resistentes al cambio. En este caso, y con respecto a las respuestas seleccionadas por los estudiantes, se observa que la mayoría tienen en cuenta el carácter dominante del “color de pelo negro” y eligen exitosamente la opción 4. En cambio existen pequeños porcentajes de estudiantes que hacen alusión a la herencia intermedia o a las mutaciones para justificar sus respuestas (opciones 2 y 3 respectivamente).

Tarea B.- Naturaleza y localización del material genético

B.1.- ¿Dónde crees que se localiza el ADN?

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. En el corazón | 4. Únicamente en los fósiles |
| 2. En los genes | 5. Solamente debajo de las uñas |
| 3. Solamente en las células reproductoras | 6. Otros |



Gráfica 5

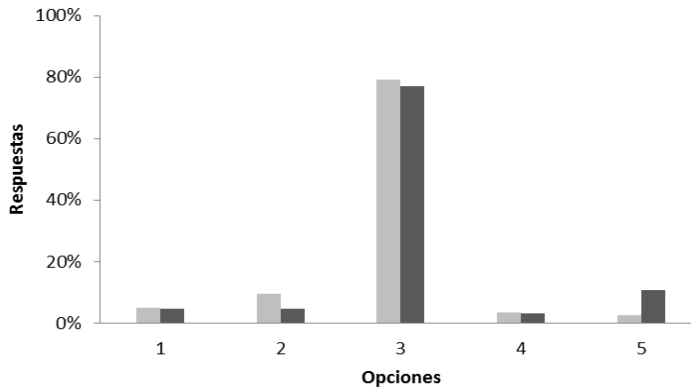
Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 1 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 2)

Al igual que ha ocurrido a lo largo de las diferentes preguntas de la Tarea A, en esta primera pregunta de la Tarea B también se detecta una alta consistencia

en las respuestas antes y después de la implementación de los contenidos de Genética; no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en ninguna de las opciones. Destacamos el hecho de que los alumnos de tercero muestren un mayor porcentaje de acierto para la opción correcta (opción 2, 66,38%) que los de cuarto (57,58%). Por otro lado, destacamos el hecho de que existe un porcentaje de estudiantes (tanto antes -8,62%- como después -9,09%- de la formación en contenidos genéticos) que cree que el ADN solamente se localiza en las células reproductoras (opción 3). Por último, vuelve a ser llamativo el alto porcentaje de respuestas en el apartado “otros”; como comentamos en la tarea anterior, los alumnos tienden a responder correctamente, aunque con sus propias palabras, al no encontrar una respuesta satisfactoria para ellos entre las ofrecidas. Entre las respuestas más repetidas en tercero de ESO están las siguientes: “en el núcleo de las células” o “en todo tipo de células”. En el caso de los alumnos de cuarto de ESO, lo localizan en los cromosomas o en el núcleo de las células.

B.2.- ¿Por qué crees que es importante el ADN para los seres vivos?

1. Porque a partir de él se pueden hacer clones
2. Porque el ADN de padres e hijos es exactamente el mismo
3. Porque contiene la información necesaria para el funcionamiento de las células y, por extensión, del organismo
4. Porque nos aporta energía para que podamos vivir
5. Otros



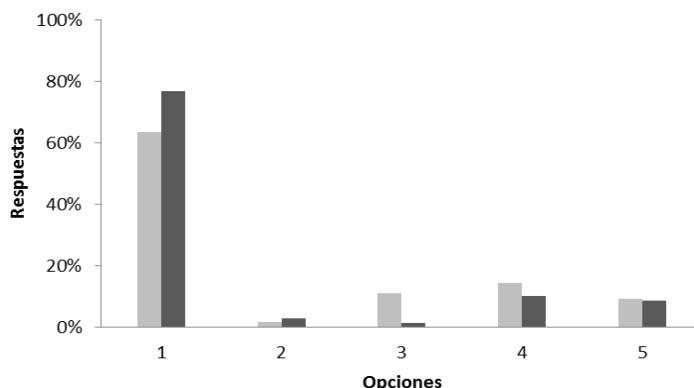
Gráfica 6

Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 2 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 3)

En relación a esta pregunta, se observa también la existencia de consistencia en las respuestas puesto que no se detectan diferencias significativas en ninguna de las opciones. Destacamos que antes de la educación formal en Genética existe casi un 10% de los alumnos que creen que el ADN de padres e hijos es exactamente el mismo. En cuanto al apartado “otros”, la situación es similar a la comentada para preguntas anteriores. En este sentido, los alumnos de cuarto consideran que el ADN es importante porque “contiene la información hereditaria y la que se tiene que transmitir a los descendientes” o porque “es el que contiene el material genético”.

B.3.- ¿Dónde crees que se localizan los genes?

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------------|
| 1. En los cromosomas | 4. Sólo en las células reproductoras |
| 2. En el corazón principalmente | 5. Otros |
| 3. Únicamente en la sangre | |



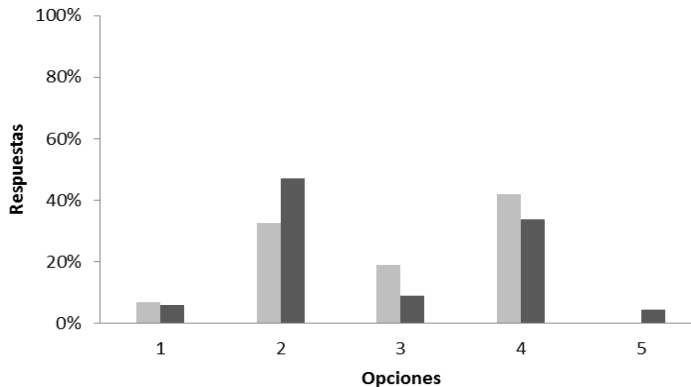
Gráfica 7

Porcentajes de respuesta a cada opción de la pregunta 3 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

En cuanto a la localización de los genes, no existen diferencias significativas antes o después de la formación específica en Genética, excepto para el ítem 3 donde se observa que tras la educación formal, desciende significativamente el porcentaje de estudiantes que responde que los genes solo están en las células reproductoras. Por otro lado, y con respecto a la opción 4, es de destacar que un 10% de los estudiantes de cuarto curso siguen considerando que los genes se localizan únicamente en la sangre. Por último, y en relación a la opción “otros” se detecta que, los alumnos de tercer curso localizan los genes en la célula, sin entrar en mayor nivel de detalle, mientras que los estudiantes de un curso superior lo localizan mayoritariamente en el ADN.

B.4.- ¿De qué crees que están hechos los genes?

1. Mayoritariamente de agua, como el citoplasma de las células.
2. De ADN y proteínas.
3. De células.
4. Sólo de ADN.
5. Otros.



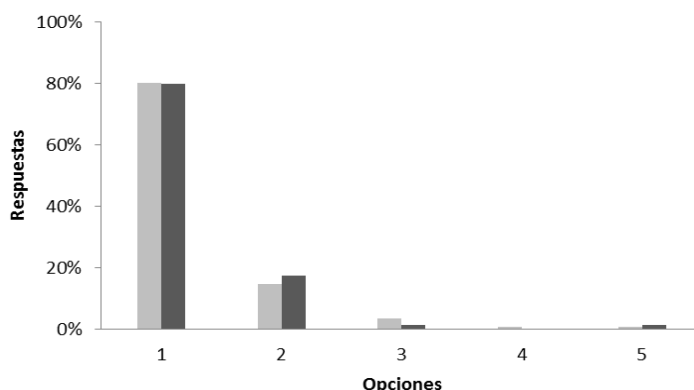
Gráfica 8

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 4 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 4)

En relación a los materiales de los que están constituidos los genes, merece la pena destacar el alto porcentaje de alumnos de 4º de ESO (47,06%) que consideran a las proteínas como parte fundamental de los genes, siendo este porcentaje significativamente mayor que el de los alumnos de 3º (32,48%). Por otro lado, llama también la atención el hecho de que tras la educación formal, cerca de un 10% de los alumnos de 4º de ESO sigan considerando que los genes están hechos de células. Por último comentar que, con respecto a la opción correcta (4), el porcentaje de alumnos de 3º de ESO que responden correctamente (41,88%) es superior al de los alumnos de 4º de ESO (33,82%).

B.5.- ¿Por qué crees que son importantes los genes?

1. Porque son los responsables de las características que posee una persona.
2. Porque necesitamos fabricarlos a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características Físicas.
3. Porque si mutan nos podemos transformar.
4. Porque en ellos "está escrito" los años que vamos a vivir.
5. Otros



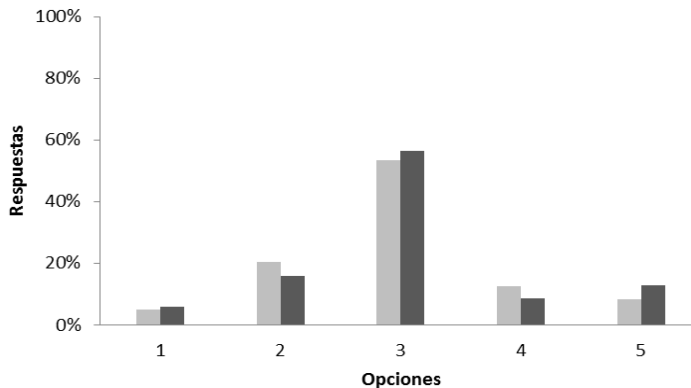
Gráfica 9

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 5 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

En relación a la importancia de los genes, volvemos a constatar una alta consistencia entre las respuestas dadas por los alumnos antes y después de haberse implementado los contenidos de Genética. Es interesante resaltar el 17% de alumnos de 4º de ESO que optan por la opción 2, incluso mayor que el de los alumnos de 3º para esta opción.

B.6.- ¿Dónde crees que se localizan los cromosomas?

1. En el corazón.
2. En los genes.
3. En cualquier célula.
4. Solamente en los órganos genitales
5. Otros



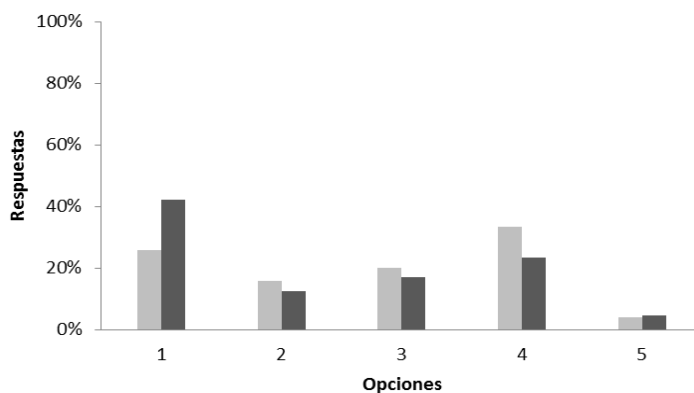
Gráfica 10

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 6 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 3)

En cuanto a la localización de los cromosomas, se observa de nuevo bastante consistencia en las respuestas para ambos cursos. En este caso parece que la educación formal se traduce en mejores resultados para los alumnos de 4º de ESO en comparación con los de 3º, aunque las diferencias no son significativas (ver opciones 2 y 4), aunque destaca el hecho de que un porcentaje significativo de alumnos de ambos cursos (12,71% en 3º y 8,70% en 4º) localizan los cromosomas en los genes o en los órganos genitales exclusivamente. Los alumnos que optan por el apartado “otros”, independientemente del curso, hacen referencia al núcleo de las células mayoritariamente

B.7.- ¿De qué sustancia están hechos los cromosomas?

1. De ADN y proteínas.
2. De sustancias como glúcidos y/o lípidos.
3. Sólo de ADN.
4. De tejido conjuntivo.
5. Otros



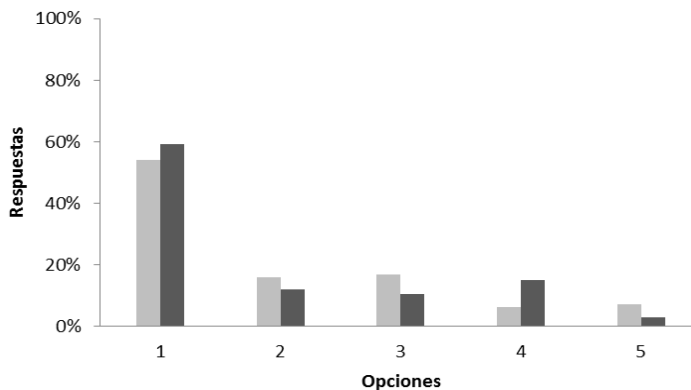
Gráfica 11

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 7 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

En relación a esta pregunta, la educación formal refleja mejores resultados para los alumnos de 4º de ESO ya que existen diferencias significativas entre las respuestas de los alumnos para la opción 1. Aun así, merece la pena destacar el hecho de que un elevado porcentaje en ambos grupos de alumnos, (36,15% antes y 29,79% después de la formación en Genética), no consideren al ADN como constituyente fundamental de los cromosomas, considerando como constituyentes ciertas sustancias orgánicas o incluso algunos tipos de tejidos (opciones 2 y 4, respectivamente).

B.8.- ¿Por qué son importantes los cromosomas?

1. Porque están formados por genes, los cuales determinan cómo es un ser vivo.
2. Porque son los responsables de que nuestro cuerpo se mantenga en buen estado.
3. Porque son fácilmente manipulables, pudiendo cambiarlos, aumentar o disminuir su número para mejorar nuestra salud.
4. Porque están en las células sexuales.
5. Otros



Gráfica 12

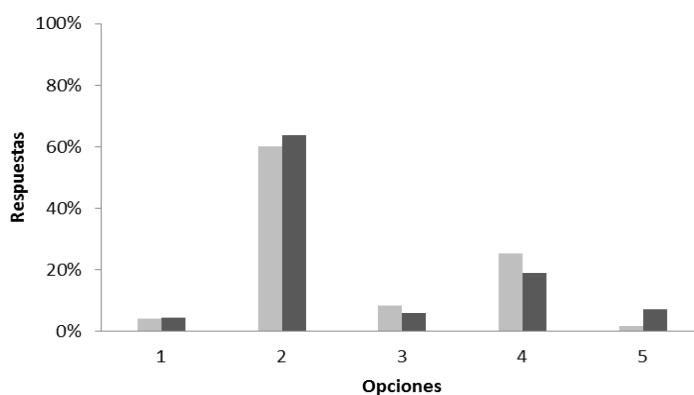
Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 8 de la tarea B de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

Para esta última pregunta de la tarea B, se sigue detectando una gran consistencia en las repuestas independientemente de que haya habido formación específica en Genética, ya que solamente hay diferencia significativa estadísticamente en una de las opciones planteadas (opción 4). En relación a la importancia de los cromosomas, existe un porcentaje de alumnos (37,88%, opciones 2, 3 y 4) que, incluso tras la implementación de los contenidos de Genética, no relacionan los cromosomas y los genes, destacando dentro de este porcentaje aquellos que relacionan la importancia con su ubicación únicamente en las células sexuales (15,15%); este porcentaje es incluso significativamente superior al de los alumnos de 3º (6,19%).

Tarea C. - Relación entre la herencia y la célula.

C.1.- 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?

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. Ninguna de las anteriores. Cada célula lleva su propia información Genética, de forma que cada una “sabe” qué hacer independientemente de las demás.
5. Otros.



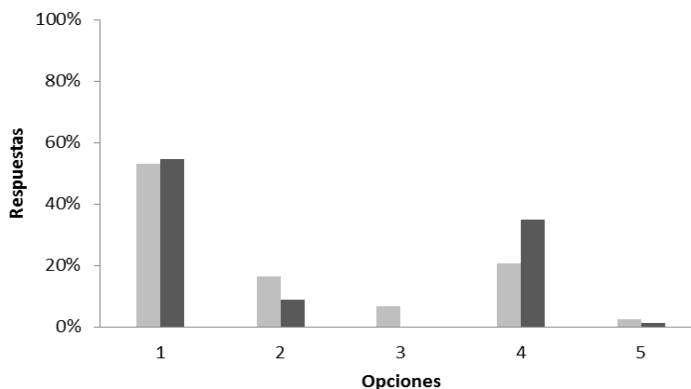
Gráfica 13

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 1 de la tarea C de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 2)

En relación a esta pregunta, volvemos a constatar la ausencia de diferencias significativas entre ambos cursos. A pesar de que los alumnos eligen mayoritariamente la respuesta correcta tanto antes (60,17%) como después (63,77%) de trabajar Genética en clase, llama la atención el número de alumnos de 4º de ESO que eligen la opción 4 (18,84%) relacionada con la autonomía de la célula.

C.2.- ¿Existe alguna relación entre los caracteres que heredamos y las células de nuestro cuerpo?

1. Sí. Las estructuras responsables de los caracteres que heredamos están en todas las células de nuestro cuerpo.
2. No. Las células sólo sirven para formar los tejidos y los órganos de nuestro cuerpo.
3. No. Si las estructuras responsables de los caracteres que heredamos entran en contacto con las células, éstas se destruyen.
4. Sí. Las estructuras responsables de los caracteres están exclusivamente en las células reproductoras (óvulos y espermatozoides).
5. Otros.



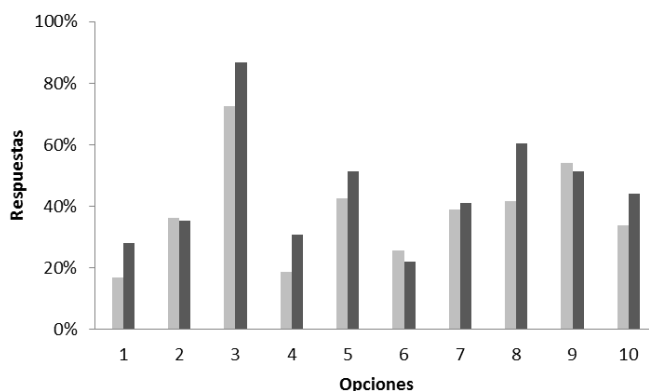
Gráfica 14

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 2 de la tarea C de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuesta correcta o más cercana a lo científicamente aceptado en la actualidad: 1)

En relación a esta pregunta, llama la atención la aparición de diferencias estadísticamente significativas entre las respuestas dadas por los alumnos de 3º y 4º de ESO para las opciones 3 y 4. Si bien para la opción 3 parece claro que la educación formal es determinante, pues no es elegida por ningún alumno de 4º curso, para la opción 4 la consistencia de ideas previas erróneas se muestra de forma contundente, así como posibles confusiones generadas por la educación formal (la opción 4 fue elegida por el 34,85% de los alumnos de cuarto curso frente al 20,87% de los alumnos de tercero). En cualquier caso, se siguen asociando caracteres heredables exclusivamente con células reproductoras.

C.3.- De las siguientes estructuras celulares, indica cuáles están relacionadas con la herencia Genética (puedes elegir más de una estructura celular).

- | | |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. Aparato de Golgi | 6. Retículo endoplasmático rugoso |
| 2. Lisosomas | 7. Membrana plasmática |
| 3. Núcleo | 8. Mitocondrias |
| 4. Vacuolas | 9. Citoplasma |
| 5. Ribosomas | 10. Cloroplastos |



Gráfica 15

Porcentajes de respuesta a cada una de las opciones de la pregunta 3 de la tarea C de estudiantes antes (■) y después (■) de haber recibido clase sobre contenidos genéticos. (Respuestas correctas o más cercanas a lo científicamente aceptado en la actualidad: 3, 8 y 10)

Al analizar los resultados para esta pregunta, podemos destacar de forma general el hecho de que la consistencia de las ideas previas es muy alta, no apareciendo diferencias estadísticamente significativas para la mayoría de los ítems considerados. No obstante, parece interesante resaltar algunas cuestiones. En primer lugar, existen diferencias estadísticamente significativas antes y después de la educación formal a la hora de elegir las opciones 3 y 8, relacionados con el núcleo y las mitocondrias, siendo estas opciones más elegidas tras el estudio de la Genética (86,76% y 60,29% respectivamente) que previamente a su abordaje en clase (72,57% y 41,59%, respectivamente). Sin embargo, para los ítems 1, 4, 5 y 7 la educación formal parece no haber contribuido a un aprendizaje significativo, pues estas respuestas erróneas son más elegidas después de la formación en Genética. Señalar que existe un alto porcentaje de respuestas que implican los orgánulos del citoplasma en la herencia de los caracteres, incluso tras la educación formal. Por último, nos ha sorprendido el alto porcentaje de respuestas que incluyen a los cloroplastos como orgánulos relacionados con la herencia Genética (opción 10), ya que el material genético contenido en ellos y sus repercusiones en la herencia de caracteres en plantas no es generalmente incluido en el temario de cuarto curso de ESO.

A modo de resumen, podemos resaltar como aspecto común a las tres tareas planteadas el hecho de que, en general, las diferencias existentes entre las respuestas dadas por los alumnos antes y después de la educación formal de los contenidos genéticos no son estadísticamente significativas. A veces incluso los estudiantes tras el estudio de la Genética eligen respuestas incorrectas en mayor proporción que aquellos estudiantes que todavía no la han abordado en clase, lo que refleja que la educación formal no aporta cambios significativos en cuanto a las concepciones que los alumnos tienen sobre los temas genéticos planteados, pudiendo incluso reforzar algunas de ellas. En concreto, y tras este análisis, podemos extraer las siguientes ideas previas como algunas de las detectadas en nuestros estudiantes, independientemente de haber recibido o no formación específica sobre Genética:

- Los lunares se heredan.
- El fenotipo de un carácter para un individuo es siempre intermedio entre los fenotipos de ese carácter en cada uno de los padres.
- El ADN se localiza únicamente en las células reproductoras.
- El ADN de padres e hijos es idéntico.
- Los genes se localizan únicamente en las células reproductoras.
- Los genes se localizan únicamente en la sangre.
- Las proteínas son parte fundamental de los genes.
- Los genes están hechos de células.
- Los genes se van fabricando a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características Físicas.
- Los cromosomas se localizan en los genes.
- Los cromosomas se localizan en los órganos genitales exclusivamente.
- El ADN no es constituyente fundamental de los cromosomas.
- Los cromosomas están constituidos fundamentalmente por diferentes tipos de materia orgánica (glúcidos, lípidos...).
- No existe relación entre cromosomas y genes.
- Los cromosomas son importantes porque están en las células sexuales.
- Cada célula lleva su propia información Genética, de forma que cada una “sabe” qué hacer independientemente de las demás.
- Se asocian caracteres heredables exclusivamente con células reproductoras.
- No se identifican correctamente las estructuras celulares relacionadas con la herencia Genética.

1.2. Ideas previas detectadas en trabajos anteriores.

Una vez expuestos los resultados sobre las ideas previas que mantienen nuestros estudiantes sobre algunos contenidos de Genética, pasamos a exponer los resultados de las diferentes investigaciones que han tratado de identificar los significados personales de los estudiantes con respecto a diferentes conceptos de Genética.

Tal y como se ha mencionado en el apartado de Metodología, se llevó a cabo una revisión bibliográfica, en primer lugar de forma general y posteriormente más detallada, extrayendo aquellas ideas previas detectadas por otros

investigadores y que coinciden total o parcialmente con las identificadas en este trabajo.

En relación con la naturaleza, estructura o función del material genético, estos estudios concluyen que:

- Existe poca comprensión de términos básicos como gen, cromosoma, alelo, gameto o cigoto (Longden, 1982; Collins y Stewart, 1989).
- No se relacionan conceptos como gen y alelo, alelo y cromosoma, gameto y cromosoma o gen y carácter (Stewart, 1982, Lewis y otros, 2000a)
- Existen cromosomas masculinos (Y) o femeninos (X) (Lewis y Kattman, 2004).
- Genes y ADN se localizan en lugares totalmente diferentes (Venville y otros, 2004).
- Ciertos organismos como los árboles, los helechos, los virus o las bacterias no contienen información Genética (Lewis y Wood-Robinson, 2000; Lewis y otros, 2000a).
- No todas las células tienen cromosomas (Banet y Ayuso, 2000).
- El ADN se considera algo abiótico, como un código de barras, que puede usarse para identificación de las personas (Venville y otros, 2004).

Con respecto a la herencia de caracteres, diferentes estudios han identificado lo siguiente:

- Existe una ausencia de relación entre el mecanismo de la herencia y los genes o el ADN (Venville y Donovan, 2007).
- Existe una transferencia de caracteres hereditarios que no han sufrido cambio (Lewis y Kattmann, 2004).

Por otro lado, algunas de las ideas de los alumnos relacionadas con la alteración del material genético (mutaciones), recogidas en estos estudios indican lo siguiente:

- Los estudiantes consideran que una mutación es cualquier cambio que tiene lugar en un organismo (Albadalejo y Lucas, 1988).

- Generalmente una mutación tiene connotaciones negativas (Cho y otros, 1985).
- Las mutaciones se originan para sobrevivir a los cambios del entorno (Jensen y Finley, 1995; Banet y Ayuso, 2003).

El concepto de clonación es otro aspecto que se ha investigado en diferentes trabajos y se ha detectado que genera dudas entre los alumnos:

- Clonar es sinónimo de “copiar” o “duplicar” algo, confunden clonación e ingeniería Genética (Dawson y Schibeci, 2003).
- Al clonar, se pueden elegir Genéticamente características humanas que tienen un fuerte componente medioambiental (inteligencia, agresividad, fuerza Física, bondad, etc.) o suponen que los clones humanos son completamente idénticos, incluidas las características mencionadas anteriormente (Reis y Galvão, 2004).

Por último, merece la pena resaltar los significados relacionados con la evolución. En este sentido, los aspectos más destacables son los siguientes:

- Las características de los organismos dependen más del entorno que de factores hereditarios (Deadman y Kelly, 1978; Hackling y Tregust, 1984; Bizzo, 1994).
- No se han superado ideas previas lamarckianas (Jiménez Aleixandre y Fernández, 1987; 1989; Settlage, 1994).
- Se observa cierta confusión entre lo que ocurre a nivel de individuo u organismo y lo que ocurre a nivel de especie o población (Jensen y Finley, 1996).
- Se sigue apoyando la adaptación gradual de los organismos vivos a las condiciones del entorno (Banet y Ayuso, 2003).
- Existe dificultad para entender variaciones intraespecíficas o el origen y mantenimiento de caracteres (Clough y Wood-Robinson, 1985; Ayuso y Banet, 1998).
- No se distingue entre células somáticas y gametos (Lewis y Wood-Robinson, 2000; Lewis y otros, 2000b).
- Se cree que 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) (Brumby, 1979; Jiménez Aleixandre, 1990; Clough y Wood-Robinson, 1985).

Como podemos comprobar, existen numerosas coincidencias entre las ideas previas de los alumnos sobre Genética detectadas por diferentes investigadores y aquellas detectadas por nosotros en el presente estudio. Estas coincidencias hacen referencia fundamentalmente a diferentes características relacionadas con el material genético, como su naturaleza, su localización o su función, así como a algunos aspectos que tienen más que ver con la modificación del material genético, en concreto conceptos relacionados con aspectos evolutivos.

2. Origen de las ideas previas.

Llegados a este punto, y partiendo de que los estudiantes de ESO acceden al acto de aprender Genética con ideas previas que persisten a la educación formal, quisimos determinar cuál era el origen de las mismas. Para ello, y según se ha explicado en el apartado 2 de Metodología, se elaboró un cuestionario que fue respondido por diferentes grupos de estudiantes, de tercer y cuarto curso de ESO de cuatro centros educativos diferentes de la ciudad de Jaén (Marcelo Spínola, I.E.S. Fuente de la Peña, San Vicente de Paul e I.E.S. El Valle) pero con similares en características socioeconómicas.

En primer lugar, los estudiantes fueron encuestados sobre el tiempo que dedicaban de media a ver la televisión; las respuestas revelaron que la mayoría de los estudiantes tanto de tercer como de cuarto curso (52,52% y 52,58% respectivamente) emplean una media diaria de 150 minutos o más en esta actividad. En segundo lugar se les preguntó sobre si habían oído determinados conceptos genéticos¹² y sobre si los relacionaban con contenidos genéticos. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Concepto	Tercer curso		Cuarto curso	
	(a)	(b)	(a)	(b)
ADN	99,09	98,17	100,00	98,51
Cromosoma	95,33	87,25	97,01	93,85
Clon	86,92	94,62	95,59	84,62
Gen	82,69	96,51	98,51	98,48
Mutación	79,61	80,49	98,53	92,54
Alelo	1,96	50,00	86,36	89,47
Transformación	76,19	50,00	77,27	52,94

Tabla 5

Identificación de algunos términos y su relación con la Genética. Para cada grupo de estudiantes, en la columna (a) se muestra el porcentaje de ellos que habían oído hablar del concepto correspondiente (y creían conocerlo). En la columna (b) se muestra el porcentaje de estudiantes (de entre los que conocían el concepto) que decían que ese concepto tenía relación con la Genética

¹² Se incluye el término “transformación” debido a que en muchos casos los medios de comunicación asignan al término “evolución” o “mutación” el significado de transformación (Abril, Muela y Mayoral, 2003).

Se puede observar que conceptos tales como “ADN”, “cromosoma”, “clon”, “gen” y “mutación” eran conocidos por la mayoría de los estudiantes antes de la educación formal en contenidos genéticos, y la mayor parte de los estudiantes los relacionan con la Genética. Estos mismos datos, incluso más acentuados, se reproducen en los estudiantes de cuarto curso, lo cual es lógico tras la implementación de diferentes temas relacionados con Genética. Por otro lado, con respecto al concepto “alelo”, los estudiantes de tercer curso lo desconocen en su inmensa mayoría, y la mitad de los que dicen conocerlo lo relacionan con Genética; en cambio, los estudiantes de cuarto curso conocen este concepto y lo relacionan con Genética correctamente. Por último, es de destacar que con respecto al concepto “transformación”, más del 75% de los estudiantes tanto antes como después de trabajar los contenidos genéticos en clase dicen conocerlo, y más de la mitad de ellos lo relacionan con dichos contenidos genéticos.

Finalmente, el cuestionario se centró en averiguar cuál era la fuente de este conocimiento. En la siguiente tabla se muestran los resultados (en la lectura de esta tabla se debe tener en cuenta que las opciones que se ofrecieron a los estudiantes fueron tres: Cine-Televisión, Colegio, Otros).

Concepto	Tercer curso		Cuarto curso	
	Cine-TV	Colegio	Cine-TV	Colegio
ADN	48,89	49,63	41,03	58,97
Cromosoma	7,41	90,74	9,68	85,48
Clon	71,79	27,35	50,00	48,75
Gen	14,58	84,38	32,35	67,65
Mutación	82,61	16,30	32,79	63,93
Alelo	42,86 ¹³	57,14	5,26	92,98
Transformación	61,36	34,09	39,58	58,33

Tabla 6

Origen del conocimiento de los estudiantes sobre algunos términos relacionados con la Genética

¹³ Este dato nos resulta ambiguo si lo comparamos con cuarto curso y no sabemos bien la causa. Podría ser una mala interpretación de las respuestas de los estudiantes a la pregunta o confusión con otro concepto.

Según los resultados obtenidos, los estudiantes antes de trabajar los contenidos genéticos en el aula indican fundamentalmente tres conceptos conocidos a través del cine y/o la televisión: “ADN”, “clon” y “mutación”. Por el contrario existen términos tales como “cromosoma” o “gen” que han sido conocidos, fundamentalmente, a través de la educación formal.

Con respecto a los estudiantes de cuarto curso, en general, se observa que indican como principal fuente de conocimiento de conceptos genéticos la educación formal (especialmente para el concepto “alelo”, 92,98%), aunque todavía se observan porcentajes significativos que indican como fuente de información el cine y la televisión para términos como “ADN”, “clon”, “gen” o “mutación”.

3. Significados transmitidos por las películas vs ideas previas de los estudiantes

En el apartado anterior se ha estudiado la naturaleza, consistencia y origen de las ideas previas que los estudiantes tienen sobre diferentes aspectos de Genética.

Puesto que es un hecho que los estudiantes tienen ideas previas relacionadas con Genética y que, según ellos, lo han “aprendido” a través de los medios de comunicación, a continuación se va a analizar, por un lado, cuáles son los significados genéticos que transmiten las fuentes de conocimiento de los estudiantes (por la extensión del tema, nos centraremos únicamente en películas), y por otro lado veremos si estos significados concretos están presentes entre las ideas previas de los estudiantes.

3.1. Significados transmitidos por las películas

Como se ha mencionado anteriormente, en primer lugar vamos a analizar los significados sobre Genética transmitidos por las películas. Para ello debemos de conocer cuáles son las películas con contenido genético que más frecuentemente visualizan los estudiantes. Se realizó un sondeo entre el conjunto de estudiantes tanto de tercero como de cuarto curso ofreciéndoles un listado de diferentes películas que incluyen aspectos relacionados con Genética en sus argumentos y que recientemente habían sido emitidas por televisión o proyectadas en los cines. En la Tabla 7 se muestran los resultados.

Película	3º curso (n = 119)	4º curso (n = 71)
Spiderman (Sp)	83,2	80,0
Spiderman 2	61,3	72,9
Spiderman 3	41,2	61,4
Parque Jurásico (Jp)	54,6	81,4
Parque Jurásico 2	42,0	67,1
Parque Jurásico 3	28,6	61,4
Los Cuatro Fantásticos (Ff)	52,1	62,9
La Isla (Ti)	69,0	57,1
X-Men (Xm)	35,3	57,1
X-Men 2	28,6	42,9
X-Men 3	21,0	37,1
El sexto día	8,4	14,3
Species	3,3	4,3
Species 2	2,5	4,3
El enviado	2,5	1,4
ADN	2,5	5,7
Gattaca	0,0	4,3

Tabla 7

Películas más vistas por los estudiantes. Se indica el porcentaje de estudiantes que indicaron haber visto cada una de estas películas

Según estos resultados, pasamos a analizar los significados transmitidos de las películas más vistas por los estudiantes en su conjunto (Sp, Ti, Jp, Ff y Xm). Aunque algunas películas han sido vistas por un elevado porcentaje de alumnos, en concreto Parque Jurásico II y III y Spiderman II y III, no se han incluido en el estudio pues el tratamiento de contenidos genéticos en ellas es muy escaso y en gran medida coinciden con los expuestos en las primeras películas de las sagas.

Antes de mostrar los significados transmitidos por las películas, se muestra un breve resumen de cada una de las películas analizadas.

TÍTULO: Spiderman

DIRECTOR: Sam Raimi

AÑO: 2002

PRODUCCIÓN: Sony Pictures y
Estudios Marvel

GENERO: Fantástico, acción

PROTAGONISTAS: Tobey Maguire, Kirsten Dunst,
Willem Dafoe, James Franco

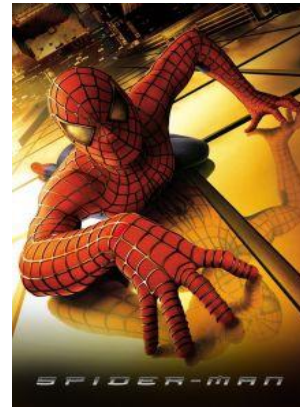


Figura 3. Cartel de la película "Spiderman"

ARGUMENTO: Peter Parker (Tobey Maguire), protagonista principal de la película, es un estudiante adolescente que vive con sus tíos tras quedarse huérfano. Inteligente, pero con escasas habilidades sociales, está enamorado de Mary Jane Watson (Kristen Dunst). Un día, durante una visita a un laboratorio de ingeniería Genética con el instituto, Peter es picado por una araña manipulada Genéticamente. Unas horas después, su cuerpo sufre una transformación radical, adquiriendo las características introducidas en las arañas modificadas Genéticamente: mayor potencia muscular, mayores reflejos y mejor visión, capacidad para producir y lanzar telarañas, etc. Ante esta nueva dimensión y tras graduarse en el instituto, decide utilizar estos poderes para luchar contra el mal, convirtiéndose en el superhéroe Spiderman, compaginando esta nueva situación con su trabajo recién conseguido de fotógrafo del diario Daily Bugler. Como superhéroe habrá de enfrentarse a Norman Osborn (Willem Dafoe), también conocido como Duende Verde, dueño de Oscorp (una fábrica de armamento para el ejército) y padre de Harry Osborn (James Franco), el mejor amigo de Peter y novio de Mary Jane. Norman prueba sobre sí mismo el nuevo invento de Oscorp (los potenciadores de rendimiento), que le confieren superpoderes y que al mismo tiempo le hacen quedar demente y bipolar. La lucha entre Peter y Norman marca el desarrollo del resto de la película, que finaliza con la muerte de Norman a manos de Spiderman, la atracción entre Mary Jane y el propio Spiderman y la ira de Harry hacia el superhéroe al que considera responsable de la muerte de su padre.

TÍTULO: La Isla (The Island)

DIRECTOR: Michael Bay

AÑO: 2005

PRODUCCIÓN: DreamWorks Pictures /

Warner Bros. Pictures

GENERO: Ciencia Ficción

PROTAGONISTAS: Ewan McGregor, Sean Bean

Scarlett Johansson



Figura 4. Cartel de la película "La Isla"

ARGUMENTO: Lincoln 6-Eco (Ewan McGregor) y Jordan 2-Delta (Scarlett Johansson) forman parte de un grupo de “seres humanos” que han sobrevivido a una catástrofe que contaminó gravemente el planeta. Su vida transcurre dentro de una rutina estricta y la mayor ilusión es ir a “La Isla”, el único sitio de la Tierra libre de contaminación y similar a un paraíso. Sin embargo, la curiosidad de Lincoln 6-Eco le lleva a descubrir que su vida es una gran mentira. Tras escapar junto con Jordan 2-Delta del sitio en el que viven y con la ayuda de un trabajador, descubren que en realidad son clones de personas que viven en un mundo real, libre de contaminación. Ellos han sido creados para ser donantes de órganos, tejidos o incluso hijos de esas personas, las cuales han gastado una fortuna para ello. Mientras, el Dr. Merrick (Sean Bean), responsable de la empresa que produce los clones (llamados agnates), inicia una búsqueda frenética de Lincoln y Jordan, para evitar la quiebra y la ruina de su empresa, así como su desprestigio personal. En el mundo real, mientras tratan de esquivar a sus perseguidores, Lincoln encuentra a su “patrocinador”, estableciéndose una relación entre ambos que, al final, lleva a la muerte de éste. Finalmente, Lincoln y Jordan consiguen liberar a todos los clones, en una lucha que conlleva la muerte del Dr. Merrick y la desaparición de la empresa de clonación.

TÍTULO: Parque Jurásico (Jurassic Park)

DIRECTOR: Steven Spielberg

AÑO: 1993

PRODUCCIÓN: Amblin Entertainment

GENERO: Aventuras – Ciencia Ficción

PROTAGONISTAS: Sam Neill, Laura Dern,
Jeff Goldblum, Richard Attenborough

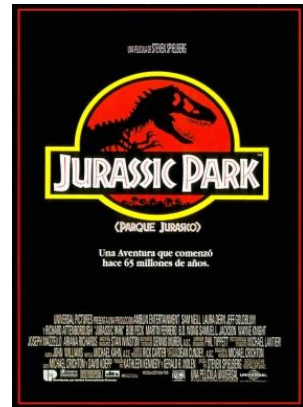


Figura 5. Cartel de la película "Parque Jurásico"

ARGUMENTO: John Hammond (Richard Attenborough) es el gerente de InGen (*Tecnologías Genéticas Internacionales, Inc.*, por sus siglas en inglés), una empresa que mediante el uso de técnicas de ingeniería Genética ha conseguido devolver a la vida numerosas especies de dinosaurios extintos, y que pretende construir un parque zoológico de estos organismos en la Isla de Nublar (Costa Rica). Tras un accidente con uno de los empleados, los inversores de InGen presionan a Hammond para que se haga una supervisión del proyecto por parte de paleontólogos especialistas en dinosaurios. Para ello contacta con el doctor Alan Grant (Sam Neil) y la doctora Ellie Sattler (Laura Dern), autoridades en este campo, junto con el doctor en matemáticas Ian Malcom (Jeff Goldblum), que acompañan a Hammond a la Isla de Nublar. Allí, Hammond les explica el proceso seguido para crear los dinosaurios (clonación Genética a partir de ADN de dinosaurio, extraído de mosquitos contemporáneos conservados en ámbar) y les invita a un recorrido por el parque, que harán junto con los nietos de Hammond. Mientras, un empleado de InGen ha sido sobornado por una empresa rival, desconectando las medidas de seguridad del parque para poder escapar llevando varios embriones robados. El recorrido por el parque se detiene automáticamente en la zona del tiranosaurio. La ausencia de las medidas de seguridad y la llegada de un tifón tropical complican la situación, desatándose a partir de ese momento una lucha de los protagonistas para escapar de los dinosaurios más peligrosos e intentar alcanzar el puesto de control con el objetivo de abandonar la isla.

TÍTULO: Los cuatro fantásticos (Fantastic Four)

DIRECTOR: Tim Story

AÑO: 2005

PRODUCCIÓN: Marvel Enterprises

GENERO: Superhéroes – Ciencia Ficción

PROTAGONISTAS: Jessica Alba, Ioan Gruffudd,
Michael Chiklis, Chris Evans, Julian McMahon,
Kerry Washington



Figura 6. Cartel de la película "Los 4 Fantásticos"

ARGUMENTO: El Dr. Reed Richards (Ioan Gruffudd), científico e inventor, tiene como objetivo viajar al espacio para estudiar una tormenta cósmica, con la intención de desvelar los códigos genéticos de los seres humanos en beneficio de la humanidad. Para ello se ve obligado a recurrir al poderoso multimillonario Víctor Von Doom (Julian McMahon), su compañero y rival en la universidad, para que financie la expedición. El Dr. Reed irá acompañado en esta aventura por su mejor amigo, el astronauta Ben Grimm (Michael Chiklis) y por Sue Storm (Jessica Alba), especialista en Genética, antigua novia de Reed y empleada de la empresa de Víctor. Además, viajan en la expedición el propio Von Doom y el hermano menor de Sue, el piloto Johnny Storm (Chris Evans). Conforme se aproximan a la tormenta, comprueban que ésta lo hace a una velocidad mucho mayor de la calculada, por lo que no tienen tiempo de protegerse adecuadamente y todos ellos se ven expuestos a altos niveles de radiación cósmica que altera gravemente su ADN. Esta alteración sufrida empieza a manifestarse tras su regreso a la Tierra, mostrando todos ellos poderes sobrenaturales, convirtiéndose así en los cuatro fantásticos: Mister Fantástico (Dr. Reed), La Chica Invisible (Dra. Sue), La Antorcha Humana (Johnny) y La Cosa (Ben). Todos ellos deciden utilizar sus poderes para salvar el mundo. Sin embargo, Víctor no sigue el mismo camino de sus compañeros de viaje, orientando sus poderes hacia un lado más oscuro. Se establece entonces una lucha entre los cuatro fantásticos y Víctor, decantándose la victoria, como no podía ser de otra manera, del lado de los primeros.

TÍTULO: X-Men

DIRECTOR: Bryan Singer

AÑO: 2000

PRODUCCIÓN: 20th Century Fox /
Marvel Entertainment Group

GENERO: Superhéroes – Ciencia Ficción

PROTAGONISTAS: Hugh Jackman, Halle Berry,
Patrick Stewart, Ian McKellen, Anna Paquin,
Famke Janssen, Bruce Davison, James Marsden,

ARGUMENTO: Los mutantes están empezando a proliferar entre la población del planeta. Algunos niños nacen con características Genéticas que les confieren poderes sobrenaturales a partir de la adolescencia. Un sector de la población, encabezado por el senador Kelly (Bruce Davison) está radicalmente en contra de los mutantes y centra todos sus esfuerzos en que se cree un registro de mutantes, para tenerlos controlados. Mientras, el doctor Charles Xavier (Patrick Stewart), experto en mutación Genética y a su vez poderoso mutante, aboga por la integración de éstos en la población, enfrentándose con Magnus, también conocido como Magneto (Ian McKellen), un mutante con poderes extraordinarios, quien considera a los no mutantes como seres inferiores. Charles Xavier y Magneto, otrora aliados, construyeron una máquina capaz de emitir una radiación que fuerza la mutación en los humanos ordinarios, otorgándoles poderes. La posibilidad de una coexistencia pacífica entre mutantes y humanos separó y enfrentó a ambos. El empleo de la máquina de mutación por parte de Magneto con fines destructivos complica el ambiente de enemistad manifiesta existente entre ambos. Logan (Hugh Jackman), Fénix (Famke Janssen), Cíclope (James Marsden), Tormenta (Halle Berry) y Rogue (Anna Paquin), mutantes partidarios del Dr. Charles, mantienen un fuerte enfrentamiento con Dientes de Sable (Tyler Mane), Toad (Ray Park) y Mistyque (Rebecca Romijn), mutantes al servicio de Magneto. La lucha finaliza con la detención de Magneto y una interesante conversación entre éste y el Dr. Charles Xavier.



Figura 7. Cartel de la película "X-Men"

El diseño y elaboración de los instrumentos de análisis de contenidos de las secuencias de las películas se basaron en los trabajos de Vílchez (2004) y Krippendorff (1980). Las unidades de análisis, definidas como aquellas secuencias en las que se manifiestan de una u otra forma contenidos de Genética, fueron identificadas y clasificadas por dos codificadores de manera independiente con una confiabilidad intercodificadores del 88,7%. Se identificaron un total de 55 unidades de análisis, de las cuales 53 fueron identificadas por ambos codificadores, las cuales fueron utilizadas para el estudio. De estas 53 unidades de análisis, 47 fueron incluidas en las mismas categorías de manera independiente por los codificadores; para asignar 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, llegándose 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.

En la descripción de las categorías se tuvo en cuenta la Tabla 2 del apartado 3.1 de Metodología.

Los resultados del análisis de los significados, aceptados científicamente o no, transmitidos por las películas se muestran en la Tabla 8.

Concepto		Significado transmitido por las películas	Película	Manifestación
Material Genético	Naturaleza	Molécula de ADN aislada	Sp, Jp	V, E
		Secuencia de nucleótidos	Jp	V, I
		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 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 fenotípicamente	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
		La clonación de personas engendradas directamente en su edad adulta	Ti	V, E

Tabla 8

Significados transmitidos por cada una de las películas analizadas. También se muestra la forma en que éstos han sido transmitidos (Manifestación: S, sonora; V, visual; E, de manera explícita; I, de manera implícita)

3.2. Ideas previas de los estudiantes relacionadas con los significados transmitidos por las películas

En este apartado queríamos comprobar si existía relación entre las ideas previas de los alumnos sobre contenidos genéticos y los significados que aparecen en las películas. Para ello se diseñó un cuestionario basado en las ideas previas transmitidas por las películas. Además, se analizó la consistencia de las ideas previas tras la educación formal, para lo cual el cuestionario anteriormente mencionado fue contestado por estudiantes tanto antes como después de recibir educación relacionada con la Genética (3º y 4º cursos respectivamente). En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Categoría		Ideas previas	Antes (%, n=103)	Después (%, n=122)
Material genético	Naturaleza	Los cromosomas son masculinos (Y) o femeninos (X)	74,7	77,9
		Los genes están compuestos de cromosomas (*)	82,7	66,9
	Localización	Los hongos tienen material genético	60,0	58,7
		El virus del SIDA tiene material genético	50,0	61,5
		Los árboles tienen células con ADN	54,5	62,8
	Función	El ADN se considera abiótico, como un código de barras, que puede usarse para identificación	55,3	54,9

Modificación del material genético	Mutación	El cambio en la apariencia Física de Peter Parker en la película Spiderman es una mutación	75,3	71,9
		Si no hay cambio en la apariencia Física no se puede hablar de mutación (*)	66,7	36,7
		La calvicie en el hombre es causada por una mutación	15,0	10,7
		Las mutaciones producen enfermedades en las personas (*)	52,5	70,5
		Las personas sanas no tienen mutaciones	49,0	41,0
		Pueden obtenerse ratas agresivas seleccionando aquellas que tienen la mutación correspondiente	70,4	68,9
	Evolución	Los leopardos necesitan correr rápido para obtener comida, por lo que la naturaleza les ha permitido desarrollar habilidades para correr más rápido	90,4	89,2
		La piel oscura aparece en los africanos porque necesitan protegerse de la intensa radiación solar	57,0	59,0
		Los murciélagos que viven en cuevas sin luz desarrollan unos ojos muy pequeños y no funcionales debido a la falta de uso de los órganos	60,0	63,1
	Clonación	Clonar una persona es hacer una copia de esa persona	90,2	86,9
		Dos animales clónicos son idénticos tanto físicamente como en su comportamiento	51,0	44,3

Tabla 9

Ideas previas relacionadas con los significados transmitidos por películas que poseen los estudiantes antes o después de abordarlos en el aula. Se muestra el porcentaje de individuos que están de acuerdo con las ideas previas que se incluyen. Los asteriscos señalan aquellos ítems en los que existen diferencias estadísticamente significativas antes y después de la formación académica

Si nos centramos en las respuestas de los estudiantes antes del aprendizaje formal de la Genética, se puede observar que más del 50% de ellos tienen los mismos conceptos que los detectados tanto por la revisión bibliográfica como aquellos transmitidos por las películas acerca de la ubicación y la función del material genético; es decir, la mayoría de ellos están de acuerdo en que no todas las células poseen material genético y que el ADN es como un código de barras que podría ser utilizado para la identificación. Además, hacemos hincapié en el alto porcentaje de estudiantes que no tienen una idea clara sobre la naturaleza del material genético (el 74,7% de ellos asignan género a cromosomas X e Y, el 82,6% no establecen una clara relación entre los genes y los cromosomas).

En lo que se refiere a la modificación del material genético, y dentro de la subcategoría de "Mutación", podemos destacar tres ideas: no hay mutación a menos que haya un cambio físico (66,7%), la mutación está relacionada con la enfermedad (aproximadamente la mitad de la estudiantes encuestados dieron esta respuesta) y se relaciona con la herencia una característica que depende del entorno (agresividad, 70,4%). En la subcategoría "Evolución", la tendencia lamarckiana de las respuestas y la teoría del uso / desuso de los órganos son claras. En la subcategoría de "Clonación", un porcentaje muy alto de los estudiantes encuestados (90,2%) identifican clonación como fabricar una copia; y por último, las respuestas confirman que existe una relación entre la herencia y las características ambientales (comportamiento). Es decir, los resultados sugieren que los estudiantes encuestados presentan muchos de los conceptos incluidos en la revisión bibliográfica mostrada anteriormente y que están relacionados con los significados transmitidos por las películas.

Por otro lado, una de las principales características de las ideas previas es la persistencia en el tiempo (Viennot, 1979; Driver y otros, 1985; Pfundt y Duit 1994; Campanario, 2002), independientes de la educación formal recibida. Para comprobar este punto con las ideas previas sobre Genética, se estudiaron cuáles de las ideas previas relacionadas con la Genética eran resistentes a la enseñanza formal. Tal y como se muestra en la Tabla 8, el cuestionario fue respondido por estudiantes que ya habían recibido clases sobre Genética (4º curso). Los porcentajes de respuestas antes y después de la educación formal en Genética se han analizado a través de un test de hipótesis, como se comenta en el apartado de Metodología. Los resultados obtenidos fueron que para la

mayoría de los ítems que se muestran, no existen diferencias estadísticamente significativas antes y después de la enseñanza formal sobre la Genética ($\alpha = 0,01$). Sólo hay tres ítems (ver asteriscos en la Tabla 8) en los que existe una diferencia estadísticamente significativa: dos de ellos indican una corrección de aprendizaje ("Los genes están compuestos de cromosomas" y "Si no hay cambio en el aspecto físico no se puede hablar de una mutación") y uno de ellos ("Las mutaciones causan enfermedades a las personas") fue respondida de forma incorrecta en un porcentaje más alto en los estudiantes que habían recibido enseñanza formal en la Genética.

En resumen, con este estudio sugerimos que los estudiantes tienen ideas previas similares a las transmitidas por las películas y que persisten a la educación formal.

4. Aplicación de la propuesta didáctica

Una vez que conocemos la naturaleza de las ideas previas de los estudiantes sobre Genética, su resistencia a la educación formal y su similitud con aquellas transmitidas por las películas que los estudiantes visualizan, diseñamos una propuesta didáctica que trabaje estas ideas previas y además motive para el aprendizaje de la Genética.

La propuesta didáctica se diseñó tal y como se aclara en el apartado 4.1 de Metodología, desarrollándola en tres momentos diferentes: trabajo por parejas sobre una WebQuest analizando películas con contenido genético, debate en gran grupo y sesiones de corte transmisivo.

Para el análisis de secuencias de películas, en la WebQuest diseñada, el apartado de introducción plantea un interrogante motivador en relación a los contenidos científicos que transmiten algunas películas, y se les anima a investigar sobre ello.

En el segundo apartado, se les propone la realización de cinco tareas:

- análisis de algunas secuencias de diferentes películas;
- identificación de los conceptos genéticos tratados en las películas e inclusión de los mismos en las diferentes categorías y subcategorías;
- análisis de la corrección o incorrección con la que se tratan estos conceptos;
- justificación de la causa o causas por las cuales los conceptos cuyo tratamiento ha sido considerado erróneo lo son;
- recogida de las conclusiones de su investigación en una tabla.

En el tercer apartado, denominado “proceso”, se recogen varios enlaces a diferentes páginas web especializadas en el tratamiento de conceptos y temas genéticos que pueden ser de ayuda a los alumnos en su investigación.

En el cuarto apartado se lleva a cabo una autoevaluación del trabajo realizado por cada pareja a través de una rúbrica.

El quinto y último apartado permite cerrar la actividad con una reflexión sobre lo que se ha trabajado, a modo de conclusión.

La estructura de la WebQuest con sus diferentes apartados está recogida en el Anexo VI. También puede visualizarse en la dirección

[http://phpwebquest.org/newphp/webquest/soporte_tabbed_w.php?id_activid_ad=53394yid_pagina=1.](http://phpwebquest.org/newphp/webquest/soporte_tabbed_w.php?id_activid_ad=53394yid_pagina=1)

Con respecto al debate en gran grupo, éste fue conducido por el profesor intentando promover la participación de todo el alumnado y la argumentación en sus comentarios.

A continuación se muestran los resultados de dos tipos de análisis llevados a cabo con los instrumentos mostrados en la Figura 1; en primer lugar el análisis de tipo cualitativo y posteriormente el análisis de tipo cuantitativo.

4.1. Análisis cualitativo

Con este tipo de análisis intentamos documentar, por un lado, el trabajo realizado por los estudiantes en parejas y expuesto en el debate del grupo, y por otro el posible cambio detectado tanto en el grupo como en una selección de tres estudiantes que han estado implicados en el proceso formativo. Así combinando el análisis de corte cuantitativo (ver apartado 4.2) con el más cualitativo pretendemos tener una imagen más completa de lo que ha ocurrido. En este punto se han recopilado diferentes materiales procedentes del grupo experimental: entrevistas semi-estructuradas a tres estudiantes, grabación de audio de la sesión final de puesta en común de las conclusiones y tablas de recogida de datos de todas las parejas de estudiantes que han participado, tal y como se indica de manera más detallada en la Figura 1 de Metodología.

4.1.1. Entrevistas semi-estructuradas.

El principal objetivo de las entrevistas semi-estructuradas ha sido obtener información relevante acerca de varios aspectos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Genética antes y después de la implementación de la propuesta didáctica. Para ello hemos categorizado las preguntas y respuestas de la siguiente manera:

- Metodología y evaluación docente
- Clima de clase
- Afinidad por las ciencias
- Aprendizaje de contenidos. Aprender ciencias con películas

Al ser preguntados los alumnos sobre la **metodología docente** utilizada por el profesor de la asignatura con anterioridad a la aplicación de la propuesta, los tres estudiantes entrevistados coinciden en que el desarrollo de las clases generalmente se inicia con la corrección de los ejercicios mandados el día anterior, seguida de un tiempo de explicación teórica grupal. Para una mayor motivación se introducen anécdotas y curiosidades. En ocasiones, se trabaja en “grupos base” aplicando técnicas de trabajo cooperativo o destrezas de pensamiento con el objetivo de desarrollar la capacidad de aprender a aprender. En relación a la evaluación del aprendizaje, ésta se lleva a cabo fundamentalmente a través de una prueba escrita.

Tras la implementación de la propuesta, los alumnos consideran más motivador ver películas en clase, tal y como indica Jorge en el siguiente comentario:

“No es lo mismo ir a una clase que tienes que estar escuchando que (...) estar viendo películas, te motiva más a la hora de aprender”.

Por otro lado, advierten algunas propuestas de mejora, tales como la necesidad de adquirir una formación teórica previa a la propuesta didáctica para la búsqueda de errores en las películas. Otro aspecto a tener en cuenta según un estudiante es el tiempo invertido; éste sugiere que con el nuevo procedimiento se invierte mucho tiempo:

“... pero en cambio también diría que no, porque se invierte mucho tiempo” (Alejandro)

Aunque más adelante este mismo estudiante hace alusión a que lo aprendido es más duradero.

Así pues, parece claro que la metodología de esta propuesta didáctica es más interesante y motivadora para los alumnos, al tiempo que favorece un aprendizaje más significativo.

Otro aspecto interesante a destacar de estas entrevistas es, relacionado con el **clima de clase**, la importancia que dan los alumnos al hecho de trabajar por parejas, y a la necesidad de llegar a una respuesta común consensuada. Así, uno de los alumnos entrevistados considera lo siguiente:

“al estar en pareja a lo mejor uno tiene una opinión y otro otra y lo contrastamos, y tienes que basarte en una teoría para decir que tu opinión es cierta, entonces claro, te ayuda un poco a realizar la crítica, pero de una manera más contrastada, que no decir esto es así porque yo creo que es así sino porque lo hemos contrastado con mi pareja y hemos decidido que es” (Equis).

Dentro de la categoría **afinidad por las ciencias**, al ser preguntados por la valoración que hacen de la asignatura, en una escala del 1 al 10, dos de los tres alumnos ya puntuaban las ciencias con un 8 (Alejandro) o un 9 (Equis), por lo que no había mucha posibilidad de mejora (de hecho estos números se mantienen tras la propuesta didáctica). En cambio Jorge, que antes de la propuesta evaluó con un 6 las clases de ciencias, pasó a darles un 8 o 9 tras la implementación. Esto da una idea del interés y la motivación en los alumnos que menos implicados estaban en Ciencias.

Finalmente, y centrándonos en el **aprendizaje de contenidos**, los alumnos reconocen que, aunque el aprendizaje de los contenidos teóricos tratan de hacerlo desde el razonamiento y la comprensión de los mismos, aún sigue existiendo un componente memorístico fuerte. Cuando se les plantea una alternativa metodológica basada en el uso de las películas para el aprendizaje de contenidos genéticos, alguno de los alumnos duda acerca de su eficacia. Sin embargo, llama la atención el hecho de que, tras la aplicación de esta propuesta didáctica, los estudiantes aseguran haber aprendido ciencias, reconocen que creían como ciertos algunos errores de contenidos científicos que se muestran en las pelis y creen que el conocimiento que han adquirido es más duradero.

“... lo de la picadura, era un error que si te picaba te cambiaba todos los genes; y ya me metí más a fondo y lo resolví” (Alejandro).

“En el caso de Spiderman yo pensaba que las mutaciones a lo mejor siempre iban a ser así, de superpoderes y cosas raras, y ahora me doy cuenta de que no, de que a lo mejor las mutaciones pueden ser que ni te des cuenta” (Jorge).

“Tú ves la película y dices, pues bueno, puede ser verdad, pero luego al estudiarlo y ver que no era correcto, claro que te ayuda a comprenderlo” (Equis).

A modo de conclusión, podemos considerar que la propuesta didáctica ha resultado motivadora para los alumnos y eficaz a la hora de favorecer tanto el aprendizaje de contenidos genéticos como la consistencia de los mismos.

4.1.2. Tablas de resultados de los estudiantes

En total los estudiantes han identificado 105 secuencias, de las cuales 24 fueron diferentes entre sí, y que por parejas incluyeron en tablas que se muestran en los Anexos VII y IX.

A continuación, por películas, se muestran dos tipos de tablas: la primera Tabla (A) es un análisis a priori de las secuencias seleccionadas, donde se incluye una breve descripción de las mismas, la categoría a la que pertenece cada secuencia, si el tratamiento científico es correcto o no y una justificación de este tratamiento. La segunda Tabla (B) muestra el análisis de las secuencias identificadas por los estudiantes, evaluando la categorización, el tratamiento y la justificación que ellos mismos han realizado. En esta Tabla (B) la primera columna hace alusión a la secuencia identificada a priori y entre paréntesis el número de veces que los grupos han identificado esta secuencia.

De todo el material recogido y analizado se han desechado algunas secuencias identificadas por los estudiantes, bien porque no hacen referencia a contenidos genéticos o bien porque no indican ni la categoría, ni el tratamiento ni la justificación de la secuencia elegida. En otros casos, la descripción de la secuencia es demasiado ambigua, no se incluye el minuto de dicha secuencia y por tanto no se ha podido asignar a ninguna de las secuencias consideradas a priori. Por otro lado, entendemos que, aunque la categoría sea asignada por el grupo erróneamente, tanto el tratamiento como la justificación hacen referencia al contenido científico, independientemente de la categoría a la que se haya asignado; por ello, puede darse el caso de que la categoría esté asignada de manera errónea y sin embargo, el tratamiento y/o la justificación sean considerados correctos.

LA ISLA (A)

Secuencia	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	1:00 – 3:50	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. 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.	Clonación	Incorrecto. Elaboración de un clon en edad adulta.
2	3:55 – 4:36	Los protagonistas en su huida llegan hasta una especie de almacén donde se observan una gran cantidad de seres humanos en camillas a los que se les está <i>“implantando memoria”</i> .	Clonación	Incorrecto. La adquisición de memoria en un clon no dependerá de aspectos externos, sino de las vivencias personales a lo largo de su vida
3	4:37 – 6:22	Se observa una mujer (clon) dando a luz un niño. A continuación este niño es entregado a otra mujer (<i>“su patrocinadora”</i>) que por no poder tener hijos realizó la compra de su clon. Tras dar a luz el clon es asesinado.	Clonación	Incorrecto. El clon (mujer que da a luz) y su patrocinadora tienen la misma edad.
4	6:23 – 7:35	Se observa un grupo de clientes potenciales a los que se les explica el	Evolución	Correcto. El concepto del

		<p>proceso de elaboración de los clones. Se dice: <i>“El agnate: un ser orgánico engendrado directamente en su edad adulta, conforme a la edad del cliente”</i>. <i>“En 12 meses estará listo para ser recolectado proporcionando óvulos fértiles, pulmones, piel nueva... todo ello Genéticamente indistinguible del beneficiario”</i>.</p> <p>Por último se hace alusión a la falta de conciencia de los agnates, indicando que son un producto no humano.</p>	Clonación	<p>tiempo en evolución está correctamente tratado.</p> <p>Incorrecto. Elaboración de un clon en edad adulta. El clon, a todos los efectos, sería un ser humano, con un físico que dependerá en parte del ambiente y una memoria generada a partir de su experiencia vital</p>
5	8:05 – 8:24	<p>El director del centro hace alusión a que los clones deben de tener <i>“experiencia humana”</i> o <i>“conciencia”</i> para que los órganos no sean rechazados.</p>	Clonación	<p>Incorrecto. El rechazo de órganos en trasplantes no depende de la conciencia o experiencia humana del donante.</p>
6	9:56 – 12:25	<p>Uno de los técnicos comenta a los protagonistas (clones) que <i>“no son humanos”</i>. Les dice que son copias de personas del mundo exterior, lo que les sorprende. La protagonista hace alusión a sus recuerdos que fueron generados por <i>“implantes de memoria”</i>.</p> <p>Los protagonistas preguntan cuánto tiempo llevan vivos, y el técnico les comenta que tres años él y cuatro años ella, cuando su aspecto físico es el de personas de mediana edad.</p>	Clonación	<p>Incorrecto. Elaboración de un clon en edad adulta. La adquisición de memoria en un clon no dependerá de aspectos externos, sino de sus vivencias personales</p>
7	13:40 – 14:31	<p>El patrocinador y el clon protagonista se enfrentan cara a cara, con el mismo aspecto físico.</p>	Clonación	<p>Incorrecta. El clon y su patrocinador no</p>

				pueden tener la misma edad; de nuevo se obvia el desarrollo embrionario
8	14:33 – 15:22	Se muestra un resultado de un “escáner sináptico” reciente comparado con el de hace un tiempo, observándose que el clon ha adquirido gran cantidad de memoria del patrocinador en este último tiempo	Clonación	Incorrecto. Los recuerdos de un clon no serán los del organismo de origen, sino que serán generados por su propia experiencia
9	15:24 – 16:05	De nuevo se observan una gran cantidad de seres humanos en camillas a los que se les está “implantando memoria”. Además el director del centro indica que la curiosidad no es una característica típica de los clones	Clonación	Incorrecto. La adquisición de memoria en un clon no dependerá de aspectos externos, sino de sus vivencias personales, por lo que podrán desarrollar cualquier aspecto típico de la conducta humana (incluida la curiosidad)

Tabla 10

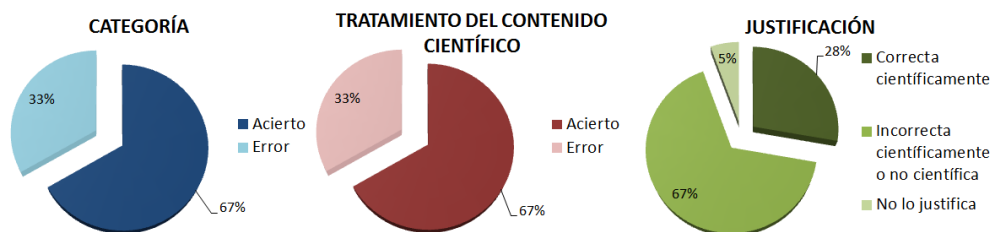
Análisis a priori de la película La Isla

LA ISLA (B)

Secuencia	Categoría		Tratamiento del contenido científico según los alumnos		Justificación dada por los estudiantes		
	Acierto	Error	Acierto	Error	Correcta científicamente	Incorrecta científicamente o no científica	No lo justifica
1 (4)	2	2	3	1	2	2	
2 (1)	1		1			1	
3 (2)		2	1	1		2	
4 (4)	3	1	2	2	1	2	1
5 (0)							
6 (4)	4		2	2	1	3	
7 (1)	1		1		1		
8 (2)	1	1	2			2	
9 (0)							

Tabla 11

Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película La Isla realizados por los estudiantes



Gráfica 16

Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película La Isla

En esta película, los alumnos detectaron un total de 24 secuencias, de las cuales 6 no fueron tenidas en cuenta por alguna de las razones argumentadas anteriormente.

Del análisis de esta tabla, podemos destacar que los grupos han asignado correctamente tanto la categoría como el tratamiento del contenido científico en 12 de las 18 secuencias. Sin embargo, a la hora de justificar estas asignaciones, tan sólo 5 grupos lo hacen de forma correcta con argumentos

científicos. Además, de las 9 secuencias identificadas y descritas a priori en la Tabla 10, dos de ellas (secuencia 5 y secuencia 9) no fueron identificadas por ninguno de los grupos.

LOS CUATRO FANTÁSTICOS (A)

Secuencia	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	0:21 – 3:25	En segundo plano aparece la imagen de una molécula de ADN. El protagonista hace una disertación en la que sugiere que la exposición a una tormenta cósmica pudo desencadenar la evolución de la vida en el planeta. El estudio in situ de esta tormenta cósmica, según él, puede aportar datos concluyentes sobre la estructura del genoma humano y las consecuencias que ello tendría: curar enfermedades, prolongar la vida, etc. En la siguiente secuencia los protagonistas se exponen a la tormenta cósmica en el espacio.	Estructura del material genético Evolución	Correcto. Se visualiza una molécula de ADN con estructura de doble hélice. Incorrecto. No hay evidencias científicas de que una tormenta cósmica desencadenara procesos evolutivos en la Tierra.
2	3:25 – 5:47	Tras la exposición a la radiación, uno de los protagonistas muestra una elevada temperatura sin que se relacione con ninguna enfermedad aparente. Poco después, esta elevada temperatura se traduce en que su cuerpo puede llegar a incendiarse por momentos.	Mutación	Incorrecto. Los cambios provocados por una mutación en el fenotipo son permanentes, no pueden manifestarse a voluntad de la persona. Ciertos cambios fenotípicos mostrados son incompatibles con las

				características de un ser humano.
3	5:48-9:50	Los demás protagonistas afectados por la radiación muestran también alteraciones físicas, como volverse invisibles, tener la capacidad de estirar su cuerpo de forma totalmente elástica e inverosímil, convertirse en piedra, etc. Ante el desconcierto que esto les provoca, comentan que la nube cósmica ha alterado radicalmente su ADN.	Mutación	Incorrecto. Los cambios provocados por una mutación en el fenotipo son permanentes, no pueden manifestarse a voluntad de la persona. Ciertos cambios fenotípicos mostrados son incompatibles con las características de un ser humano.
4	9:51-12:02	Tras la inquietud y la incredulidad social que provocan los protagonistas, éstos dan una rueda de prensa improvisada en la que comentan que <i>“fueron al espacio a estudiar a fondo el ADN, para curar enfermedades y salvar vidas, pero ahora nuestro ADN, nuestra enfermedad, nuestra vida está en juego ...”</i>	Mutación	Incorrecto. Aparece la imagen de una persona con aspecto de roca, un fenotipo incompatible con las características de un ser humano.
			Función del ADN	Correcto. El estudio del ADN puede arrojar datos para curar enfermedades y salvar vidas.
5	12:03-14:31	Se encuentran analizando las posibles causas de los cambios producidos. En un momento de la conversación, comentan: <i>“si queremos averiguar el origen de tu mutación, tenemos que aislar tu ADN recombinante para activar genomas posicionales...”</i> . Posteriormente se observa cómo	Mutación.	Incorrecto. Los cambios provocados por una mutación en el fenotipo son permanentes, no pueden manifestarse a voluntad de la

		los “poderes” producidos por la radiación (cambios fenotípicos) pueden ser controlados a voluntad por todos ellos.	Naturaleza del ADN	persona. Ciertos cambios fenotípicos mostrados son incompatibles con las características de un ser humano. Incorrecto. La utilización de la terminología científica es incorrecta (recombinante) o no existe (genomas posicionales).
6	15:24-15:30	La alteración provocada en sus cuerpos también ha afectado a sus ropas	Mutación	Incorrecto. No es posible una mutación o alteración en estructuras inertes
7	15:31 – 15:44	Comentan que sus poderes están evolucionando	Evolución	Incorrecto. La evolución ocurre a nivel de población, no de individuo.

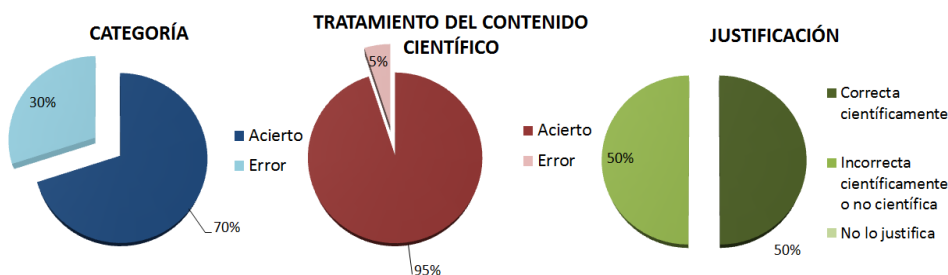
Tabla 12
Análisis a priori de la película Los Cuatro Fantásticos

LOS CUATRO FANTASTICOS (B)

Secuencia	Categoría		Tratamiento del contenido científico según los alumnos		Justificación dada por los estudiantes		
	Acierto	Error	Acierto	Error	Correcta científicamente	Incorrecta científicamente o no científica	No lo justifica
1 (3)	1	2	2	1	2	1	
2 (4)	3	1	4		2	2	
3 (10)	7	3	10		6	4	
4 (1)	1		1			1	
5 (2)	2		2			2	
6 (0)							
7 (0)							

Tabla 13

Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Los Cuatro Fantásticos realizados por los estudiantes



Gráfica 17

Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Los Cuatro Fantásticos

Para esta película, los grupos detectaron un total de 20 secuencias, de las que ninguna fue desechada. De estas 20 secuencias, 14 fueron asignadas correctamente a la categoría establecida en la Tabla 12 y en 19 de ellas el tratamiento fue correcto. En este caso, un total de 10 parejas de alumnos justifican su elección con una argumentación científicamente correcta.

X-MEN (A)

Secuencia	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	00:21 – 00:41	Se oye una voz en off que dice: <i>“La mutación es la clave de nuestra evolución. Nos ha permitido pasar de organismos unicelulares a especie dominante del planeta. El proceso es lento y normalmente dura miles de años, pero cada determinados cientos de milenios, la evolución da un gran avance...”</i>	Mutación Evolución	Correcto. Es cierto que la mutación determina la evolución. Correcto. Algunas teorías, como el saltacionismo, consideran diferentes ritmos evolutivos a lo largo de la historia de la Tierra.
2	1:12 – 1:23	En una reunión de expertos, una persona está realizando un discurso. Brevemente en la pantalla aparece una molécula de ADN. En la exposición se comenta: <i>“Damas y caballeros, tenemos ante nosotros otra etapa de la evolución humana. Estos signos se manifiestan en la pubertad y suelen ser provocados por periodos de gran estrés emocional...”</i>	Naturaleza del material genético Evolución	Correcto. Se visualiza una molécula de ADN con estructura de doble hélice Incorrecto. Los signos de la evolución no se pueden manifestar en etapas determinadas de la vida de una persona
3	1:23 – 3:11	Una persona expone sus dudas y temores ante los mutantes, seres humanos aparentemente indistinguibles de los demás y que tienen grandes poderes	Mutación	Incorrecto. Todos los seres vivos son mutantes con respecto a un

				genotipo "silvestre". Una mutación no da lugar a la aparición de superpoderes.
4	3:12 – 4:41	En un bar, un mutante demuestra sus poderes sacando a voluntad unos cuchillos de sus nudillos cuando se siente amenazado. Estos cuchillos se le pudieron implantar por la capacidad del mutante de regenerar tejido instantáneamente (explicado en la secuencia siguiente).	Mutación	Incorrecto. Una mutación no da lugar a la aparición de superpoderes. Además, no se ha demostrado que una mutación de lugar a un incremento en la capacidad de regeneración y cicatrización inmediatas.
5	4:42 – 6:04	Tras analizar con un escáner al mutante de la escena anterior, se llega a la conclusión de que le han implantado quirúrgicamente en todo su esqueleto una aleación metálica supuestamente indestructible. Ha podido sobrevivir a este proceso gracias a su mutación, que le confiere una gran capacidad de regeneración que le permite cicatrizar rápidamente. Del mismo modo hace imposible determinar su edad.	Mutación	Incorrecto. No se ha demostrado que una mutación de lugar a un incremento en la capacidad de regeneración y cicatrización inmediatas.
6	6:05 – 6:41	En la secuencia final, los protagonistas comentan que: <i>"la radiación de esta máquina provoca mutaciones en seres humanos ordinarios. Pero la mutación no es natural. El cuerpo de Kelly la ha rechazado. Sus células empezaron a descomponerse</i>	Mutación	Incorrecto. No se puede hablar de una mutación "no natural" que pueda ser rechazada por el organismo. Una radiación

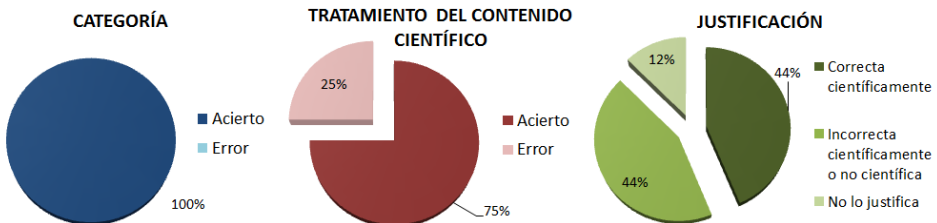
		<i>inmediatamente</i> ". Posteriormente hacen referencia al efecto de esa radiación en mutantes, indicando que aparentemente no les afecta.		puede provocar mutaciones en cualquier ser humano.
--	--	---	--	--

Tabla 14
Análisis a priori de la película X-Men

X-MEN (B)

Secuencia	Categoría		Tratamiento del contenido científico según los alumnos		Justificación dada por los estudiantes		
	Acierto	Error	Acierto	Error	Correcta científicamente	Incorrecta científicamente o no científica	No lo justifica
1 (3)	3		3		1	1	1
2 (3)	2		2		1	1	
3 (6)	6		3	3	4	1	1
4 (2)	2		1	1		2	
5 (2)	2		2		1	1	
6 (1)	1		1			1	
7 (0)							

Tabla 15
Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película X-Men realizados por los estudiantes



Gráfica 18
Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película X-Men

En esta película las parejas de estudiantes detectaron un total de 19 secuencias, de las cuales 3 no fueron tenidas en cuenta por alguno de los motivos citados anteriormente. Todos los grupos asignaron correctamente la categoría a las diferentes secuencias y en 12 de ellas el tratamiento fue correcto. De nuevo, la mitad de las parejas explicó correctamente el porqué de estas asignaciones con una adecuada argumentación científica.

SPIDERMAN (A)

Secuencia	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	00:32 – 04:40	<p>Durante la visita a un centro de investigación con arañas, los <u>Alumnos</u> de un instituto son instruidos acerca de los tipos de arañas que existen y de cómo han “<i>fabricado</i>” superarañas a partir de la combinación del ADN de diferentes arañas normales. Una de estas superarañas se escapa y pica a uno de los alumnos.</p> <p>Durante la secuencia, se puede visualizar en diferentes pantallas la estructura de doble hélice del ADN. Al final de la misma, se observa en una pantalla una molécula de ADN en la que se han insertado diferentes nucleótidos, supuestamente procedentes de moléculas de ADN de otras especies de araña, dando lugar a una especie totalmente nueva.</p>	<p>Naturaleza del ADN</p> <p>Función del ADN</p>	<p>Correcto. Se visualiza una molécula de ADN con estructura de doble hélice.</p> <p>Incorrecta. La manipulación del ADN para generar nuevos individuos no se realiza cambiando nucleótidos concretos sino grandes fragmentos del material genético</p>
2	04:41 – 06:25	Peter, el alumno al que pica la araña, empieza a sufrir una serie de cambios físicos unas	Naturaleza del material genético	Correcto. Se visualiza una molécula de ADN

		<p>horas después de la picadura de la araña mutante. En ese momento, vienen a su memoria frases que había oído en el laboratorio como: <i>“en este laboratorio de recombinación usamos ARN de transferencia para codificar un genoma totalmente nuevo aplicando la información Genética de las tres arañas a estas quince superarañas manipuladas genéticamente”</i>. Al mismo tiempo, se ven imágenes de moléculas de ADN que se rompen y a las que se les insertan nuevos trozos. Al despertar observa que su cuerpo ha cambiado, presentando mejor visión y más musculatura, entre otras cosas.</p>	<p>Función del material genético</p> <p>Mutación</p> <p>Localización del material genético</p>	<p>con estructura de doble hélice.</p> <p>Incorrecta. La manipulación del ADN para generar nuevos individuos no se realiza cambiando nucleótidos concretos sino grandes fragmentos del material genético</p> <p>Incorrecto. Los cambios provocados por una mutación no se manifiestan tras un corto periodo de tiempo. No hay evidencias de que una mutación confiera múltiples mejoras Físicas evidentes.</p> <p>Incorrecto. Una araña al picar no introduce ADN. En el caso de que eso ocurriera, afectaría a las células localizadas en el entorno de la picadura.</p>
3	06:26 – 11:50	Peter empieza a ser consciente de los <i>“poderes”</i> que ha	Mutación	No se ha demostrado que

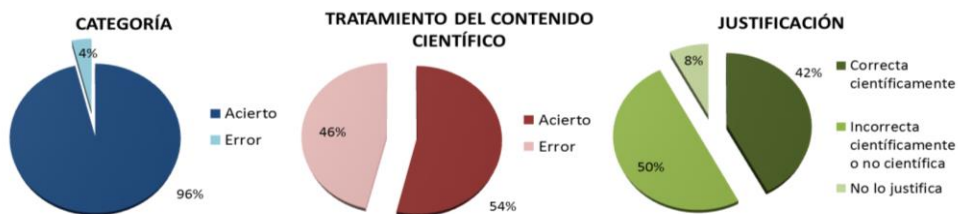
		adquirido a partir de la picadura de la araña. Estos poderes son sobre todo físicos: capacidad para lanzar tela de araña, aparición en los dedos de unas estructuras que le permiten escalar, etc.		una mutación dé lugar a la aparición de poderes tales como lanzar tela de araña o escalar edificios. Además, las mutaciones no se manifiestan de forma voluntaria.
--	--	--	--	--

Tabla 16
Análisis a priori de la película Spiderman

SPIDERMAN (B)

Secuencia	Categoría		Tratamiento del contenido científico según los alumnos		Justificación dada por los estudiantes		
	Acierto	Error	Acierto	Error	Correcta científicamente	Incorrecta científicamente o no científica	No lo justifica
1 (9)	8	1	3	6	3	4	2
2 (7)	7		6	1	5	2	
3 (10)	10		5	5	3	7	

Tabla 17
Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Spiderman realizados por los estudiantes



Gráfica 19
Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Spiderman

En esta película las parejas de estudiantes propusieron un total de 26 secuencias, siendo todas ellas adecuadas y útiles para el análisis. De estas 26 secuencias, la categoría fue asignada correctamente en 25 de ellas, siendo el tratamiento correcto en 14 de las mismas. En cuanto a la justificación, el número de parejas que ofrecen explicaciones no científicas o incorrectas desde el punto de vista científico son ligeramente superiores a los que lo hacen correcta y científicamente.

PARQUE JURÁSICO (A)

Secuencia	Min	Descripción	Categoría	Tratamiento y justificación del contenido científico
1	00:03 – 02:58	El Director del Centro explica a un grupo de personas el proceso que han seguido para clonar a los dinosaurios. Han extraído ADN de dinosaurio a partir de la sangre de éstos que quedó almacenada en mosquitos conservados en ámbar. Este ADN tiene grandes saltos en su secuencia, saltos que son completados con ADN de rana. Así se consigue una molécula de ADN de dinosaurio completa y se procede a la clonación. Durante la explicación aparece una imagen de Mr.	Localización del material genético. Naturaleza del material genético. Clonación.	Incorrecto. Se indica que el ADN está en la sangre, pero no se hace referencia a su localización intracelular. Correcto. Se observa la estructura en doble hélice del ADN. Incorrecto. El ADN recogido de insectos está digerido. Por tanto, la cantidad de ADN que en el mejor de los casos estaría disponible para la clonación sería extraordinariamente escaso. Por otro lado, se necesita un ovocito de dinosaurio para

		ADN, una especie de mascota que explica el desarrollo de todo el proceso. En esta explicación aparecen secuencias de nucleótidos (denominadas unidades Genéticas) agrupadas de 10 en 10. Cuando explica que usan ADN de rana se observa la estructura en doble hélice de ADN en la que se insertan diferentes fragmentos.		llevar a cabo la clonación.
2	02:58 – 04:56	<p>En un primer momento, se observa cómo nacen los dinosaurios en el laboratorio, a partir de huevos.</p> <p>A continuación, se explica que la procreación natural no puede llevarse a cabo en el parque porque todos los dinosaurios que se han creado son hembras. En un momento de la explicación se dice: <i>“Controlamos sus cromosomas (...). De hecho los embriones de todos los vertebrados son femeninos. Solo una hormona añadida en un momento concreto de su desarrollo los</i></p>	<p>Clonación.</p> <p>Función del material genético</p> <p>Función del material genético</p>	<p>Incorrecto. Se necesita un ovocito de dinosaurio para llevar a cabo la clonación.</p> <p>Correcto. Seleccionando artificialmente los cromosomas se puede determinar el sexo de un individuo.</p> <p>Incorrecto. El sexo de un individuo se determina en la fecundación. No es cierto que los embriones de vertebrados sean femeninos y que el paso al sexo contrario lo determine una hormona.</p>

		<i>convierte en masculinos. Nosotros solo se la negamos”.</i>		
3	04:57 -06:15	Los protagonistas van andando por el bosque y descubren huevos de dinosaurios. El protagonista comenta que <i>“habían usado ADN de rana para completar la secuencia Genética, mutaron el código genético del Dinosaurio y lo mezclaron con el de las ranas. Ahora se sabe que algunas ranas de África Occidental cambian de sexo espontáneamente del masculino al femenino en un entorno de sexo único”.</i>	Mutación Función del material genético.	Incorrecto. Se hace alusión a la mutación del “código genético”. La mutación da lugar a la sustitución de bases en la secuencia del ADN, no al cambio del código genético. Correcto. En algunas especies de organismos se puede producir un cambio de sexo bajo determinadas condiciones ambientales.
4	06:16 – 06:50	Se habla del recurso de la lisina, explicándolo de la siguiente manera: <i>“El recurso de la lisina consiste en prevenir la propagación de los animales en el caso de que salieran de la isla. El Dr. Weler insertó un gen que produce una enzima defectuosa en el metabolismo de las proteínas, no pueden elaborar el aminoácido lisina. A menos que le demos</i>	Mutación	Incorrecto. La lisina, por ser un aminoácido esencial, siempre necesita incorporarse en la dieta. No es necesario manipular Genéticamente a un individuo para que no la sinteticé.

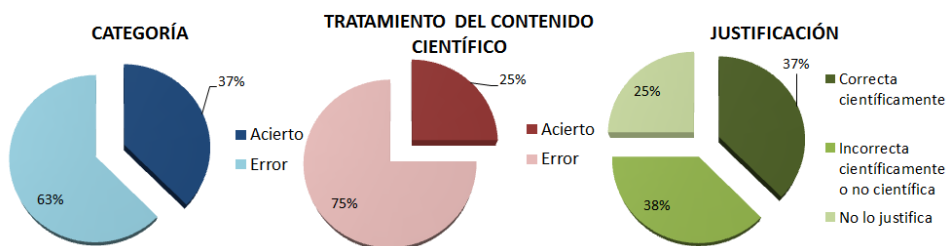
		<i>la lisina necesaria entran en coma y mueren”.</i>		
--	--	--	--	--

Tabla 18
Análisis a priori de la película Parque Jurásico

PARQUE JURÁSICO (B)

Secuencia	Categoría		Tratamiento del contenido científico según los alumnos		Justificación dada por los estudiantes		
	Acierto	Error	Acierto	Error	Correcta científicamente	Incorrecta científicamente o no científica	No lo justifica
1 (11)	6	5	1	10	4	4	3
2 (1)		1	1			1	
3 (4)		4	2	2	2	1	1
4 (0)							

Tabla 19
Resultados del análisis de las secuencias pertenecientes a la película Parque Jurásico realizados por los estudiantes



Gráfica 20
Porcentajes correspondientes al análisis de secuencias de la película Parque Jurásico

En esta película han sido detectadas 16 secuencias, todas ellas válidas para el análisis. De éstas, tan sólo en 6 la categoría fue asignada correctamente. De la misma manera, el tratamiento del contenido científico fue correcto solamente en 4 ocasiones, aunque a la hora de justificar ambos apartados la mitad de las

parejas de estudiantes lo hacen correctamente desde un punto de vista científico.

A modo de resumen, podemos concluir que se han detectado un total de 96 secuencias válidas para el análisis, de las cuales 73 (76%) fueron categorizadas correctamente. En 61 de ellas (63,5%), se acertó a la analizar el tratamiento del contenido científico. En 39 de estas secuencias (40%) se justificó de forma científicamente correcta, en 48 (50%) científicamente incorrecta o no científica y 9 de ellas (9,4%) no fueron justificadas. Llama la atención el hecho de que los alumnos categorizan correctamente las secuencias de forma mayoritaria, aspecto que también se repite a la hora de la consideración del tratamiento del contenido científico. Finalmente, podemos destacar de forma general el hecho de que los alumnos utilizan una terminología científica correcta en las justificaciones realizadas, sean estas correctas o no desde el punto de vista científico.

Estos datos nos llevan a pensar que la aplicación de esta metodología resulta positiva de cara a favorecer el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Genética en ESO.

4.1.3.Sesión final.

En la propuesta didáctica se incluyó, como sesión final, un debate de los 20 estudiantes guiado por el profesor encargado de impartir la asignatura. En este contexto se pretende fomentar la argumentación científica, la exposición de pruebas, razones o argumentos fundamentados en el conocimiento científico y en la naturaleza de la ciencia, ya que previamente los estudiantes habían tenido tres sesiones de trabajo autónomo en parejas para el análisis crítico de secuencias de películas con contenido genético.

El análisis de este debate final no pretende ser exhaustivo, simplemente intenta ser el germen de futuras líneas de investigación que pudieran generarse a partir de esta tesis doctoral, y que incidirían en la necesidad de desarrollar en los

estudiantes la competencia argumentativa en aspectos de actualidad socio-científica como es el tema de la Genética en la sociedad (Proyecto PARRISE¹⁴).

Para llevar a cabo dicho análisis en primer lugar se transcribió la sesión completa del debate (ver Anexo X) y, a partir de esa transcripción, se procedió tal y como se ha explicado en el apartado 4.2.3 de Metodología: en primer lugar se localizaron los argumentos sustantivos (Toulmin, 1958) expuestos por el grupo, y a partir de ellos se identificaron los datos, la justificación, la conclusión y la validación por el grupo¹⁵ (adaptado de Jiménez Aleixandre y Díaz de Bustamante, 2003; Solbes, Ruiz y Furió, 2010).

A continuación se muestran los argumentos sustantivos identificados, así como su análisis. Para cada argumento sustantivo se comienza con el 1 la numeración de los alumnos que intervienen.

- Argumento sustantivo 1:

Profesor: ¿Nadie ha encontrado nada de la película de **La Isla**?

Alumno 1: Bueno, están clonando a las personas ¿No?

Profesor: Venga, están clonando a las personas ¿Qué momento es? ¿Te acuerdas? ¿Puedes describir un momento la escena? ¿Qué se veía?

Alumno 1: Sí, que estaba como saliendo una pensando que era una persona mayor y que decían que era un clon de otra persona.

Profesor: Vale, entonces tú ahí, ¿qué concepto has encontrado?

(...)

¹⁴ El Proyecto PARRISE (acrónimo de Promoting Attainment of Responsible Research and Innovation in Science Education), perteneciente al 7º Programa Marco de la Unión Europea, trata de fomentar el debate de temas socio-científicos en las aulas de Educación Primaria y Educación Secundaria a través del aprendizaje basado en la investigación guiada (SSIBL). En él colaboran 18 países diferentes, siendo la coordinadora en España la Dra. Romero Ariza de la Universidad de Jaén (<http://www.parrise.eu/>; último acceso el 22 de julio de 2014).

¹⁵ Las referencias bibliográficas incluyen el apartado “validez”, pero nosotros consideramos que en este caso, puesto que es un debate grupal, es importante que la situación de aprendizaje ofrezca oportunidades para la validación de los argumentos expuestos por los estudiantes.

Alumno 1: En el minuto dos.

Profesor: En el minuto 2. ¿Alguien más tiene apuntado ese minuto 2 de La Isla?.

Alumno 2: Nosotros.

Profesor: ¿Habéis coincidido más o menos en lo que dice Alumno 1?.

Alumno 2: Sí.

Profesor: (...) ¿Qué concepto es?.

Alumnos: Clonación.

Profesor: Clonación ¿Creéis que se está trabajando de una forma correcta, se está tratando en esa película el concepto de clonación de una forma correcta?.

Alumnos: Sí.

Alumno 3: Nosotros hemos puesto que no.

Profesor: Que no ¿por qué?.

Alumno 3: Porque los clones no pueden ser..., cuando se clona a alguien no puede ser de la misma edad, sería...

Profesor: Sería ¿cómo?, ¡venga sin miedo!.

Alumno 3: Empezaría desde una misma célula y luego iría evolucionando.

(...)

Profesor: ¿Alguien más ha trabajado o visto algo más en esa escena que comentan vuestros compañeros?.

Alumno 2: Nosotros hemos visto lo mismo.

Profesor: ¿También coincidís en que no es correcto?.

Alumno 2: Que no es correcto que nazca directamente siendo adulto.



Figura 8
Fotograma de la película "La Isla"

DATOS	Secuencia en la que aparece un clon con figura humana dentro de una especie de burbuja con líquido (Secuencia 1, Tabla 10).
JUSTIFICACIÓN	El desarrollo de un clon empezaría desde una misma célula y luego iría evolucionando.
VALIDACIÓN GRUPAL	Varios alumnos han detectado lo mismo en esta secuencia: Categoría clonación, tratamiento incorrecto de la información.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre clonación en la película La Isla no es correcto puesto que los clones no pueden nacer directamente siendo adultos.

Tabla 20
Análisis del argumento sustantivo 1

- Argumento sustantivo 2:

Profesor: Venga otra secuencia Alumno 1, tú que has comenzado.

Alumno 1: Cuando se da cuenta de que el clon tiene recuerdos que no son suyos, que son de la persona real.

Profesor: Perfecto, ¿en qué minuto es, recuerdas?.

Alumno 1: En el minuto 15.

Profesor: En el minuto 15, ¿alguien más ha encontrado algo en esa escena? En la que el clon se da cuenta, o se dan cuenta de que el clon tiene recuerdos, ¿no?, que supuestamente son propios y que no han sido insertados.

Alumno 2: No, ha sido una memoria implantada.

Profesor: (...) ¿qué concepto habéis visto ahí también?.

Alumno 3: Nosotros hemos puesto evolución.

Alumno 4: Evolución.

Profesor: (...) ¿Consideráis que es correcto? (...).

Alumno 1: Nosotros hemos puesto que no porque no puede tener recuerdos que no sean suyos.

Profesor: (...) ¿Alguien más ha puesto otra cosa al respecto? (...) ¿Qué argumento habéis dado?.

Alumno 5: Pues hemos puesto que en esa escena se ve que van adquiriendo inteligencia, entonces hemos puesto que no puedes desarrollar el cerebro en poco tiempo.

DATOS	Cuando se da cuenta (un personaje) de que el clon tiene recuerdos que no son suyos, que son de la persona real (Secuencia 8, en Tabla 10).
JUSTIFICACIÓN	No se pueden tener recuerdos que no sean suyos. No puedes desarrollar el cerebro en poco tiempo.
VALIDACIÓN GRUPAL	Dos grupos han detectado este error de concepto científico, aunque solo un grupo ha expuesto la Categoría correcta.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre desarrollo de la memoria en la película La Isla no es correcto puesto que no se pueden tener recuerdos que no sean propios.

Tabla 21

Análisis del argumento sustantivo 2

- Argumento sustantivo 3:

Profesor: ¿Buscamos otra peli? Por ejemplo pasamos si queréis a **Spiderman**. (...)

Alumno 1: En la escena del minuto 5, que el ADN se ve alterado por la picadura de una araña. Nosotros hemos puesto que pertenece al concepto de mutación que no es correcto porque la picadura de una araña no te puede proporcionar, no puede cambiar tu ADN y que te proporcione poderes ni un cambio físico.

(...)

Profesor: Muy bien, pues entonces el tratamiento deduzco que no sería correcto ¿no?.

Alumno 2: No.

Profesor: Venga ¿alguien más ha encontrado esa escena o ha visto esa escena?.

Alumno 3: (inaudible).

Profesor: Y ¿habéis puesto alguna cosa más?.

Alumno 4: Que como las arañas estaban mutadas pues puede aplicarle algún tipo... (de mutación. Inaudible).

Profesor: Vale, vosotros consideraréis que como la araña que le pica a este muchacho ya estaba manipulada Genéticamente sí que es verdad que le puede producir una mutación (...). Entonces el tratamiento para vosotros ¿sí es correcto o no?.

Alumno 4: Hombre como lo cuenta en la película no, pero así tipo así, sí.

(...)

Alumno 1: Pero no en tan poco tiempo. Nosotros hemos puesto que se despierta al día siguiente y ya...

Alumno 2: Que al día siguiente y ya tiene alteraciones y que en tan poco tiempo no es posible.

Profesor: Que en tan poco tiempo no es posible que se den esas alteraciones, sino que se necesita más tiempo para que eso se haga.

Alumno 2: Tampoco esa exageración pero....

Profesor: Pero sí, por ejemplo, coincidís con Alumno 4 con la idea de que sí que os podría provocar alteraciones en vuestro ADN.

Alumnos: Sí.

(...)

Profesor: ¿Alguno de vosotros se ha preguntado qué hace una araña cuando pica? (...) ¿Alguna vez os ha picado una araña?.

Alumnos: Sí.

Profesor: Y ¿qué, como pensáis que pican las arañas?.

Alumno (2): Te muerden y te meten veneno.

Alumno 1: Supuestamente debería de producirle una alteración ¿no? O una irritación en el cuerpo.

Profesor: Pero ¿te produciría una alteración Física? Es decir, una hinchazón, o que te pique, o ¿te produciría también una alteración como están insinuando tus compañeras, a nivel (...) del material genético?.

Alumno 1: Yo pienso que el ADN no, que no podría cambiarlo por una picadura de una araña.

Profesor: Es decir, ¿una araña cuando os pica os transmite su ADN?.

Alumnos: No.

Profesor: Pues entonces, a lo mejor por ahí tendríamos que ir pensando ¿no?. Si nos transmite el ADN o no nos lo transmite, si nos transmite el ADN qué consecuencias tiene o si no nos lo transmite qué consecuencias tiene (...).

Alumno 1: Yo pienso que el ADN no lo puede cambiar con una picadura de una araña.

(...)

Alumno 1: (puede producir) hinchazón.

Alumnos: Física.

Profesor: Vale, ¿y le concederá eso superpoderes o no?.

Alumnos: No.

DATOS	En la escena del minuto 5, que el ADN (de una persona) se ve alterado por la picadura de una araña (Secuencia 2, Tabla 16).
JUSTIFICACIÓN	No es correcto porque la picadura de una araña no puede cambiar tu ADN y que te proporcione poderes ni un cambio físico. Como las arañas estaban mutadas pues puede aplicarle algún tipo de mutación, pero no en tan poco tiempo.
VALIDACIÓN GRUPAL	Tras un breve debate, los dos grupos que plantean respuestas diferentes, las unifican (pueden producirse cambios pero en más tiempo). Tras preguntar el Profesor ¿Cómo pica una araña? Ambos grupos acuerdan que no se puede insertar el ADN con una picadura.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre mutación en la película Spiderman no es correcta puesto que una araña al picar no puede insertar el ADN en una persona, y además no puede alterar su ADN.

Tabla 22

Análisis del argumento sustantivo 3

- Argumento sustantivo 4:

Profesor: (...) Alguien que haya encontrado algo más en la película (...).

Alumno 1: Yo en la película, también he visto una imagen, en la que se ve el ADN, la estructura del ADN, y yo creo que ese concepto sí está bien puesto porque se ve perfectamente la estructura que tiene el ADN que tiene una especie de, no liado sino desenredado, se ve perfectamente las uniones que tiene.

Profesor: (...) ¿Qué categoría sería para ti?.

Alumno 1: La de la estructura del ADN.

Profesor: ¿Y crees que sí sería un tratamiento correcto por lo que aparece en la imagen?.

Alumno 1: Sí.

(...)

Profesor: Y ¿hay más gente que lo ha identificado?.

Alumno 2: Sí.

Profesor: ¿Y también considerarías que el tratamiento es correcto?.

Alumno 2: Pues no.

Profesor: No, ¿por qué?.

Alumno 2: Porque se veía como... había partes que no estaban completas y que las completaban, es decir, que en las arañas se supone que el ADN estaba incompleto y lo han ido completando de otras.

(...)

Profesor: ¿Que se iban mezclando unos con otros ADN?.

Alumno 2: Sí.

Profesor: Y eso, consideráis que no es correcto el tratamiento que se da, ¿no?.

Alumno 2: No.

Profesor: Vale... ¿Alguien más ha coincidido con esa idea?.

Alumnos: Nosotros.

Profesor: Si, ¿y qué habéis puesto ahí?.

Alumno 3: Que no es correcto porque sale que fusionan todos los ADN y vimos en una página (web) que se tenían que fusionar unas partes concretas o algo de eso.



Figura 9

Fotograma de la película "Spiderman"

DATOS	Imagen del ADN donde se muestra una doble hélice de ADN y un esquema dinámico muy simple de ingeniería Genética (Secuencia 2, Tabla 16).
JUSTIFICACIÓN	Correcto: Se ve perfectamente la estructura que tiene el ADN que tiene una especie de, no liado sino desenredado, se ve perfectamente las uniones que tiene. Incorrecto: Había partes que no estaban completas y que las completaban. Incorrecto: vimos en una página (web) que se tenían que fusionar unas partes concretas.
VALIDACIÓN GRUPAL	Hay varios grupos que han identificado la secuencia, aunque no están de acuerdo en el tratamiento que se le da a la información científica. Cada grupo expone la justificación de su decisión.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la estructura del ADN en la película Spiderman es correcta, aunque no es correcta la información relacionada a la manipulación genética para generar un nuevo ser vivo.

Tabla 23

Análisis del argumento sustantivo 4

- Argumento sustantivo 5:

Profesor: (...) ¿Qué habéis encontrado en **Los 4 fantásticos**?

Alumno 1: Cuando mutan por la radiación.

Profesor: Vale, entonces ¿qué concepto se está trabajando?

Alumno 1: Mutación.

Profesor: Mutación...y ¿creéis que es correcto el tratamiento?

Alumno 1: No.

Profesor: No, ¿por qué?

Alumno 2: Nosotros hemos puesto que sí porque pueden mutar, pero que no se consiguen superpoderes.

Profesor: Es decir, sí se puede mutar por una radiación, pero no conseguir los superpoderes.

Alumno 1: Nosotros hemos puesto que no porque a través de una mutación no... es lo que dice Alumno 2, a lo mejor puedes mutar, pero los superpoderes no los puedes conseguir.

Profesor: (...) ¿Qué minuto era ese?

Alumno (¿): Es que es largo, es del 1 al 4.

Profesor: ¿Alguien más ha encontrado esa secuencia, ha visto alguna cosa?.

Alumno 3: Nosotros hemos puesto igual que alumno 2 (...).

Alumno 4: Digamos que es como una mutación interna.

Profesor: Te provocaría más bien una mutación interna.

Alumno 4: Sí, pero hacerte invisible sería imposible.

Profesor: Hacerte invisible sería imposible... o convertirte en...

Alumno 4: ... en hombre de piedra.

Profesor: eso sería imposible, ¿no? Vale, y esa alteración que decís, ¿qué os puede provocar? (...).

Alumno (¿): Pues si pones por ejemplo una enfermedad, un cambio físico, pones una persona que tenga dos narices y que tenga una muy grande y otra muy chica o yo que sé, cambios así raros (...).

Alumno 5: Yo no creo que a una persona le pueda salir otra nariz por la radiación, si está embarazada por ejemplo sí puede producir en el feto malformaciones pero no creo que pueda salir otra nariz.

Alumno 6: Si a lo mejor una persona nace con radiación a lo mejor se puede ver afectada en su desarrollo, entonces es posible que pueda verse alterado en cuanto al desarrollo de los brazos.



Figura 10
Fotogramas de la película "Los Cuatro Fantásticos"

DATOS	Al comienzo de la película se explica que la mutación estuvo producida por exposición a la radiación de una nube cósmica. El resultado de esta mutación es un cambio en el físico que les otorga superpoderes (Secuencia 1, Tabla 12).
JUSTIFICACIÓN	En este argumento sustantivo existe poca justificación a nivel científico. Los estudiantes se limitan a comentar lo que creen pero sin justificarlo científicamente.
VALIDACIÓN GRUPAL	Tras un breve debate entre los alumnos 1 y 2 llegan al acuerdo de que quizás puedan mutar, pero no adquirir superpoderes. Posteriormente el Alumno 3 ratifica esta afirmación. Por último, y tras otro pequeño debate, creen que puede ocurrir cambio interno, enfermedad, o afectar al feto en un embarazo.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre cómo se produce una mutación en la película Los 4 fantásticos es relativamente correcta, puesto que una radiación podría producir mutaciones, pero no puede otorgar superpoderes

Tabla 24

Análisis del argumento sustantivo 5

- Argumento sustantivo 6:

Profesor: ¿Habéis visto algo más en la peli de Los 4 Fantásticos?.

Alumno: Nos muestra la estructura del ADN en el minuto 1.

Profesor: Bien, categoría me imagino que será la estructura del ADN. ¿El tratamiento es correcto?.

Alumno: Sí, porque el aspecto es el correcto.



Figura 11

Fotograma de la película "Los Cuatro Fantásticos"

DATOS	Imagen del ADN (Secuencia 1, Tabla 12).
JUSTIFICACIÓN	Correcta puesto que el aspecto es el correcto.
VALIDACIÓN GRUPAL	Ningún otro grupo identificó esta secuencia, por lo que no ha podido haber validación grupal.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la estructura del ADN en la película Los 4 Fantásticos es correcta.

Tabla 25

Análisis del argumento sustantivo 6

- Argumento sustantivo 7:

Profesor: ¿Alguien más ha encontrado algo?.

Alumno 1: Cuando un chico alcanza grandes temperaturas... lo del fuego.

Profesor: Alcanza la temperatura del Sol. ¿Qué concepto estáis viendo ahí?.

Alumno 1: Mutación.

Profesor: Mutación... ¿Es correcto?.

Alumno 1: No.

Profesor: No, ¿Por qué?.

Alumno 1: Porque es imposible alcanzar la temperatura del Sol...

Profesor: (...) ¿Qué más?.

Alumno 2: (cambio de tema).

DATOS	En un primer momento uno de los protagonistas percibe que tiene elevada la temperatura corporal. En la siguiente imagen se observa cómo esta persona está esquiando y prende en llamas. Posteriormente se comenta que " <i>alcanza la temperatura del Sol</i> " (Secuencia 2, Tabla 12).
JUSTIFICACIÓN	Incorrecto. Porque es imposible alcanzar la temperatura del Sol.
VALIDACIÓN GRUPAL	Ningún otro grupo identificó esta secuencia, por lo que no ha podido haber validación grupal.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la mutación en la película Los 4 Fantásticos es incorrecta ya que no puede dar como resultado alcanzar la temperatura del Sol.

Tabla 26

Análisis del argumento sustantivo 7

- Argumento sustantivo 8:

Profesor: (...) ¿Qué más?.

Alumno 1: Cuando el chico es elástico, pasa la mano por debajo de la puerta y es capaz de abrir desde fuera.

Profesor: ¿Que concepto habéis visto ahí?.

Alumno 1: Evolución...y hemos puesto que el tratamiento es incorrecto porque es una evolución muy rápida, no puede ir tan rápida.

Profesor: (...) vosotros entendéis que la evolución es un proceso más lento.

Alumno 2: Sí.

Profesor: Vale, entonces yo os pregunto... si esa persona tuviese la capacidad de vivir 1.000 años, ¿la evolución le permitiría desarrollar esa habilidad?.

Alumno 2: Sí... pero.

Alumno 3: A lo mejor en 1.000 años no lo desarrolla completamente.

Profesor: Entonces vamos a subir a 5.000 años o a 100.000 años. ¿Tú crees que llegaría ese momento en el que la persona diga, lo he conseguido, soy capaz de meter la mano por debajo de la puerta y abrir desde el otro lado?... a lo mejor si vive 100.000 años, ¿sí es posible?.

Alumno 3: A lo mejor si es una necesidad básica, sí podemos desarrollarla.

Profesor: ¿Sí es una necesidad básica?.

Alumno 3: Por ejemplo lo de las jirafas, que han ido creciendo para lo del alimento.

Profesor: Vale... Si necesitara meter la mano para comer...

(...)

Alumno 4: El cuerpo de la persona..., pero eso no puede cambiar, los huesos no te permitirían, por mucho que eso cambiara tendría un brazo como de gelatina, y eso no puede ser.

Alumno 3: Pero eso es como el ejemplo de las jirafas, las jirafas que tenían el cuello más largo sobrevivían, ahora, necesitamos pasar la mano por debajo de la puerta (...).

DATOS	Se observa cómo uno de los protagonistas manifiesta su mutación de forma que su cuerpo es totalmente elástico. Esto le permite pasar la mano por debajo de una puerta y abrirla desde el otro lado (Secuencia 5, Tabla 12).
JUSTIFICACIÓN	Incorrecto en poco tiempo. Correcto si tuviéramos más tiempo o fuera cuestión de una necesidad básica.
VALIDACIÓN GRUPAL	Existen diferentes grupos que no opinan lo mismo en este tema. Un primer grupo categoriza esta secuencia como de evolución, cosa que no es rebatida por ningún otro grupo. Cuando se plantea la posibilidad de que pase mucho tiempo comienzan a dudar de si sería posible. Un alumno pone de manifiesto el lamarckismo como posibilidad real e intenta convencer al resto de compañeros que aun dudan.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la evolución en la película Los 4 Fantásticos es incorrecta porque se necesita más tiempo y una necesidad básica para desarrollar adaptación al medio (pensamiento lamarckiano).

Tabla 27

Análisis del argumento sustantivo 8

- Argumento sustantivo 9:

Profesor: ¿Que nos queda?.Alumno (¿): **X-Men**.Profesor: (...) ¿Sobre qué hablan ahí?.Alumno 1: Sobre los mutantes.Profesor: Muy bien, pues a ver qué habéis sacado de esa conversación o algo de lo que viene después a nivel de imágenes, comentarios...Alumno 1: En la primera secuencia, en el Senado debaten que unos profesores mutantes den clase a alumnos...Profesor: ¿Qué se está tratando ahí, qué concepto?.Alumno 1: Mutación.Profesor: ¿Y creéis que se está tratando de una forma correcta?.Alumno 1: No.

(...)

Alumno 2: No.

(...)

Profesor: Hay una persona que se queja, un senador o político, que se queja de que hay muchos mutantes y (...) a veces los mutantes no tienen rasgos que

permitan identificarlos, y por tanto vamos a tener mutantes que puedan darle clase a nuestros hijos... Viene a asociar la idea de que una persona mutante puede tener una serie de aspectos que pueden ser negativos (...) ¿Consideráis ese tratamiento correcto o no? ¿Vosotros creéis que todas las mutaciones tienen esa connotación negativa?.

Alumno 3: Puede alterar un aspecto físico, pero no un aspecto mental, ¿no? Es decir, puede tener alguna alteración Física, pero sigue funcionando como una persona normal.

Alumno 4: O que puede tener una alteración pero no tiene porqué ser mala.

Profesor: ¿Estáis de acuerdo en este aspecto? ¿Una mutación nos puede provocar una alteración que no sea negativa?.

Alumno 5: Sí.

Profesor: Entonces, una persona que sea mutante o un animal que sea mutante no tiene por qué ser ni peligroso, ni negativo, ni nocivo, o siempre que hablamos de un mutante pensamos en una connotación, si no negativa, extraña.

Alumno 5: Extraña sí.

Profesor: ¿Qué imagen tenéis de un mutante? Sea persona o sea otro ser vivo... Si yo os digo la palabra mutante, ¿qué es lo primero que os viene a la cabeza?.

Alumno 5: Una persona rara.

Profesor: ¿Qué más os viene a la cabeza cuando habláis de mutantes? Insisto, no tiene porqué ser una persona, alguna imagen que hayáis visto en la tele, en algún libro, en las películas...

Alumno 2: Un ser vivo alterado de alguna manera, física, de color...

Profesor: ¿Vosotros creéis que yo podría ser mutante?.

Alumno 3: Internamente sí.

Profesor: ¿Y tú, tú puedes ser mutante?.

Alumno 3: Internamente sí porque no se ve, pero externamente...

Profesor: ¿Y qué implicaría que tú fueses mutante internamente?.

Alumno 3: Pues no sé, a lo mejor que tengo tres pulmones o... yo que sé.

Alumno 1: O a lo mejor que alguna función que no se puede hacer bien...

Profesor: Si vosotros llegáis a casa y decís: “mamá, soy mutante”, ¿qué creéis que os diría vuestra madre?.

Alumno (¿): “Anda nene, calla y come” (risas).

DATOS	En la secuencia se observa un grupo de personas planteando la mutación como algo negativo y peligroso para la sociedad (Secuencia 2, Tabla 14).
JUSTIFICACIÓN	Incorrecto: un mutante puede tener un cambio físico, pero no mental, sigue siendo una persona. Estos cambios pueden no observarse. En general el nivel de justificación para este argumento sustantivo es bajo; los estudiantes exponen sus creencias, pero no justifican con base científica.
VALIDACIÓN GRUPAL	En general los comentarios del grupo están en la línea de que una mutación no tiene porqué ser negativa, pero que en el individuo se produce algo “raro”. No surge la posibilidad de mutaciones silenciosas.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la mutación en la película X-Men es incorrecta puesto que no todas las mutaciones son negativas, ni todos los mutantes son malos. En cambio, sí que asocian la mutación con cambio físico interno (que no se ve) “rareza”.

Tabla 28

Tabla 28. Análisis del argumento sustantivo 9

- Argumento sustantivo 10:

Profesor: Bueno, pasamos a la película de **Parque Jurásico**. ¿Qué podéis comentar sobre esta película? ¿Qué cosas os han llamado la atención?.

Alumno 1: Cuando crean a los dinosaurios.

Profesor: ¿Y qué concepto habéis visto vosotros ahí?.

Alumno 1: Herencia Genética.

Profesor: ¿Y qué tratamiento creéis que se le da ahí?.

Alumno 1: Es correcto, porque han obtenido el ADN de los dinosaurios.

Profesor: Entonces tú crees que siguiendo, más o menos, el proceso que ponen en la película, podríamos nosotros crear un dinosaurio ahora.

Alumno 1: Si tuviéramos su sangre, su ADN, quizá sí.

Profesor: ¿Alguien está de acuerdo o quiere aportar algo?.

Alumno 2: Sí, que aparte del ADN de dinosaurio utilizan el ADN de una rana para completar la secuencia de clonación.

Profesor: ¿Y qué concepto habéis visto vosotros en ese momento?.

Alumno 2: Clonación.

Profesor: ¿Y consideraréis que es correcto?.

Alumno 2: Sí.

Profesor: ¿Estáis de acuerdo los demás? (...).

Alumno 3: Pero no (conseguiríamos) los mismos (dinosaurios) que había antes (...).

Alumno 3: No, porque no es el ADN completo.

Profesor: (...) Entonces tú crees que no estaría correctamente tratado porque al meter otra secuencia de ADN aparecería un dinosaurio, pero con ciertas diferencias con respecto al supuestamente original.

Alumno 4: Yo pienso que la manera de la que extraen la sangre, aunque pudieran extraerla así, no se conservaría de una manera óptima para poder recoger el ADN y poder insertarlo luego con el de la rana.

Profesor: O sea, te refieres a que el sistema de extracción de la sangre del dinosaurio no es muy fiable cuando lo sacan del mosquito que está en el ámbar y que ese ADN que obtienen no va a ser fiable para “construir” un dinosaurio.

Alumno 4: El mosquito le puede haber picado a dos dinosaurios.

Profesor: (...) ¿alguien que quiera comentar alguna cosa más?.

Alumno (¿): (cambio de tema).



Figura 12

Fotogramas de la película “Parque Jurásico”

DATOS	El ADN de dinosaurio se extrae de un mosquito fosilizado en ámbar. Juntando éste con ADN de rana se puede conseguir formar dinosaurios tal y como eran en la antigüedad (Secuencia 1, Tabla 18).
JUSTIFICACIÓN	Correcto: Con tener la sangre del dinosaurio sería suficiente Incorrecto: el ADN no sería óptimo, y al unirlo al ADN de una rana el producto final no tendría totalmente las características de un dinosaurio real. Además la sangre podría ser mezcla de dos dinosaurios y por tanto no servir para formar un dinosaurio concreto.
VALIDACIÓN GRUPAL	Surgen dos explicaciones diferentes, aunque no hubo posibilidad de comprobar si el resto del grupo de debate opinaba una cosa u otra.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la clonación en la película Parque Jurásico es parcialmente incorrecta puesto que algunos estudiantes creen que la obtención del ADN de dinosaurio es correcta, aunque otros creen que la obtención de nuevos individuos no podría ocurrir ya que mezclan el ADN de dinosaurio con el de rana.

Tabla 29

Análisis del argumento sustantivo 10

- Argumento sustantivo 11:

Profesor: ¿Alguien que haya visto algo más en la película o que quiera comentar alguna cosa más?.

Alumno 1: Que encuentran huevos de dinosaurio y explican que se podía haber producido un cambio de sexo.

Profesor: ¿Por qué?.

Alumno 1: Nosotros hemos puesto que es evolución y hemos puesto que es correcto.

(...)

Alumno 2: Yo creo que el científico que vio los huevos le explica que hay una especie de rana africana que puede cambiar su sexo según ciertas ocasiones y así puede haber cambiado los dinosaurios de sexo y haber hecho así los huevos.

Profesor: Vale la cuestión es la siguiente, recordáis que hay un momento en que preguntan en la peli, ¿vosotros como controláis la proliferación de los dinosaurios? (...).

Alumno (¿): Que todos son hembras.

Profesor: Que todos los dinosaurios los hacen hembras con lo cual al ser todas hembras en el campo no se pueden reproducir, sin embargo cuando aparecen los huevos de dinosaurio explican...: *“en un entorno de sexo único algunas ranas africanas pueden espontáneamente cambiar de sexo para favorecer la reproducción”*, como el ADN del dinosaurio está completado con ADN de rana, el dinosaurio espontáneamente ha cambiado de sexo (...) ¿es correcto?.

Alumnos: Sí, si han cogido esa parte del ADN de la rana sí.

DATOS	Los científicos explican que los dinosaurios en libertad no se pueden reproducir ya que todos son hembras. Cuando observan que hay huevos en la naturaleza plantean una posible explicación: los nuevos dinosaurios están generados a partir de ADN de una especie de rana africana capaz de cambiar de sexo en determinadas condiciones, por lo que así ya podrían procrear (Secuencia 3, Tabla 18).
JUSTIFICACIÓN	Correcto: por estar los nuevos dinosaurios formados por una mezcla de ADN de dinosaurio y una parte concreta del ADN de rana africana que cambia de sexo en determinadas condiciones ambientales.
VALIDACIÓN GRUPAL	En general todo el grupo estaba de acuerdo en la justificación anteriormente indicada.
CONCLUSIÓN	La información que nos dan sobre la clonación en la película Parque Jurásico es correcta porque nuevos individuos formados por mezcla de ADN de diferentes individuos adquieren características híbridas de los organismos origen.

Tabla 30
Análisis del argumento sustantivo 11.

El estudio del debate final, y la identificación y el análisis de todos los argumentos sustantivos comentados, nos ofrece la posibilidad de realizar una serie de observaciones de carácter general que consideramos interesantes y que, como hemos comentado anteriormente, pueden suponer un primer paso de cara a futuras investigaciones.

En primer lugar, llama la atención la gran participación de los alumnos en el debate. Sus comentarios son espontáneos, fluidos, con confianza, corrigen a sus compañeros y están abiertos a comentarios de otros compañeros. En la mayoría de las ocasiones, justifican sus respuestas con argumentos científicos y

hacen alusión a conocimiento científico correcto, utilizando un adecuado lenguaje científico (estructura del ADN, manipulación Genética, clonación, etc.). Todo esto refuerza la idea de que los alumnos han mostrado gran interés por la actividad, tomándose en serio el análisis de las películas y documentándose en los recursos online ofrecidos para una adecuada justificación.

Por otro lado, las conclusiones a las que llegan los alumnos son científicamente correctas o cercanas a ellas. Esto, unido a lo comentado en el párrafo anterior, muestra la utilidad de esta actividad de cara a una adecuada y necesaria alfabetización científica de nuestros alumnos. Es cierto que en algunos casos no se ha conseguido la validación de las conclusiones por el gran grupo, ya que la secuencia solamente ha sido identificada por una pareja. Sin embargo, en aquellos casos en los que las secuencias han sido identificadas por varias parejas (la mayoría), se han obtenido conclusiones mayoritariamente correctas.

La existencia de ideas previas erróneas, y la consistencia de las mismas (aspectos ampliamente fundamentados y comentados a lo largo de esta tesis), quedan también patentes en el análisis de este debate. El mejor ejemplo lo encontramos en los argumentos lamarckistas de los alumnos al discutir las secuencias de la película de Los Cuatro Fantásticos. Aunque este aspecto podría suponer una crítica fuerte acerca de la validez de la herramienta utilizada para, precisamente, tratar de detectar y corregir ideas previas erróneas, podemos destacar el hecho de que prácticamente ha sido la única idea previa de las muchas identificadas y recogidas en el presente trabajo que ha mostrado una gran consistencia. Por ello, la metodología que hemos desarrollado consideramos que puede ayudar de forma significativa a que los alumnos alcancen un adecuado cambio conceptual.

Por último, del análisis de esta última sesión de debate obtenemos conclusiones relacionadas con la necesidad de plantear algunas propuestas de mejora de cara a futuros estudios. Estas propuestas hacen referencia tanto al planteamiento didáctico del debate como al análisis posterior del mismo. Así, en relación al planteamiento didáctico, el profesor podría haber guiado a los alumnos a un mayor nivel de concreción en el razonamiento y justificación de los argumentos sustantivos, como en el argumento sustantivo 9 (hacer llegar a los alumnos al campo de las mutaciones silenciosas). Por otro lado, en el

análisis del debate final quizá se podrían haber obtenido conclusiones con un mayor nivel de detalle considerando argumentos sustantivos más pequeños, más concretos, o analizando más aspectos de los mismos.

En general, y a modo de conclusión, consideramos que la propuesta didáctica aquí presentada constituye una herramienta adecuada para la identificación de ideas previas en el campo de la Genética, al mismo tiempo que proporciona los cauces necesarios que favorecen el cambio conceptual. Esta metodología resulta más motivadora para los alumnos, pues parte de una realidad próxima y cotidiana para ellos (películas de ciencia ficción) y permite una aproximación de estos al ámbito socio-científico de una forma alternativa y complementaria a la que encuentran tradicionalmente en la educación formal.

4.2. Análisis cuantitativo

Hasta ahora, y con respecto a la eficacia de la propuesta didáctica, se han mostrado los resultados del análisis cualitativo. En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos tras un análisis de tipo cuantitativo que pretende estudiar la eficacia del producto más que el análisis del proceso. Para este fin se diseñó un cuestionario que fue cumplimentado por los estudiantes tanto del grupo control como del experimental, antes y después de haberse implementado en el aula los temas relacionados con Genética. A continuación se muestra el cuestionario.

1. Sobre los cromosomas:
 - En la fecundación humana, el X solamente lo aporta la mujer y el Y solamente el hombre.
 - El X es femenino y el Y es masculino.
 - El X lo tienen hombres y mujeres.
 - El Y lo tienen hombres y mujeres.
2. Sobre el ADN:
 - Las plantas no tienen ADN.
 - Las raíces de las plantas no tienen ADN.
 - En una persona, donde hay más ADN es en la boca.
 - La ropa no tiene ADN.
3. Más sobre el ADN:
 - Sirve como un código de barras, para identificar a los seres vivos.
 - Contiene la información completa de cómo es y se comporta un ser vivo.
 - Con el ADN de un ser vivo extinguido se puede hacer otro.
 - Sirve para el funcionamiento de las células.
4. El cambio de Peter Parker en la película Spiderman...
 - es una mutación porque se ve que cambia su aspecto.
 - es una mutación porque le pica una araña con ADN mutado.
 - no es una mutación porque no le produce un cambio en su ADN.
 - no es una mutación porque solo producen mutaciones la radiactividad.
5. Sobre mutaciones:
 - Existen mutaciones que no se ven.
 - Todas las mutaciones producen una mejora en el físico.
 - Todas las mutaciones producen un efecto negativo en el físico.
 - Las personas sanas no tienen mutaciones.
6. Sobre adaptaciones al medio:
 - Los mutantes se adaptan mejor al medio.
 - Los mutantes se adaptan peor al medio.
 - Los mutantes se pueden adaptar mejor o peor al medio.
 - Los mutantes podrían existir en un futuro por su ventaja evolutiva.
7. Sobre clonación:
 - Hacer un clon de un ser vivo es hacer una copia del ADN de éste.

- Para hacer un clon se puede usar el ADN de un ser vivo extinguido y completarse hasta tener el nuevo individuo.
 - Una persona y su clon tendrían idéntico aspecto físico.
 - Una persona y su clon tendrían idéntico material genético.
8. Más sobre clonación:
- Para clonar se necesita un óvulo y una hembra gestante.
 - Para clonar se necesita solo un varón donante.
 - Para clonar se necesita un óvulo y un varón donante.
 - Para clonar se necesita solo un espermatozoide.

Como se ha indicado en Metodología, cada respuesta única y correcta se valoró con 10 puntos y cada respuesta correcta junto a otra incorrecta se valoró con 5 puntos. En las siguientes tablas se incluyen las respuestas de los diferentes grupos de estudiantes para cada uno de los ítems.

ITEM	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
RESPUESTA CORRECTA	C		D		D		C		A		C		D		A	
NOMBRE																
1	AB	0	D	10	AB	0	B	0	C	0	C	10	ACD	0	C	0
2	A	0	D	10	BD	5	B	0	C	0	CD	10	AC	0	C	0
3	A	0	CD	5	ABD	0	B	0	A	10	BCD	0	ACD	0	C	0
4	BC	5	D	10	B	0	B	0	AD	5	C	10	ACD	0	C	0
5	BC	5	CD	5	AC	0	B	0	CD	0	BD	0	ACD	0	C	0
6	A	0	C	0	A	0	B	0	AC	5	D	0	CD	5	C	0
7	B	0	C	0	B	0	B	0		0	C	10	D	10	D	0
8	C	10	D	10	B	0	B	0	A	10	C	10	CD	5	C	0
9	C	10	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	C	0	D	0
10	A	0	D	10	D	10	B	0	C	0	A	0	ACD	0	C	0
11	C	10	D	10	AD	5	D	0	A	10	CD	5	ABD	0	C	0
12	AB	0	CD	5	A	0	B	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
13	B	0	CD	5	BD	5	B	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
14	C	10	D	10	B	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	C	0
15	C	10	D	10	B	0	B	0	A	10	C	10	CD	5	C	0
16	A	0	D	10	D	10	B	0	A	10	C	10	ACD	0	B	0
17	B	0	C	0	BD	5	D	0	C	0		0	AC	0		0
18	AB	0	CD	5	AD	5	BD	0	AD	5	BD	0	ACD	0	CD	0
19	A	0	D	10	AC	0	B	0	A	10	D	0	AC	0	BD	0
20	BC	5	AB	0	B	0	B	0	C	0	C	10	AD	5	A	10
21	AB	0	D	10	AB	0	B	0	D	0	C	10	ACD	0	AC	5
22	CD	5	D	10	D	10	B	0	A	10	C	10	AC	0	D	0
23	AB	0	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	C	0	C	0
24	C	10	D	10	AD	5	B	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
25	C	10	D	10	A	0	B	0	D	0	CD	5	CD	5	C	0
26	B	0	B	0	B	0	B	0	D	0	D	0	D	10	C	0
27	C	10	C	0	B	0	A	0	C	0	D	0	D	10	A	10
28	B	0	D	10	A	0	A	0	A	10	C	10	C	0		0
29	B	0	C	0	BC	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	B	0
30	B	0	C	0	A	0	B	0	A	10	D	0	CD	5	C	0
31	A	0	C	0	A	0	A	0	C	0	C	10	D	10	C	0
32	BC	5	D	10	ABCD	0	B	0	D	0	CD	5	ACD	0	AB	5
33		0	C	0	B	0	B	0	A	10	DC	5	C	0	A	10
34	C	10	D	10	A	0	B	0	D	0	C	10	D	10	B	0
35	A	0	D	10	ABC	0	B	0	ACD	0	BD	0	ABCD	0	A	10
36	B	0	C	0	A	0	B	0	A	10	C	10		0	A	10
37	B	0	C	0	ABD	0	C	10	C	0	C	10	AC	0	C	0
38	C	10	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	ACD	0	B	0
39	C	10	D	10	BC	0	B	0	B	0	D	0	ACD	0	A	10
40	C	10	C	0	A	0	B	0	CD	0	C	10	C	0	B	0
41	C	10	D	10	B	0	B	0	A	10	C	10	ABD	0	C	0
42	D	0	D	10	B	0	B	0	C	0	C	10	C	0	C	0
43	C	10	D	10	AB	0	A	0	A	10	CD	5	AC	0	AC	5
44	A	0	C	0	AB	0	B	0	A	10	CD	5	ACD	0	B	0
45	C	10	C	0	B	0	A	0	A	10	B	0	CD	5	C	0
46	B	0	C	0	B	0	A	0	B	0	D	0	A	0	C	0
47	D	0	D	10	B	0	B	0	C	0	C	10	CD	5	C	0
48	C	10	D	10	B	0	B	0	D	0	C	10	AD	5	AC	5
49	A	0	D	10	B	0	B	0	C	0	C	10	D	10	C	0

Tabla 31

Puntuaciones del pretest correspondientes al grupo control

ITEM	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
RESPUESTA CORRECTA	C		D		D		C		A		C		D		A	
NOMBRE																
1	C	10	D	10	AD	5	A	0	A	10	C	10	ACD	0	C	0
2	ABC	0		0	AD	5	B	0	A	10	C	10	ACD	0	A	10
3	C	10	D	10	AD	5		0	A	10	C	10	D	10		0
4	AC	5	D	10	AD	5	B	0	A	10	C	10	ACD	0	C	0
5	C	10	B	0	A	0	B	0	A	10	C	10	A	0	D	0
6	C	10	D	10	AD	5	AB	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
7	C	10	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	A	0	C	0
8	B	0	D	10	D	10		0		0		0	BC	0	C	0
9	C	10	C	0	B	0	B	0	C	0	C	10	B	0	C	0
10	C	10	C	0	ABD	0	A	0	A	10				0		0
11	D	0	C	0	ABD	0	A	0	A	10	C	10	CD	5	AC	5
12	D	0	D	10	ABD	0	D	0	A	10		0	AC	0	D	0
13	C	10	D	10	B	0	B	0	A	10	C	10	A	0	C	0
14	C	10	B	0	A	0	B	0	A	10	C	10	D	10	A	10
15	C	10	D	10	A	0	A	0	A	10	A	0	D	10	A	10
16	C	10	BD	5	A	0	B	0	A	10	CD	5	ACD	0	C	0
17	C	10	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	C	0	C	0
18	C	10	D	10	A	0	A	0	A	10	C	10	ACD	0	A	10
19	BC	5	C	0	A	0	B	0	C	0	C	10	ACD	0	AC	5
20	C	10	D	10	AB	0	C	10	A	10	CD	5	ACD	0	B	0
21	AC	5	D	10	AD	5	B	0	A	10	CD	5	ACD	0	AC	5
22	BC	5	D	10	A	0	A	0	A	10	C	10	ACD	0	A	10

Tabla 32
Puntuaciones del postest correspondientes al grupo control

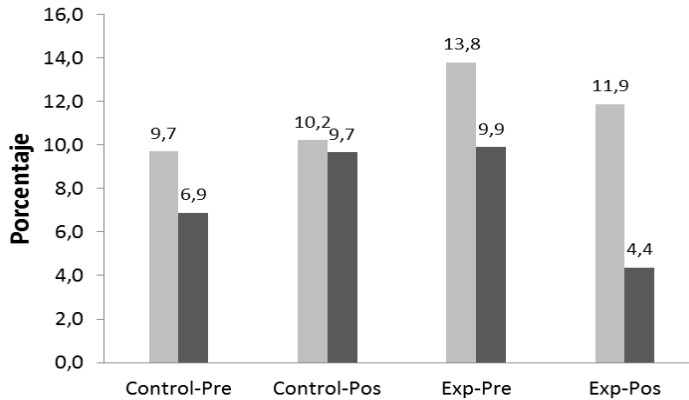
ITEM	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
RESPUESTA CORRECTA	C		D		D		C		A		C		D		A	
NOMBRE																
1	AB	0	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	ACD	0	C	0
2	B	0	C	0	B	0	D	0	A	10	B	0	AC	0	BC	0
3	A	0	C	0	AC	0	B	0	BC	0	BD	0	AD	5	CD	0
4	AB	0	C	0	ABCD	0	AD	0	AD	5	C	10	ABCD	0	CD	0
5	A	0	C	0	AB	0	B	0	A	10	C	10	BC	0	D	0
6	A	0	B	0	AB	0	C	10	A	10	CD	5	AC	0	A	10
7	A	0	C	0	AD	5	B	0	AC	5	C	10	AD	5	C	0
8	A	0	C	0	B	0	B	0	A	10	A	0	A	0	A	10
9	A	0	AD	5	AB	0	B	0	A	10	C	10	A	0	C	0
10	A	0	C	0	AD	5	AD	0	A	10	C	10	AD	5		0
11	B	0	AD	5	B	0	AC	5	AD	5	C	10	CD	5	C	0
12	B	0	B	0	AC	0	B	0	A	10	CD	5	ACD	0	C	0
13	AB	0	D	10	A	0	B	0	AC	5	B	0	AD	5	C	0
14	AB	0	D	10	A	0	B	0	D	0	B	0	AD	5	C	0
15	B	0	D	10	A	0	B	0	C	0	C	10	AC	0	AD	5
16	B	0	C	0	A	0	B	0	AC	5	C	10	AD	5	A	10
17	B	0	C	0	A	0	B	0	A	10	D	0	AC	0	B	0
18	B	0	C	0	AD	5	B	0	A	10	C	10	ABC	0	A	10
19	AB	0	C	0	D	10	B	0	A	10	CD	5	AC	0	BD	0
20	B	0	CD	5	AC	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	C	0
21	B	0	C	0	AB	0	B	0	A	10	CD	5	ABC	0	D	0
22	A	0	C	0	AD	5	B	0	AC	5	C	10	AD	5	C	0
23	AB	0	D	10	AB	0	B	0	A	10	CD	5	ACD	0	A	10
24	B	0	C	0	A	0	B	0	CD	0	C	10	ABC	0	C	0
25	B	0	C	0	ABD	0	B	0	A	10	C	10	ABCD	0	C	0
26	C	10	D	10	AC	0	B	0	A	10	D	0	AC	0	A	10
27	B	0	C	0	BC	0	B	0	A	10	C	10	BC	0	C	0
28	B	0	ABC	0	BD	5	B	0	A	10	CD	5	AC	0	C	0
29	A	0	D	10	A	0	B	0	A	10	CD	5	C	0	C	0

Tabla 33
Puntuaciones del pretest correspondientes al grupo experimental

ITEM	1	1	2	2	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	8	8
RESPUESTA CORRECTA	C		D		D		C		A		C		D		A	
NOMBRE																
1	A	0	B	0	B	0	B	0	A	10	CD	5	C	0	C	0
2	A	0	D	10	A	0	B	0	A	10	CD	5	AC	0	AD	5
3	B	0	B	0	A	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	A	10
4	BC	5	D	10	ACD	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	A	10
5	C	10	D	10	A	0	A	0	A	10	C	10	AD	5	D	0
6	C	10	C	0	AD	5	C	10	A	10	C	10	A	0	A	10
7	C	10	D	10	AB	0	B	0	A	10	AD	0	AD	5	B	0
8	C	10		0	ABD	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	A	10
9	C	10	C	0	A	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	A	10
10	B	0	D	10	AD	5	B	0	A	10	D	0	AD	5	BC	0
11	B	0	D	10	A	0	A	0	A	10	C	10	AD	5	C	0
12	C	10	D	10	A	0	B	0	A	10	C	10	D	10	A	10
13	B	0	D	10	C	0	B	0	A	10	C	10	D	10	A	10
14	AB	0	D	10	AC	0	AB	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
15	B	0	D	10	AC	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	BC	0
16	D	0	D	10	A	0	AB	0	A	10	C	10	AC	0	C	0
17	C	10	D	10	AD	5	B	0	A	10	D	0	AD	5	C	0
18	A	0	D	10	A	0	D	0	A	10	C	10	AD	5	B	0
19	B	0	D	10	AC	0	B	0	A	10	C	10	AD	5	C	0
20	A	0	C	0	ABC	0	B	0	A	10	C	10	ABD	0	A	10

Tabla 34
Puntuaciones del postest correspondientes al grupo experimental

Tal y como se indicó en el apartado de Metodología, las instrucciones dadas a los estudiantes incluían la posibilidad de seleccionar más de una respuesta, aunque la respuesta correcta era única. Con esta situación queríamos determinar el grado de confianza en las respuestas de los estudiantes. Así pues, si la respuesta era única y correcta se puntuaba ese ítem con 10 puntos, mientras que si se daban dos respuestas y una de ellas era la opción correcta, se puntuaba con 5 puntos. Por lo tanto, la cuantificación del número de “cincos” en las respuestas de los diferentes grupos de estudiantes nos puede dar una idea de la confianza con la que los estudiantes respondían en general, o en cada ítem en particular. En la siguiente gráfica se muestra el porcentaje de cincos en cada uno de los grupos de estudiantes.



Gráfica 21

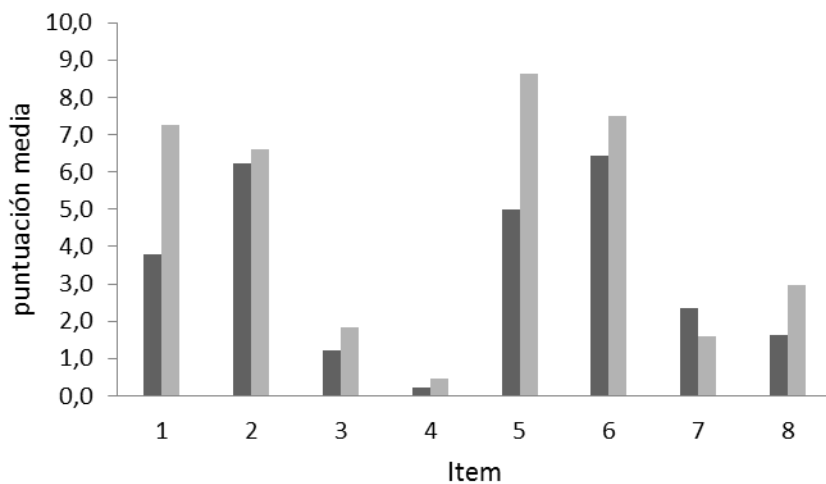
Nivel de confianza de las respuestas de los estudiantes. En (■) se indica el porcentaje de cincos en cada uno de los grupos de estudiantes. En (■) se indica el porcentaje sin tener en cuenta el ítem 7

Tal y como se muestra en la figura anterior, se observa un ligero descenso en el porcentaje de cincos en el posttest del grupo experimental con respecto al pretest (de 13,8% a 11,9%), hecho que no ocurre en el grupo control (de 9,7% a 10,2%). Pero si analizamos el porcentaje de cincos por ítems, observamos que en el posttest del grupo experimental se concentra la mayoría de cincos en el ítem 7 (*Sobre clonación: 1. Hacer un clon de un ser vivo es hacer una copia del ADN de éste; 2. Para hacer un clon se puede usar el ADN de un ser vivo extinguido y completarse hasta tener el nuevo individuo; 3. Una persona y su clon tendrían idéntico aspecto físico; 4. Una persona y su clon tendrían idéntico material genético*). Si no tuviéramos en cuenta este ítem 7, la diferencia entre el pretest y el posttest del grupo experimental sería aún mayor (de 9,9% a 4,4%; ver (■) en la Gráfica 21), mientras que en el grupo control si no tenemos en cuenta este ítem 7, el porcentaje pasa del 6.9% al 9.7%.

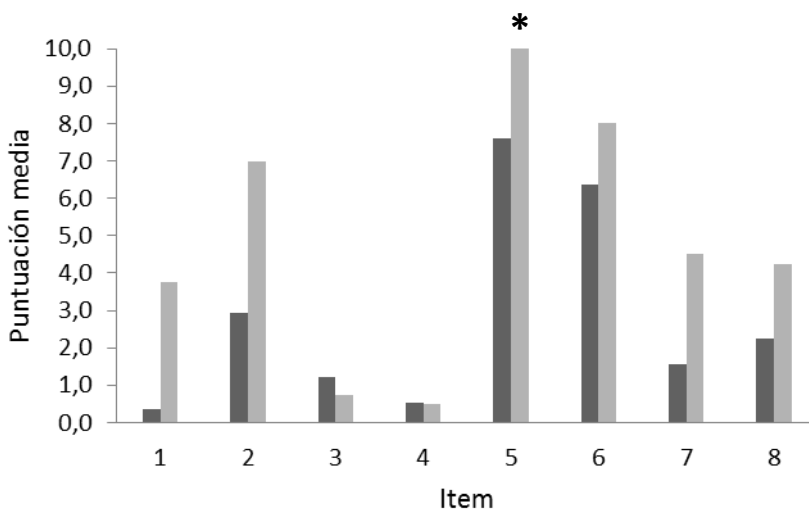
Estos datos sugieren que la propuesta didáctica basada en análisis de secuencias con contenido genético podría aumentar el nivel de confianza en las respuestas de los estudiantes.

A continuación se muestra, en la Gráfica 22, el estudio comparativo de los pretest-posttest de los grupos control y experimental para cada uno de los ítems del cuestionario.

A



B



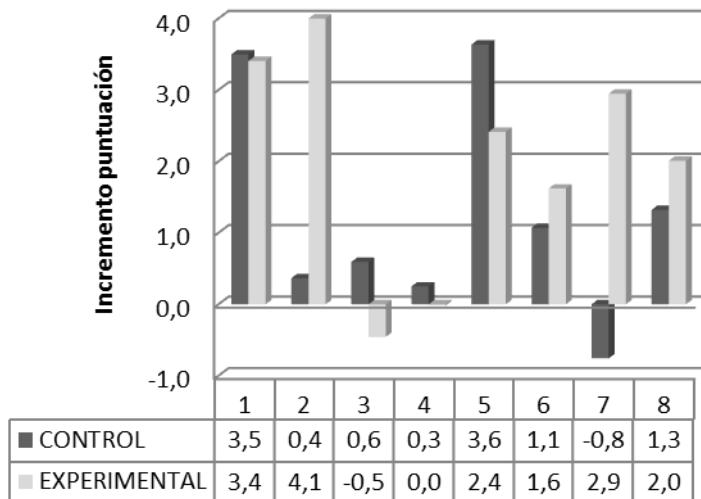
Gráfica 22

Diferencias entre puntuaciones medias al test en el grupo control (A) y grupo experimental (B). En ambas gráficas se muestran las puntuaciones medias al cuestionario antes de la implementación de los contenidos (■) y tras su implementación (▒)

En ambos grupos se observa un incremento en la puntuación media en prácticamente todos los ítems tras la implementación de los contenidos

genéticos (excepto para el ítem 7 del grupo control y el ítem 3 del grupo experimental). En ambos grupos, son los ítems 3 (sobre la función del ADN) y 4 (sobre la modificación sufrida por Peter Parker en la película Spiderman) los que cuentan con peor puntuación media tanto antes como después de implementar los temas de Genética. Con respecto a la función del ADN, ambos grupos indican como opción más frecuente que el “ADN sirve como un código de barras, para identificar a los seres vivos”, idea previa que no se supera tras la implementación formal. Con respecto al ítem 4, en ambos grupos la opción más frecuente incorrecta es que “el cambio de Peter Parker en la película Spiderman es una mutación porque le pica una araña con ADN mutado”. Esta es la explicación que ofrece la película, y en ninguno de los grupos de estudiantes se supera esta idea.

Para poder llevar a cabo una comparativa más directa, se ha calculado la diferencia entre las puntuaciones del postest y del pretest para cada grupo. En la Gráfica 23 se muestra la diferencia observada entre los dos grupos, control y experimental.



Gráfica 23

Gráfica 23.- Tras cuantificar la puntuación media obtenida en cada ítem por cada grupo de estudiantes, se determinó el incremento de puntuación tras la implementación. En este gráfico se muestra el incremento de puntuación para el grupo control (■) y para el experimental (▒) en cada uno de los ítems

Del análisis de Gráfica 23, podemos destacar lo siguiente:

- Con respecto al ítem 2 (sobre el ADN), claramente se observa una ventaja de la nueva metodología con respecto a la tradicional. Hay que resaltar que las opciones incorrectas elegidas por el grupo control hacen alusión a que se cree que “las raíces de las plantas no tienen ADN” y que “donde más ADN hay es en la boca”.
- Con respecto al ítem 5 (sobre mutaciones), aunque aparentemente el grupo control parece obtener una mayor puntuación media, en el grupo experimental ya hay un alto porcentaje de alumnos antes de la implementación de la propuesta que responden adecuadamente, por lo que la posibilidad de mejora se reduce. Hay que destacar que tras la propuesta el 100% de los individuos responde correctamente (ver asterisco en Figura 1B), dando la opción correcta como única respuesta (nota media 10) y desechan las demás opciones.
- Con respecto al ítem 6 (sobre adaptaciones al medio), el grupo experimental reconoce en mayor porcentaje que los mutantes se pueden adaptar mejor o peor al medio. La opción errónea más seleccionada por el grupo control es que “creen que los mutantes podrían existir en un futuro por su ventaja evolutiva”. Eligiendo esta opción, por un lado, no consideran la mutación como algo que puede ofrecer ventaja o desventaja evolutiva y, por otro lado, no consideran la existencia de mutaciones en la población actual como diferencias en el material genético producidas por un cambio al azar.
- Con respecto al ítem 7 (sobre clonación), el grupo experimental reconoce que una persona y su clon tendrían idéntico material genético, aunque podría variar su aspecto físico. El grupo control señala sobre todo como correcta la opción que “considera que para hacer un clon de un ser vivo basta con hacer una copia del ADN”, obviando así los pasos de introducción de ese material en un núcleo sin material genético ni la etapa de gestación.
- Con respecto al ítem 8 (sobre clonación), el grupo experimental tiene en cuenta que para crear un clon hace falta un proceso de gestación. En cambio, un alto porcentaje de estudiantes del grupo

control indican que para clonar se necesita un óvulo y un varón donante, de nuevo obviando el periodo de gestación del embrión.

De los 8 ítems analizados, observamos que en 4 de ellos existe ventaja si se emplea la nueva metodología. Estos ítems están relacionados con la localización del ADN (ítem 2), las adaptaciones al medio (ítem 6) y la clonación (ítems 7 y 8). Además la asociación de mutación como algo posiblemente silencioso (ítem 5) también creemos que se ha afianzado más con este tipo de metodologías.

En general, y a modo de conclusión, consideramos que la propuesta didáctica aquí presentada constituye una herramienta adecuada para la identificación de ideas previas en el campo de la Genética, al mismo tiempo que proporciona los cauces necesarios que favorecen el cambio conceptual. Esta metodología resulta más motivadora para los alumnos, pues parte de una realidad próxima y cotidiana para ellos (películas) y permite una aproximación de estos al ámbito socio-científico de una forma alternativa y complementaria a la que encuentran tradicionalmente en la educación formal. Los resultados cognitivos alcanzados son más satisfactorios en estos alumnos que en aquellos que han recibido una enseñanza a través de una metodología tradicional, tal y como reflejan los análisis tanto cualitativos como cuantitativos realizados, y que están de acuerdo con otros estudios y trabajos llevados a cabo en la misma dirección. Todo esto nos invita a seguir investigando y trabajando en la mejora de esta metodología, con el objetivo de ofrecer a los docentes nuevas y eficaces herramientas para afrontar el proceso de enseñanza y aprendizaje tanto de la Genética como de cualquier otra disciplina científica.

CONCLUSIONES

La tesis que aquí se presenta gira en torno a las concepciones de los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria sobre Genética, y cómo éstas se pueden ver influenciadas por el contexto en el que los estudiantes viven y en el que están tan presentes los medios de comunicación.

Las hipótesis de partida por un lado, y por otro la información recogida de la recopilación bibliográfica de trabajos de investigación en Didáctica de las Ciencias, sobre concepciones de los estudiantes y medios de comunicación, han dirigido la metodología a utilizar, los diseños experimentales y el análisis de dichos resultados.

A continuación pasamos a discutir los resultados obtenidos a la luz de las hipótesis de trabajo planteadas.

HIPÓTESIS 1.- Los alumnos acceden a la educación formal de la Genética con una serie de ideas previas que persisten a la educación formal.

En el presente trabajo hemos demostrado que los estudiantes de tercer curso de ESO (14-15 años) acceden a la educación formal de Genética con ideas previas relacionadas con la naturaleza, función y localización del material genético, así como sobre su modificación, mutación, evolución y clonación. Estas concepciones, mayoritariamente erróneas, podrían configurarse como obstáculo para la construcción de conocimiento más cercano al científicamente aceptado.

De hecho, hemos detectado que la inmensa mayoría de estas ideas persisten a la educación formal, es decir, muestran una consistencia importante, lo cual podría generar una comprensión inadecuada de diferentes conceptos y procesos biológicos en general, y genéticos en particular. Todo esto está de

acuerdo con lo recogido por diferentes investigadores cuando afirman que aprender contenidos genéticos no es tan sencillo como se pensaba, debido fundamentalmente a la influencia de las ideas previas (Clement, 1983; Engel y Driver, 1986; Caballero, 2008; Iñiguez y Puigcerver, 2013).

Probablemente, el hecho de que reciban instrucción formal tradicional sobre el tema puede hacer que los estudiantes adquieran mayor capacidad para justificar científicamente las respuestas, aunque esta justificación no se acerque al conocimiento científico, es decir, pueden estar generando un conocimiento mixto, incorporando a sus ideas previas alejadas del conocimiento científico las explicaciones científicas que se realizan en la educación formal.

Por otro lado, el hecho de que las ideas previas detectadas en el presente trabajo estén en consonancia con aquellas detectadas en trabajos previos, nos reafirma en el hecho de que el aprendizaje de la Genética es algo a lo que debemos prestar especial atención, pues no podemos lograr un aprendizaje significativo orientado a una adecuada alfabetización científica si no conseguimos acercar las ideas previas erróneas a lo aceptado científicamente.

HIPÓTESIS 2.- Las ideas previas de los alumnos sobre temas genéticos coinciden con los significados transmitidos por las películas.

Las películas, cada vez más, tratan aspectos relacionados con la Genética, y los jóvenes acceden a dichas películas con gran frecuencia. Es por tanto probable que los significados personales de los estudiantes relacionados con películas estén muy en consonancia, e incluso coincidan, con los transmitidos por las películas que incluyan dichos contenidos en sus argumentos.

En este sentido, nuestros resultados reflejan que los alumnos, antes de las clases de Genética, ya dicen conocer algunos conceptos específicos relacionados con la asignatura, como “ADN”, “clon”, “gen” y “mutación”. La principal fuente de información para ellos es el cine o la televisión, incluso para muchos de los alumnos de cuarto curso de ESO que ya han recibido formación al respecto en el aula. Estos resultados coinciden con los mostrados en Reis y

Galvão (2004) que encontraron que la televisión era el origen de las concepciones sobre la actividad científica y tecnológica en un 53,6% de los casos.

Por otro lado, existen otros términos y conceptos a los que el alumno accede exclusivamente en el aula y no en su entorno cotidiano, como el concepto de “alelo”.

Así pues, resulta evidente que los alumnos acceden a la educación formal de la Genética con una serie de ideas previas que han adquirido, mayoritariamente, a través de los medios de comunicación. La capacidad de influencia de estos medios en nuestras vidas es cada vez más patente. Es frecuente oír a los alumnos argumentar en el aula respuestas a diferentes preguntas con la coletilla “lo he oído o lo he visto en la tele...”, “lo he leído en internet...”, asumiendo que lo que aparece en la pequeña pantalla son siempre verdades contrastadas. Sus argumentos se basan en las imágenes que ellos se forman a partir de lo que ven y escuchan pero, como hemos comentado con anterioridad, estos no son siempre correctos. Por ello, en la mayoría de las ocasiones, los alumnos tienen la falsa impresión de que conocen y dominan estos temas, cuando la realidad es la contraria.

Una vez analizadas las películas más vistas por los alumnos, resulta interesante destacar el hecho de que éstas, en su mayoría, tratan los temas genéticos mayoritariamente de forma explícita, tanto sonora como visualmente. Por tanto, la aproximación de los estudiantes a estos temas es muy directa. Los conceptos son ofrecidos en la mayoría de los casos sin una explicación previa (como es el caso de X-Men, al hablar de la mutación) o con explicaciones total o parcialmente incorrectas (como en los casos de clonación en Parque Jurásico o La Isla), con un grado de profundización mínimo y asumiendo en muchas ocasiones que el espectador conoce y comprende el significado de lo que está viendo y escuchando. Tan sólo en la película Parque Jurásico, en alguna de las secuencias, se trata de dar una explicación al proceso de clonación de los dinosaurios, pero se introducen errores conceptuales que, como hemos constatado, son asimilados por los estudiantes.

Todo esto puede redundar en lo comentado anteriormente acerca de la imagen errónea que los alumnos se forman de estos temas, pues éstos van construyendo poco a poco sus propios significados basados en una interpretación personal de lo que están visionando.

HIPÓTESIS 3.- La visualización crítica de estas películas, o de algunas secuencias de las mismas, puede ayudar a explicitar las ideas previas de los estudiantes así como a comprobar por parte de éstos la veracidad de las mismas, ayudando a construir un aprendizaje significativo. Al mismo tiempo permite una conexión eficaz entre los ámbitos científico, escolar y cotidiano, favoreciendo el proceso de alfabetización científica.

Los análisis, tanto cuantitativos como cualitativos, alumnos de la propuesta didáctica diseñada e implementada nos permiten llegar a las siguientes conclusiones en relación a esta hipótesis:

1. El análisis del nivel de confianza de las respuestas nos ha permitido detectar que los estudiantes que han seguido la propuesta basada en películas tienen un mayor nivel de confianza al responder el cuestionario.
2. Desde un punto de vista cualitativo, el análisis de las entrevistas semiestructuradas, de las tablas de resultados y de la sesión final, nos permite concluir que esta nueva metodología ha sido motivadora para los alumnos, mostrando éstos un alto grado de implicación y de aprovechamiento de las clases, facilitando la discusión y el contraste de ideas dentro de un ambiente de trabajo en grupo que ha favorecido el consenso en las respuestas.
3. Desde un punto de vista cuantitativo, el número de ítems del cuestionario respondidos correctamente aumenta de forma considerable tras la educación formal de la Genética, tanto para los alumnos que han recibido una formación tradicional como para

aquellos que los han hecho a través de la propuesta didáctica (grupo control y grupo experimental, respectivamente).

4. No obstante, sigue habiendo cuestiones en las que las ideas previas de los alumnos muestran una gran consistencia, de forma que en ninguno de los dos grupos se produce el cambio conceptual esperado y deseado tras la educación formal.
5. Un análisis más detallado de los resultados nos permite comprobar que los alumnos que se han aproximado a los temas genéticos a través de esta nueva propuesta didáctica han alcanzado mejores resultados en nota media por ítem que aquellos que han recibido una educación más tradicional.

Por todo lo anterior, consideramos validada la tercera hipótesis tanto desde un punto de vista cuantitativo como cualitativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-El-Khalick, F., BouJaoude, S., Duschl, R.A., Hofstein, A., Lederman, N.G., Mamlok, R., Niaz, M., Treagust, D. y Tuan, H. (2004). Inquiry in science education: International perspectives. *Science Education*, 88, 397-419.
- Abril, A.M., Muela, F.J. y Mayoral, M.V. Concepciones sobre Genética y biología molecular a través de los medios de comunicación. En "Formación inicial del profesorado en Medios de Comunicación Social". 2003. Ed. Jabalruz. pp. 311-318.
- Adell, J. (2004). Internet en el aula: las WebQuest. *EduTec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. Núm. 17.
- Adúriz-Bravo, A. y Izquierdo, M. (2002). Acerca de la didáctica de las ciencias como disciplina autónoma. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol. 1, Nº 3, 130-140.
- Aikenhead, G. (1988). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25, 607-627.
- Aikenhead, G. (1994). A review of research into the outcomes of STS teaching. In K. Boersma, K. Kortland and J. Van Trommel (eds.) *Proceedings of the 7th IOSTE Symposium (Enschede:National Institute for Curriculum)*, 13-24.
- Albaladejo, C. y Lucas, A.M. (1988). Pupils' meanings for 'mutation'. *Journal of Biological Education*, 22, 215-219.
- Allday, J. (2003). Science in science fiction. *Physics Education*, 38(1), 27-30.
- Anastasi, A. y Urbina, S. (1998). Test psicológicos. Mexico. Prentice Hall.
- Arroio, A. (2010). Context based learning: A role for cinema in science education. *Science Education International*, 21, 131-143.
- Ayuso, G.E. y Banet, E. (1998). Relaciones Genética-Evolución en la Educación Secundaria. Concepciones de los alumnos y actividades de enseñanza en el marco del constructivismo. In E. Banet y A. de Pro (Eds.) *Investigación e Innovación en la Enseñanza de las Ciencias* (pp. 43-54). Murcia: DM.
- 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*, 33, 134-141.

- Banet, E., y Ayuso, G.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*, 13, 137-153.
- Banet, E., y Ayuso, G.E. (2000). Teaching genetics at Secondary school: A strategy for teaching about the location of inheritance information. *Science Education*, 84, 313-351.
- Banet, E., y Ayuso, G.E. (2003). Teaching of biological inheritance and evolution of living beings in secondary school. *International Journal of Science Education*, 25, 373-407.
- Barba, C. (2002). La investigación en Internet con las WebQuest. *Comunicación y Pedagogía*, 185, 62-66.
- Biesboer, F. (2003). Genomics. Dreams, fears and fantasies. *Public embedding of genomics research*. The Hague, Netherlands: Genomic Initiative.
- Bizzo, N. (1994). From Down House Landlord to Brazilian High School Students: what has happened to evolutionary knowledge on the way? *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 537-556.
- Braam, R. (2009). Everything about genes: some results on the dynamics of genomics research. *Scientometrics*, 79, 61-77.
- Brewer, P.R., y Ley, B.L. (2010). Media use and public perceptions of DNA evidence. *Science Communication*, 32, 93-117.
- Brown, C.R. (1990). Some misconceptions in meiosis shown by students responding to an advanced level practical examination question in biology. *Journal of Biological Education*, 24, 182-186.
- Brumby, M. (1979). Problems in learning the concept of natural selection. *Journal of Biological Education*, 13, 119-122.
- Bruner, J. (1972) *El Proceso de educación*, México: Ed. Uteha.
- Bugallo Rodríguez, A. (1995). La didáctica de la Genética: revisión bibliográfica. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 379-385.
- Caballero Armenta, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de Genética. *Enseñanza de las Ciencias*, 26(2), 227-244

- 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*, 13, 71-93.
- Campanario, J.M. (1993). Consolation for the scientist: Sometimes it is hard to publish papers that are later highly cited. *Social Studies of Science*, 23, pp. 342-362.
- Campanario, J.M. (2002). The parallelism between scientists' and students' resistance to new scientific ideas. *International Journal of Science Education*, 24, 1095-1110.
- Campanario, J.M. (2002) La Enseñanza de las Ciencias en Preguntas y Respuestas. Disponible el 22 de Septiembre de 2014 desde <http://www2.uah.es/jmc/webens/portada.html>
- Campanario, J.M. y Moya, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias?. Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las Ciencias*, 17 (2), 179-192.
- Campanario, J.M., Moya, A. y Otero, J.C. (2001). Invocaciones y usos inadecuados de la ciencia en la publicidad. *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 45-56.
- Candela, A. (1993). La construcción discursiva de la ciencia en el aula. *Investigación en la Escuela*, 21, 31-38.
- Carver, R.B., Wiese, E.F. y Breivik, J. (2013). Frame analysis in science education: A classroom activity for promoting media literacy and learning about genetic causation. *International Journal of Science Education*, Part B, 2013.
- Carretero, M.B. (2011). Cine y literatura como herramientas de trabajo para el estudio de enfermedades contagiosas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 341-352.
- Champagne, A.B., Klopfer, L.E. y Gustone, R.F. (1982). Cognitive research and the design of science instruction. *Educational Psychologist*, 17, 31-53.
- Chen, S.Y. y Raffan, J. (1999). Biotechnology: students' knowledge and attitudes in the UK and Taiwan. *Journal of Biological Education*, 34, 17-23.

- Cho, H., Kahle, J. y Nordland, F. (1985). An investigation of high school biology textbooks as sources of misconceptions and difficulties in genetics: some suggestions for teaching genetics. *Science Education*, 69, 707-719.
- Clement, J. (1983). Use of analogies and spatial transformations by experts in solving mathematics problems. Proceedings of the Fifth Annual Meeting of the International Group for the Psychology of Mathematics Education. North American Chapter, 2(5), 102-111.
- Clough, E.E. y Wood-Robinson, C. (1985). Children's understanding of inheritance. *Journal of Biological Education*, 19, 304-310.
- Collins, A. y Stewart, J.H. (1989). The knowledge structure of Mendelian Genetics. *The American Biology Teacher*, 51, 143-149.
- Dawson, V. y Schibeci, R. (2003). Western Australian school students' understanding of biotechnology. *International Journal of Science Education*, 25, 57-69.
- 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*, 31, 1421-1445.
- Deadman, J.A. y Kelly, P.J. (1978). What do secondary schools boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12, 7-15.
- Del Pozo, M. (2009). Aprendizaje Inteligente. Tekman Books.
- DiEnno, C.M. y Hilton, S.C. (2005). High school students' knowledge, attitudes, and levels of enjoyment of an environmental education unit on nonnative plants. *Journal of Environmental Education*, 37, 13-25.
- Domjan, M. (2009). Principios de aprendizaje y conducta. Ed. Paraninfo.
- Driver, R. (1988). Un enfoque constructivista para el desarrollo del currículo de ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 6, pp. 109-120.
- Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1985). Children' ideas in science. Buckingham: Open University Press.
- Driver, R. (1986). Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos. *Enseñanza de las Ciencias*, 6(2), 3-15.

- Driver, R., Newton, P. y Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. *Science Education*, 84, 287-312.
- Dubcek, L., Moshier, S. y Boss, J. (2003). *Fantastic Voyagers: learning Science through science fiction*. 2nd edition, New York: Springer.
- Duncan, R.G., Rogat, A. y Yarden, A. (2009). A learning progression for deepening students' understanding of modern genetics across the 5th-12th grades. Special issue on Learning Progressions. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 644-674.
- Duvivier, D. y Wautelet, M. (2006). From the microworld to King Kong. *Physics Education* 41 (5), 386-390.
- Eijk, M. (2010). Addressing the Dynamics of Science in Curricular Reform for Scientific Literacy: The case of genomics. *International Journal of Science Education*, 32, 2429-2449.
- Engel E. y Driver. R. (1986). A study of consistency in the use of students' conceptual framework across different task contexts. *Science Education*, 70(4), 473-493.
- Erickson, F. (2012). Qualitative Research Methods for Science Education. En, B.J. Fraser et al. (eds.), *Second International Handbook of Science Education (1451-1469)*. Springer International Handbooks of Education.
- Fensham, P. (2000). Providing suitable content in the 'science for all' curriculum. En Millar, R., Leach, J. y Osborne, J. *Improving Science Education*, pp. 1147-1164. Buckingham: Open University Press.
- Ferrés, J. (1994). *Televisión y Educación*. Papeles de Pedagogía. Barcelona: Paidós.
- Finley, F., Stewart, J. y Yarroch, W. (1982). Teacher's perceptions of important and difficult science content: The report of a survey. *Science Education*, 66, 531-538.
- Fisch, S.M., Yotive, W., McCann, S.K., Scot, M. y Chen, L. (1997). Science in Saturday Morning: Children's perceptions of science in educational and no-educational cartoons. *Journal of Educational Media*, 23 (2), 157-167.

- 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*, 18, 73-94.
- Fort, D. y Varney, H. (1989). How students see scientists: mostly male, mostly white, and mostly benevolent. *Science and Children*, 26, 8-13.
- Furió, C.; Vilches, A.; Guisasola, J. y V. Romo. (2001). Finalidades de la enseñanza de las Ciencias en la secundaria obligatoria. ¿Alfabetización científica o preparación propedeútica? *Enseñanza de las Ciencias*, 19, 365-376.
- García Borrás, F.J. (2005). Star Trek: un viaje a las leyes de la dinámica. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, Vol. 2, Nº 1, 79-90.
- García Borrás, F.J. (2008). Bienvenido Mister Cine a la enseñanza de las ciencias. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 79-91.
- García Borrás, F.J. (2011). Las escenas cinematográficas: una herramienta para el estudio de las concepciones alternativas de Física y Química. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 8(3), 291-311.
- García Cruz, C.M. (1990). Algunos errores conceptuales sobre genética derivados de los libros de texto. *Enseñanza de las Ciencias*, 8(2), 197-198.
- García, F.J. y Domenech, F. (2002). Motivación, aprendizaje y rendimiento escolar. *Revista Electrónica de Motivación y Emoción*. 1(6), 24-36.
- Garvin, W. y Stefani, L. (1993). Genetics-genetic disorder and diagnosis: a role-play exercise. *Journal of Biological Education*, 27, 51-57.
- Garton, G.L. (1992). Teaching genetics in the high school classroom. In M. U. Smith y P.E. Simmons (Eds.) *Teaching genetics: Recommendations and research proceedings of a national conference* (pp. 20-30). Cambridge, MA: National Science Foundation.
- 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*, 16, 849-881.

- Gil, D., Furió, C., Valdés, P., Salinas, J., Martínez-Torregrosa, J., Guisasola, J., González, E., Dumas-Carré, A. Goffard, M. y Pessoa de Carvalho, A.M. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? *Enseñanza de las Ciencias*, 17(2), 311-320.
- Gonçalves, R. y Machado, D.M. (2005). Cómics: investigación de conceptos y de terminus paleontológicos, y uso como recurso didáctico en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciencias*, 23(2), 263-274.
- 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*, 21, 197-209.
- Heim, W.G. (1991). What is a recessive allele? *The American Biology Teacher*, 53, 94-97.
- Hewson, P.W. (1981). Constructivism and reflexive practice in science education, en Montero, L. y Vez, J.M. Las didácticas específicas en la formación del profesorado. *Santiago: Ed. Tofeso*.
- Hewson, P.W. y Beeth, M.E. (1995). Enseñanza para un cambio conceptual: Ejemplos de fuerza y movimiento. *Enseñanza de las Ciencias*, 13, 25-35.
- Hewson, P.W y Hewson, M. (1984). The role of conceptual conflict in conceptual change and the design of science instruction. *Instructional Science*, 13, 1-13.
- Hierrezuelo, J. y Montero, A. (1991) La ciencia de los alumnos. Su utilización en la didáctica de la Física y de la Química, Elzevir: Málaga.
- lñiguez, F.J. y Puigcerver, M. (2013). Una propuesta didáctica para la enseñanza de la Genética en la Educación Secundaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 10(3), 307-327.
- Jensen, M.S. y Finley, F.N. (1995). Teaching evolution using a historical argument in a conceptual change strategy. *Science Education*, 79, 147-166.
- Jensen, M.S. y Finley, F.N. (1996). Changes in students' understanding of evolution resulting from different curricular and instructional strategies. *Journal of Research in Science Teaching*, 33, 879-900.

- Jiménez, R. (2012). Ayer, hoy y mañana de la investigación en enseñanza de las Ciencias. En: Dominguez Castiñeiras, J.M. (Ed.) XXV Encuentro de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Santiago de Compostela: Universidad de Santiago de Compostela (pp. 21-45).
- Jiménez-Aleixandre, M.P. (1990). Los esquemas conceptuales sobre la Selección Natural: análisis y propuestas para un cambio conceptual. Doctoral Thesis, Complutense University of Madrid.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Fernández, J. (1987). Selection or adjustment? Explanations of university biology students for natural selection problems. En J. D. Novak (Ed.) Second International Seminar on Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics (pp. 224-232). Ithaca, NY: Cornell University.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Fernández, J. (1989). ¿Han sido seleccionados o se han acostumbrado?. Ideas de estudiantes de Biología sobre la Selección Natural y consistencia entre ellas. *Infancia y Aprendizaje*, 47, 67-81.
- Jiménez-Aleixandre, M.P. y Díaz de Bustamante, J. (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Johnstone, A.H. y Mahmoud, N.A. (1980). Isolating topics of high perceived difficulty in school biology. *Journal of Biological Education*, 14, 163-166.
- Jones, M., Carter, G. y Rua, M. (1999). Children's concepts: tools for transforming science teachers' knowledge. *Science Education*, 83, 545-557.
- Kargbo, D.B., Hobbs, E.D. y Erickson, G.L. (1980). Children's beliefs about inherited characteristics. *Journal of Biological Education*, 14, 137-146.
- 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*, 29, 663-679.
- Knipplés, 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*, 31, 2057-2083.

- Krippendorff, K. (1980). Content analysis. An introduction to its methodology. Sage Publications, Inc., Newbury Park.
- Kuhn, T. (1971). La estructura de las revoluciones científicas. México: Fondo de Cultura Económica.
- Lewis, J. y Kattmann, U. (2004). Traits, genes, particles and information: re-visiting students' understandings of genetics. *International Journal of Science Education*, 26, 195-206.
- Lewis, J. y Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education*, 22, 177-195.
- 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*, 34, 74-79.
- 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*, 34, 129-132.
- Ley Orgánica 2/2006, de 3 de Mayo, de Educación (BOE nº 106 de 4 de Mayo de 2006)
- Ley 17/2007, de 10 de diciembre, de Educación de Andalucía (BOJA nº 252 de 26 de Diciembre de 2007),
- Linn, M.C., Bell, P. y Davis, E.A. (2004). Specific design principles: Elaborating the scaffolded knowledge integration framework. En Linn, M.C., Davis, E.A., y Bell, P. (Eds), *Internet environments for science education*. Lawrence Erlbaum Associates.
- Litwin, J. y Fernández, G. (1982). Evaluación y estadísticas aplicadas a la educación Física y el deporte. Stadium. Buenos Aires.
- Liberko, C.A. (2004). Using Science Fiction To Teach Thermodynamics: Vonnegut, Ice-nine, and Global Warming. *Journal of Chemical Education*, 81(4), 509-512.
- Longden, B. (1982). Genetics: are there inherent learning difficulties? *Journal of Biological Education*, 16, 135-140.

- Mahadeva, M.N. y Randerson, S. (1982). Mutation: Mumbo jumbo. *Science Teaching*, 49, 135-140.
- Mali, G. B. y Howe, A. (1979). Development of Earth and gravity concepts among Nepali children. *Science Education*, 63, 685-691.
- Maloney, J. y Simon, S. (2006). Mapping children's discussions of evidence in science to assess collaboration and argumentation. *International Journal of Science Education*, 28(15), 1817-1841.
- Marín, N., Jiménez Gómez, E., Solano, I. y Benarroch, A. (2001). New Trends in Studies on Conceptions in Science. En *Advances in Psychology research*. Ed. F. columbus. pp. 315-350. New York, Nova.
- Marín, N., Solano, I. y Jiménez Gómez, E. (2001). Characteristics of the methodology used to describe students' conceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 663-690.
- Martín, M.C. (2004). Diseño y validación de cuestionarios. *Matronas Profesión*, 5(17), 23-29
- Martinez 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*, 25, 1148-1168.
- Martínez-Gracia, M. V., Gil Quílez, M.J. y De la Osada García, J. (2005), ¿Cómo se enseña la Genética en los libros de texto?. *Aspectos didácticos de Ciencias Naturales (Biología)* 9, Zaragoza, Universidad de Zaragoza-Educación Abierta, pp. 49-71.
- Matthews, B. y Davies, D. (1999). Changing children's images of scientists: can teachers make a difference? *School Science Review*, 80, 79-85.
- McSharry, G. (2002). Television programming y advertisements: help or hindrance to effective science education? *International Journal of Science Education*, 24, 487-497.
- Mentxaka, I. (2004). Webquest: Internet como recurso didáctico. *Alambique: Didáctica de las ciencias experimentales*, 40, 62-70.

- Nelkin, D. (1995). *Selling Science: How the Press Covers Science and Technology*. New York: W.H. Freeman and Company.
- Nissani, M. (1995). The plight of the obscure innovator in science: A few reflections on Campanario's note. *Social Studies of Science*, 25, 165-183.
- Novak, J.D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate prepositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science Education*, 86, 548-571.
- Nuñez, J.C. (2009). Motivación, aprendizaje y rendimiento académico. Actas do X Congresso Internacional GalegoPortuguês de Psicopedagogia. Braga: Universidade do Minho.
- Nussbaum, J. y Novick, S. (1982). Alternative frameworks, conceptual conflict and accommodation: towards a principled teaching strategy. *Instructional Science*, 11, 183-200.
- Osborne, J., Erduran, S. y Simon, S. (2004). Enhancing the quality of argumentation in school science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 994-1020.
- Palacios, S.L. (2007). El cine y la literatura de ciencia ficción como herramientas didácticas en la enseñanza de la Física: una experiencia en el aula. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 4(1), 106-122.
- Pardo, C.A. (2006). Hablemos de validez. Taller del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior.
- Perales, F.J. (2000). *Didáctica de las Ciencias Experimentales*. Ed. Marfil.
- Perales, F.J. y Vílchez, J.M. (2002). Teaching physics by means of cartoons: a qualitative study in secondary education. *Physics Education*, 37, 400-406.
- Petit, M.F. (2014). El cine de ciencia ficción en la enseñanza de las ciencias en secundaria. Tesis Doctoral. Universidad de Valencia.
- Petit, M.F. y Solbes, J. (2012). La ciencia ficción y la enseñanza de las ciencias. *Enseñanza de las Ciencias*, 30(2), 69-86.

- Pfundt, H. y Duit, R. (1994). Bibliography on students' alternative frameworks and science education. Kiel: Institut für Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Pintó, R., Aliberas, J. y Gómez, R. (1996). Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas. *Enseñanza de las Ciencias*, 14, 221-232.
- Pozo, J.I. (1987). Aprendizaje de la ciencia y pensamiento causal. Madrid: Visor/Aprendizaje.
- Quirantes, A. (2011). Física de Película: una herramienta docente para la enseñanza de Física universitaria usando fragmentos de películas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 8(3), 334-340.
- Real Decreto 1631/2006, de 29 de Diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria.
- Reia-Baptista, V. (1995). El lenguaje cinematográfico en la pedagogía de la comunicación. *Comunicar. Revista Científica de Comunicación y Educación*, 4, 106-110
- Reis, P. y Galvão, C. (2004). Socio-scientific controversies and students' conceptions about scientists. *International Journal of Science Education*, 26, 1621-1633.
- Sadler, T.D. y Zeidler, D.L. (2004). The morality of socioscientific issues: Construal and resolution of genetic engineering dilemmas. *Science Education*, 88, 4-27.
- Sardá, A. y Sanmartí, N. (2000). Ensenyar y argumentar científicament: Un repte de les classes de ciències. *Enseñanza de las Ciencias*, 18(3), 405-422.
- Schwab, J.J. (1978): Un enfoque práctico para la planificación del currículo. Buenos Aires: Ateneo.
- Settlage, J. (1994). Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 449-457.
- Shayer, M. (1974). Conceptual demand in the O-level Nuffield Biology Course. *School Science Review*, 56, 381-388.

- Smith, M.U. y Adkinson, L.R. (2010). Updating the model definition of the gene in the modern genomic era with implications for instruction. *Science and Education*, 19, 1-20.
- Solbes, J., Ruiz, J.J. y Furió, C. (2010). Debates y argumentación en las clases de Física y Química. *Alambique*, 63, 65-75.
- Solomon, J. (1994). Conflict between mainstream science and STS in science education. In J. Solomon and G. Ainkenhead (eds.) *STS Education International Perspectives on Reform* (New York: Teachers College Press), 3-10.
- Stewart, J.H. (1982). Difficulties experienced by high school students when learning basic Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*, 44, 80-89.
- Stewart, J. y Kirk, J.V. (1990). Understanding and problem-solving in classical genetics. *International Journal of Science Education*, 12, 575-588.
- Tolman, R.R. (1982). Difficulties in Genetics Problem Solving. *American Biology Teacher*, 44(9), 525-527
- Toulmin, S. (1958). *The uses of argument*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Torre-Fernandez, L. y García-Granda, S. (2012). La Química en el cine: ficción o realidad. *Anales de Química*, 108(1), 44-48.
- Torres, R. y Tenti, E. (2000). *Políticas educativas y equidad en México*. México: DGRI-SEP.
- 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*, 36, 21-26.
- 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*, 32, 1073-1089.
- Turney, J. (1995). The public understanding of genetics – where next?. *European Journal of Genetics and Society*, 1, 5-20.

- van der Akker (1998). The Science Curriculo: Between Ideals and Outcomes, en Fraser, B.J. y Tobin, K.G. *International Handbook of Science Education*, pp. 421-447. Dordrecht, Holanda: Kluwer Academic Press.
- 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*, 29, 1111-1131.
- Venville, G., Gribble, S.J. y Donovan, J. (2004). An exploration of young children's understandings of genetics concepts from ontological and epistemological perspectives. *Science Education*, 89, 614-633.
- Vera, Y. (2013). Reflexiones teóricas sobre el constructivismo en educación desde una perspectiva sociológica. *Intersticios: Revista Sociológica de Pensamiento Crítico*. 7(2), 131-148.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European Journal of Science Education*, 1, 205-222.
- Vílchez, J.M. (2004). Física y dibujos animados. Una estrategia de alfabetización científica y audiovisual en la Educación Secundaria. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- Villadangos, S.M. y Labrador, F.J. (2009). Menores y nuevas tecnologías (NT): ¿uso o abuso?. *Anuario de Psicología Clínica y de la Salud*, 5, 75-83.
- 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*, 35, 29-36.
- Worner, C. H. y Romero, A. (1998). Una manera diferente de enseñar Física: Física y humor. *Enseñanza de las Ciencias* 16(1), 187-192.
- 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*, 33, 607-628.
- Ziman, J. (1980). *Teaching and Learning about Science and Society* (Cambridge: Cambridge University Press).

FUENTES DE FIGURAS

Figura 3. Cartel de la película “Spiderman”.

<http://www.marvel.com>

Figura 4. Cartel de la película “La Isla”.

http://en.wikipedia.org/wiki/The_Island_%282005_film%29

Figura 5. Cartel de la película “Parque Jurásico”.

<http://www.ecartelera.com/peliculas/parque-jurasico/cartel/582/>

Figura 6. Cartel de la película “Los 4 fantásticos”.

<http://www.blogodisea.com>

Figura 7. Cartel de la película “X-Men”.

<http://www.elseptimoarte.net/peliculas/x-men-1804.html>

ANEXOS

ANEXO I: Cuestionario validación por expertos

Estimado compañero/a:

La Genética y la Biología Molecular son temas cada vez de mayor actualidad en nuestra sociedad. La educación científica para la ciudadanía debe de incorporar aspectos tales como terapia génica, clonación, células madre, etc. Dentro de la educación obligatoria, los estudiantes toman contacto con la dimensión científica de estos temas en la asignatura de Biología correspondiente a 4º curso de la Enseñanza Secundaria Obligatoria (ESO).

En el proceso de enseñanza y aprendizaje existen tres pilares fundamentales: el conocimiento, el alumnado y el profesorado. Nuestra investigación tiene como finalidad analizar diferentes aspectos relacionados con el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Genética en la ESO a nivel del alumnado.

Al igual que ocurre con otras disciplinas académicas, los estudiantes tienen unas concepciones previas sobre Genética, algunas adquiridas a través de los medios de comunicación. Estas concepciones o ideas previas, en muchos casos erróneas, dificultan el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Genética. Uno de los objetivos de nuestro estudio es identificar cuáles son estas concepciones del alumnado antes de afrontar el aprendizaje formal de la Genética y si éstas están relacionadas con las transmitidas por los medios de comunicación. Así mismo, y tras implementar en el aula los contenidos relacionados con Genética, analizaremos la consistencia de dichas ideas previas. Para ello el cuestionario que vas a evaluar será pasado al mismo grupo de estudiantes antes (tercer curso de ESO) y después de haber recibido clases formales de Genética (cuarto curso de ESO).

Te pedimos colaboración para establecer la validez del contenido del cuestionario. Para poder completar el instrumento de evaluación que se te adjunta deberás de tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- El cuestionario a evaluar está dividido en tareas (representan diferentes dimensiones del estudio) y cada una de ellas la integran una serie de preguntas.
- Lee cuidadosamente cada una de las preguntas del cuestionario y complétalo. Calcula el tiempo que tardas en completarlo.
- Posteriormente completa las siguientes tablas de evaluación.
- Aprovecha el apartado de OBSERVACIONES para incluir todos aquellos aspectos que creas que van a mejorar el cuestionario.

La información que nos facilites será crucial para nuestra investigación.

Muchísimas gracias por tu colaboración

CUESTIÓN	SI	NO	OBSERVACIONES
Sobre los aspectos generales:			
Previo al cuestionario se ha incluido una pequeña justificación del estudio ¿Consideras adecuada su inclusión?			
¿En caso afirmativo, crees que su redacción podría condicionar las respuestas del encuestado?			
Primera impresión del cuestionario:			
¿Consideras adecuado el tiempo que has invertido en responder el cuestionario?			
¿Consideras adecuado el número total de preguntas? En caso negativo especifica si eliminarías/incluirías alguna y cual/es.			

¿Crees que el alumnado de 14-16 años encontraría dificultad para comprender el texto de alguna pregunta? En caso afirmativo indica la pregunta y la redacción alternativa en el apartado “observaciones”			
¿Crees que el aspecto gráfico (tamaño de letra, color, etc.) es el adecuado? En caso negativo, sugiere los cambios oportunos			
¿Se te ha hecho pesado la cumplimentación del cuestionario? En caso afirmativo, indica la posible causa.			
Con respecto a las tareas:			
¿Consideras conveniente el número de tareas incluidas? En caso negativo especifica si eliminarías/incluirías alguna y cual/es.			
¿Los contenidos trabajados en las tareas son adecuados para obtener el fin que se persigue? En caso negativo especifica si eliminarías/incluirías alguno y cual/es.			
Con respecto a las preguntas:			
¿Existe correlación entre el tema de la tarea y cada una de las preguntas que se incluyen en ella? En caso negativo indica cual/es preguntas no se correlacionan con la tarea.			
¿Crees que hay alguna pregunta reiterativa dentro de una misma tarea? En caso afirmativo indica cuáles.			
¿Crees que hay alguna pregunta reiterativa entre distintas tareas? En caso afirmativo indica cuáles.			

ANEXO II: Cuestionario prueba piloto

IMPORTANTE:

Como sabrás, dentro de las Ciencias Naturales se incluyen una serie de temas que están relacionados con diferentes campos de la Ciencia, uno de los cuales es la Biología, que se encarga del estudio de la vida y los seres vivos. Por otro lado, la Genética es la parte de la Biología que estudia cómo se transmiten las características de los seres vivos de padres a hijos y, en general, a lo largo de diferentes generaciones. Aspectos como las pruebas de ADN o la clonación están íntimamente relacionados con la Genética.

En la Universidad de Jaén estamos trabajando para que los profesores puedan enseñar de una manera diferente la asignatura de Biología, en concreto aquello referente a la Genética. Para llevar a cabo este trabajo no sería de gran utilidad que rellenases el cuestionario, así mejoramos todos contribuyendo a la mejora de la enseñanza de la Genética.

INSTRUCCIONES:

- A continuación tienes un test constituido por 16 preguntas.
- En la mayoría de las preguntas tendrás que elegir una opción: podrá haber más de una respuesta correcta, aunque solamente deberás rodear con un círculo una de ellas, la que creas la más correcta. En estas preguntas habrá una última opción en blanco por si crees que ninguna de las anteriores respuestas es correcta y quieres indicar lo que tú crees que es la respuesta correcta.
- Al final del cuestionario dispones de una página en blanco por si necesitas aclarar tus ideas antes de contestar alguna de las preguntas. En ningún caso se tendrán en cuenta estas anotaciones.
- Tus respuestas no van a ser evaluadas dentro de ninguna asignatura.

- Es posible que no sepas qué responder en alguna pregunta, o que tengas dudas. Por favor, pregunta al profesor para que te aclare lo que necesites.

Gracias por tu colaboración

Fecha _____

Colegio _____ Edad _____ Curso _____

CÓDIGO (fecha de nacimiento):

Rodea con un círculo lo que corresponda:

Género: Femenino / Masculino

¿Has recibido ya las clases relacionadas con Genética?: Sí / No

Tarea A.- ¿Qué se puede y qué no se puede heredar desde el punto de vista biológico?

A.1.- 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):

1- Cicatrices	SI/NO
2- Color de ojos	SI/NO
3- Lunares	SI/NO
4- Nacimiento del pelo en pico	SI/NO
5- Color de la piel	SI/NO
6- Piercing	SI/NO

A.2.- 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?

- 1- No. Si la madre no la heredó a su vez de alguno de sus padres, no puede heredarla su hija.
- 2- Sí. Si una hija puede parecerse a su madre en el color del pelo, también puede parecerse en su forma física y musculatura.
- 3- No. Sólo puede heredarlas si su padre también las tiene.

- 4- Sí. Esta herencia se pondrá de manifiesto cuando la niña finalice su crecimiento.
- 5- Otros (indica cuáles).

A.3.- ¿Un hijo tiene que tener el mismo color de ojos que alguno de sus padres?
¿Por qué?

- 1- No. Los colores de los ojos de los padres se mezclan y el color de ojos del hijo es el resultado de la mezcla.
- 2- Sí. El color de ojos del hijo será igual al color de ojos más oscuro.
- 3- Sí. Si el hijo es niño, tendrá el color de ojos del padre, y si es niña, el color de ojos de la madre.
- 4- 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.
- 5- 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.
- 6- Otros (indica cuáles).

A.4.- 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?

- 1- 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.
- 2- No. Porque todos los descendientes serán de pelo blanco, o como mucho, de color gris.
- 3- Sí. Porque puede ser que se produzca una casualidad (o mutación) y que tenga una gatita de pelo negro.
- 4- Sí. Porque si el gato-padre era de pelo negro, hay alguna probabilidad de que los gatitos sean negros.
- 5- No. Porque si la madre es blanca, todas las gatitas serán blancas.
- 6- Otros (indica cuáles).

Tarea B.- Naturaleza y localización del material genético

B.1.- Escribe en orden, según su tamaño, los siguientes elementos: célula, cromosoma, gen, ADN, organismo, núcleo. Empieza con el más grande.

MAYOR						
-------	--	--	--	--	--	--

B.2.- ¿Dónde crees que se localiza el ADN?

- 1- En el corazón principalmente.
- 2- En los genes.
- 3- Solamente en las células reproductoras.
- 4- Únicamente en los fósiles.
- 5- Solamente debajo de las uñas.
- 6- Otros (indica cuáles).

B.3.- ¿Por qué crees que es importante el ADN para los seres vivos?

- 1- Porque a partir de él se pueden hacer clones.
- 2- Porque el ADN de padres e hijos es exactamente el mismo.
- 3- Porque contiene la información necesaria para el funcionamiento de la célula y, por extensión, del organismo.
- 4- Porque nos aporta energía para que podamos vivir.
- 5- Otros (indica cuáles).

B.4.- ¿Dónde crees que se localizan los genes?

- 1- En los cromosomas.
- 2- En el corazón principalmente.
- 3- Solamente en las células reproductoras.
- 4- Únicamente en la sangre.
- 5- Otros (indica cuáles).

B.5.- ¿De qué crees que están hechos los genes?

- 1- Mayoritariamente de agua, como el citoplasma de las células.
- 2- De ADN y proteínas.

- 3- De células.
- 4- Sólo de ADN.
- 5- Otros (indica cuáles).

B.6.- ¿Por qué crees que son importantes los genes?

- 1- Porque son los responsables de las características que posee una persona.
- 2- Porque necesitamos fabricarlos a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características Físicas.
- 3- Porque si mutan nos podemos transformar.
- 4- Porque en ellos “está escrito” los años que vamos a vivir.
- 5- Otros (indica cuáles).

B.7.- ¿Dónde crees que se localizan los cromosomas?

- 1- En el corazón principalmente
- 2- En los genes
- 3- En cualquier célula
- 4- Solamente en los órganos genitales
- 5- Otros (indica cuáles).

B.8.- ¿De qué sustancia están hechos los cromosomas?

- 1- De ADN y proteínas.
- 2- De sustancias como glúcidos y/o lípidos.
- 3- De tejido conjuntivo.
- 4- Solo de ADN.
- 5- Otros (indica cuáles).

B.9.- ¿Por qué son importantes los cromosomas?

- 1- Porque están formados por genes, los cuales determinan cómo es un ser vivo.
- 2- Porque son los responsables de que nuestro cuerpo se mantenga en buen estado.

- 3- Porque son fácilmente manipulables, pudiendo cambiarlos, aumentar o disminuir su número para mejorar nuestra salud.
- 4- Porque están en las células sexuales.
- 5- Otros (indica cuáles).

Tarea C.- Relación entre la herencia y la célula

C.1.- 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?

- 1- 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.
- 2- 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.
- 3- 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.
- 4- Ninguna de las anteriores. Cada célula lleva su propia información Genética, de forma que cada una “sabe” qué hacer independientemente de las demás.
- 5- Otros (indica cuáles).

C.2.- ¿Existe alguna relación entre los caracteres que heredamos y las células de nuestro cuerpo?

- 1- Sí. Las estructuras responsables de los caracteres que heredamos están en todas las células de nuestro cuerpo.
- 2- No. Las células sólo sirven para formar los tejidos y los órganos de nuestro cuerpo.

- 3- No. Si las estructuras responsables de los caracteres que heredamos entran en contacto con las células, éstas se destruyen.
- 4- Sí. Las estructuras responsables de los caracteres están exclusivamente en las células reproductoras (óvulos y espermatozoides).
- 5- Otros (indica cuáles).

C.3.- De las siguientes estructuras celulares, indica cuáles están relacionadas con la herencia Genética (puedes elegir más de una estructura celular).

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

ANEXO III: Cuestionario naturaleza de ideas previas

IMPORTANTE:

Como sabrás, dentro de las Ciencias Naturales se incluyen una serie de temas que están relacionados con diferentes campos de la Ciencia, uno de los cuales es la Biología, que se encarga del estudio de la vida y los seres vivos. Por otro lado, la Genética es la parte de la Biología que estudia cómo se transmiten las características de los seres vivos de padres a hijos y, en general, a lo largo de diferentes generaciones. Aspectos como las pruebas de ADN o la clonación están íntimamente relacionados con la Genética.

En la Universidad de Jaén estamos trabajando para que los profesores puedan enseñar de una manera diferente la asignatura de Biología, en concreto aquello referente a la Genética. Para llevar a cabo este trabajo no sería de gran utilidad que rellenases el cuestionario, así mejoramos todos contribuyendo a la mejor de la enseñanza de la Genética.

INSTRUCCIONES:

- A continuación tienes un test constituido por 15 preguntas.
- En la mayoría de las preguntas tendrás que elegir una opción: podrá haber más de una respuesta correcta, aunque solamente deberás rodear con un círculo una de ellas, la que creas la más correcta. En estas preguntas habrá una última opción en blanco por si crees que ninguna de las anteriores respuestas es correcta y quieres indicar lo que tú crees que es la respuesta correcta.
- Al final del cuestionario dispones de una página en blanco por si necesitas aclarar tus ideas antes de contestar alguna de las preguntas. En ningún caso se tendrán en cuenta estas anotaciones.

- Tus respuestas no van a ser evaluadas dentro de ninguna asignatura.
- Es posible que no sepas qué responder en alguna pregunta, o que tengas dudas. Por favor, pregunta al profesor para que te aclare lo que necesites.

Gracias por tu colaboración

Fecha _____

Colegio _____ Edad _____ Curso _____

CÓDIGO (fecha de nacimiento):

Rodea con un círculo lo que corresponda:

Género: Femenino / Masculino

¿Has recibido ya las clases relacionadas con Genética?: Sí / No

Tarea A.- ¿Qué se puede y qué no se puede heredar desde el punto de vista biológico?

A.1.- 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):

1- Cicatrices	SI/NO
2- Color de ojos	SI/NO
3- Lunares	SI/NO
4- Nacimiento del pelo en pico	SI/NO
5- Color de la piel	SI/NO
6- Piercing	SI/NO

A.2.- 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?

- 1- No. Si la madre no la heredó a su vez de alguno de sus padres, no puede heredarla su hija.
- 2- Sí. Si una hija puede parecerse a su madre en el color del pelo, también puede parecerse en su forma Física y musculatura.
- 3- No. Sólo puede heredarlas si su padre también las tiene.
- 4- Sí. Esta herencia se pondrá de manifiesto cuando la niña finalice su crecimiento.
- 5- Otros (indica cuál).

A.3.- ¿Un hijo tiene que tener el mismo color de ojos que alguno de sus padres?
¿Por qué?

- 1- No. Los colores de los ojos de los padres se mezclan y el color de ojos del hijo es el resultado de la mezcla.
- 2- Sí. El color de ojos del hijo será igual al color de ojos más oscuro.
- 3- Sí. Si el hijo es niño, tendrá el color de ojos del padre, y si es niña, el color de ojos de la madre.
- 4- 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.
- 5- 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.
- 6- Otros (indica cuál).

A.4.- 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?

- 1- 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.
- 2- No. Porque todos los descendientes serán de pelo blanco, o como mucho, de color gris.
- 3- Sí. Porque puede ser que se produzca una casualidad (o mutación) y que tenga una gatita de pelo negro.

- 4- Sí. Porque si el gato-padre era de pelo negro, hay alguna probabilidad de que los gatitos sean negros.
- 5- No. Porque si la madre es blanca, todas las gatitas serán blancas.
- 6- Otros (indica cuál).

Tarea B.- Naturaleza y localización del material genético

B.1.- ¿Dónde crees que se localiza el ADN?

- 1- En el corazón principalmente.
- 2- En los genes.
- 3- Solamente en las células reproductoras.
- 4- Únicamente en los fósiles.
- 5- Solamente debajo de las uñas.
- 6- Otros (indica cuál).

B.2.- ¿Por qué crees que es importante el ADN para los seres vivos?

- 1- Porque a partir de él se pueden hacer clones.
- 2- Porque el ADN de padres e hijos es exactamente el mismo.
- 3- Porque contiene la información necesaria para el funcionamiento de las célula y, por extensión, del organismo.
- 4- Porque nos aporta energía para que podamos vivir.
- 5- Otros (indica cuál).

B.3.- ¿Dónde crees que se localizan los genes?

- 1- En los cromosomas.
- 2- En el corazón principalmente.
- 3- Solamente en las células reproductoras.
- 4- Únicamente en la sangre.
- 5- Otros (indica cuál).

B.4.- ¿De qué crees que están hechos los genes?

- 1- Mayoritariamente de agua, como el citoplasma de las células.
- 2- De ADN y proteínas.

- 3- De células.
- 4- Sólo de ADN.
- 5- Otros (indica cuál).

B.5.- ¿Por qué crees que son importantes los genes?

- 1- Porque son los responsables de las características que posee una persona.
- 2- Porque necesitamos fabricarlos a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características Físicas.
- 3- Porque si mutan nos podemos transformar.
- 4- Porque en ellos “está escrito” los años que vamos a vivir.
- 5- Otros (indica cuál).

B.6.- ¿Dónde crees que se localizan los cromosomas?

- 1- En el corazón principalmente
- 2- En los genes
- 3- En cualquier célula
- 4- Solamente en los órganos genitales
- 5- Otros (indicar cuál).

B.7.- ¿De qué sustancia están hechos los cromosomas?

- 1- De ADN y proteínas.
- 2- De sustancias como glúcidos y/o lípidos.
- 3- De tejido conjuntivo.
- 4- Solo de ADN.
- 5- Otros (indicar cuál).

B.8.- ¿Por qué son importantes los cromosomas?

- 1- Porque están formados por genes, los cuales determinan cómo es un ser vivo.
- 2- Porque son los responsables de que nuestro cuerpo se mantenga en buen estado.

- 3- Porque son fácilmente manipulables, pudiendo cambiarlos, aumentar o disminuir su número para mejorar nuestra salud.
- 4- Porque están en las células sexuales.
- 5- Otros (indicar cuál).

Tarea C.- Relación entre la herencia y la célula

C.1.- 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?

- 1- 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.
- 2- 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.
- 3- 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.
- 4- Ninguna de las anteriores. Cada célula lleva su propia información Genética, de forma que cada una “sabe” qué hacer independientemente de las demás.
- 5- Otros (indicar cuál).

C.2.- ¿Existe alguna relación entre los caracteres que heredamos y las células de nuestro cuerpo?

- 1- Sí. Las estructuras responsables de los caracteres que heredamos están en todas las células de nuestro cuerpo.
- 2- No. Las células sólo sirven para formar los tejidos y los órganos de nuestro cuerpo.

- 3- No. Si las estructuras responsables de los caracteres que heredamos entran en contacto con las células, éstas se destruyen.
- 4- Sí. Las estructuras responsables de los caracteres están exclusivamente en las células reproductoras (óvulos y espermatozoides).
- 5- Otros (indicar cuál).

C.3.- De las siguientes estructuras celulares, indica cuáles están relacionadas con la herencia Genética (puedes elegir más de una estructura celular).

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

ANEXO IV: Cuestionario origen ideas previas

IMPORTANTE:

Como sabrás, dentro de las Ciencias Naturales se incluyen una serie de temas que están relacionados con diferentes campos de la Ciencia, uno de los cuales es la Biología, que se encarga del estudio de la vida y los seres vivos. Por otro lado, la Genética es la parte de la Biología que estudia cómo se transmiten las características de los seres vivos de padres a hijos y, en general, a lo largo de diferentes generaciones. Aspectos como las pruebas de ADN o la clonación están íntimamente relacionados con la Genética.

En la Universidad de Jaén estamos trabajando para que los profesores puedan enseñar de una manera diferente la asignatura de Biología, en concreto aquello referente a la Genética. Para llevar a cabo este trabajo no sería de gran utilidad que rellenases el cuestionario, así mejoramos todos contribuyendo a la mejor de la enseñanza de la Genética.

INSTRUCCIONES:

- A continuación tienes un test constituido por 7 preguntas.
- En la mayoría de las preguntas tendrás que elegir una opción: podrá haber más de una respuesta correcta, aunque solamente deberás rodear con un círculo una de ellas, la que creas la más correcta. En estas preguntas habrá una última opción en blanco por si crees que ninguna de las anteriores respuestas es correcta y quieres indicar lo que tú crees que es la respuesta correcta.
- Al final del cuestionario dispones de una página en blanco por si necesitas aclarar tus ideas antes de contestar alguna de las preguntas. En ningún caso se tendrán en cuenta estas anotaciones.
- Tus respuestas no van a ser evaluadas dentro de ninguna asignatura.

- Es posible que no sepas qué responder en alguna pregunta, o que tengas dudas. Por favor, pregunta al profesor para que te aclare lo que necesites.

Gracias por tu colaboración

Fecha _____

Colegio _____ Edad _____ Curso _____

CÓDIGO (fecha de nacimiento): _____

Rodea con un círculo lo que corresponda:

Género: Femenino / Masculino

¿Has recibido ya las clases relacionadas con Genética?: Sí / No

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

1.1- Menos de 1 hora

1.2- Entre 1 y 2 horas

1.3- Entre 2 y 3 horas

1.4- Más de 3 horas

2.- Y los fines de semana, ¿cuánto tiempo dedicas al día a ver la televisión?

Rodea lo que corresponda.

2.1- Menos de 1 hora

2.2- Entre 1 y 2 horas

2.3- Entre 2 y 3 horas

2.4- Más de 3 horas

3.- De la siguiente lista, subraya las series que ves habitualmente:

3.1- CSI

3.2- Los Simpsons

3.3- House

3.4- UCO

3.5- Los hombres de Paco

3.6- Bones

3.7- Otras

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

- 4.1- Parque jurásico
- 4.2- Parque jurásico II
- 4.3- Parque jurásico III
- 4.4- Spiderman
- 4.5- Spiderman II
- 4.6- Spiderman III
- 4.7- La Isla
- 4.8- Los cuatro fantásticos
- 4.9- Gattaca
- 4.10- X-Men
- 4.11- X-Men 2
- 4.12- X-Men 3
- 4.13- Species
- 4.14- Species 2
- 4.15- El enviado (Godsend)
- 4.16- Soy Leyenda
- 4.17- El sexto día
- 4.18- ADN

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

6.- 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
Gen	SI/NO	SI/NO
Fotosíntesis	SI/NO	SI/NO
Mutación	SI/NO	SI/NO
Alelo	SI/NO	SI/NO
ADN	SI/NO	SI/NO
Transformación	SI/NO	SI/NO
Cromosoma	SI/NO	SI/NO
Clon	SI/NO	SI/NO

7.- 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.

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

ANEXO V: Análisis de películas (preliminar)

Utilizamos este test para sondear los conceptos transmitidos por algunas películas que consideramos útiles en la investigación. A partir de este test se elaboró de una forma más sistemática el Anexo VI.

Título de la película:

Sobre los conceptos abordados

1.- ¿Aparece a lo largo de la emisión explícitamente algún término relacionado con la Genética y/o la Biología Molecular? Si/No.

- 1.1- Mutación.
- 1.2- Evolución.
- 1.3- Clonación.
- 1.4- Genoma.
- 1.5- Gen.
- 1.6- ADN.
- 1.7- Otro. En caso afirmativo, cuál o cuáles.

2.- ¿Aparece implícitamente la idea de algún concepto relacionado con estos temas? Si/No.

- 2.1- Mutación.
- 2.2- Evolución.
- 2.3- Clonación.
- 2.4- Genoma.
- 2.5- Gen.
- 2.6- ADN.

2.7- Otro. En caso afirmativo, cuál o cuáles.

Sobre las definiciones aportadas

3.- ¿Aparece una definición explícita o implícitamente sobre estos conceptos?

Si/No.

3.1- Mutación

3.2- Evolución

3.3- Clonación

3.4- Genoma

3.5- Gen

3.6- ADN

3.7- Otro. En caso afirmativo, cuál o cuáles.

4.- Naturaleza de las definiciones aportadas por las películas y los programas de televisión. Si/No.

4.1- Mutación. Relacionada con

- un cambio fenotípico
- un cambio genotípico
- transformación
- la obtención de superpoderes

4.2- Evolución. Relacionada con

- cambio a través diferentes generaciones
- concepto lamarkiano
- concepto darwinista
- transformación

4.3- Clonación. Relacionada con

- clonación humana
- clonación para investigación
- mención de técnicas de clonación
- duplicación de organismos
- mascotas clonadas (perros)

- 4.4- Genoma. Relacionada con
 - conjunto de genes
 - Información Genética completa de un organismo

- 4.5- Gen. Relacionada con
 - como parte del ADN
 - un gen una proteína
 - un gen un carácter

- 4.6- ADN. Relacionada con
 - molécula que porta la información Genética
 - estructura
 - replicación
 - se relaciona con la síntesis de una proteína
 - presente en la sangre

5.- Sobre la relación entre los conceptos. Si/No.

5.1- Se menciona más de un concepto relacionado con la Genética y/o la Biología Molecular.

5.2- Se mencionan varios de los conceptos y se relacionan entre sí. En caso afirmativo, cuáles y de qué manera se relacionan. Clonación y ADN. A partir de un ADN de la sangre se obtiene un clon.

Sobre el tema de base tratado

6.- Centrado en la especie humana. Si/No.

7.- Centrado en animales diferentes a la especie humana. Si/No.

8.- Centrado en plantas. Si/No.

9.- Centrado en superhéroes. Si/No.

10.- Centrado en el tema social. Si/No.

Tratamiento social

11.- Uso social de las investigaciones en Genética y Biología Molecular. Si/No.

- 11.1- Como fuente de progreso social.
- 11.2- Como fuente de conflictos sociales.
- 11.3- Otros.

12.- El azar como fuente principal de resultados en investigación. Si/No

Sobre la importancia relativa que se le da a estos temas

13.- Tratamiento que se le da. Si/No.

- 13.1- Principal (los conceptos están cercanos al actor o actores principales).
- 13.2- Secundario (los conceptos se desarrollan en tramas paralelas a la trama principal).

14.- Tiempo que se le dedica. Si/No.

- 14.1- Menos de 1 minuto.
- 14.2- Menos de 5 minutos.
- 14.3- Menos de 10 minutos.
- 14.4- Prácticamente toda la emisión.

ANEXO VI: Análisis de películas

En el presente Anexo se recoge el resultado del análisis realizado de las diferentes películas seleccionadas con la finalidad de localizar los conceptos genéticos tratados en las mismas. Para ello se ha construido la siguiente tabla en la que se muestra: iniciales del nombre de la película en inglés (COD), localización temporal de la secuencia en la que se trata el concepto (LOC), tipo de alusión (sonora, S o visual, V), breve descripción de la secuencia (DESCRIPCIÓN). En relación a la primera columna (COD), para cada secuencia analizada se asignó un código con 6 dígitos. Los dos primeros hacen referencia al título de la película; el tercer dígito hace referencia a la versión dentro de la saga (en el caso de no pertenecer a ninguna saga, el número usado es el 0); los tres últimos dígitos hacen referencia al orden temporal de la secuencia analizada dentro de la película.

Por ejemplo: el código JP1001, hace referencia a la primera secuencia (001) de la película Parque Jurásico 1 (JP1).

Película: PARQUE JURÁSICO					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
JP1001	23:00	25:55	X	X	El Dr. Hammond explica a un grupo de científicos cómo se han generado los dinosaurios del Parque
JP1002	27:30	30:00	X	X	El científico responsable del Parque explica por qué los dinosaurios no pueden procrear en libertad

JP1003	1:26:38	1:27:50	X	X	Localizan en la naturaleza huevos de dinosaurio y explican cómo ha podido ocurrir si todos los dinosaurios creados eran hembras
JP1004	1:28:30	1:29:05	X	X	Describen el “recurso de la lisina”

Película: LA ISLA					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
TI0001	23.40	26.06		X	Se ven los individuos clónicos en estado adulto, es como si los clones fueran directamente adultos.
TI0002	33.40	35.40		X	Aparición de dos mujeres clónicas, se usa una de ellas (la “fabricada”) para que la original pueda tener descendencia.
TI0003	44.00	44.45		X	Se observa una especie de nave grande con gran cantidad de clones adultos y como se introducen los recuerdos y los deseos a los clones, para que todos piensen igual y su único objetivo y deseo sea ir a “la isla”
TI0004	48.35	50.30	X	X	El director del proyecto explica a posibles clientes como funciona la empresa: se habla de <i>agnates</i> , clones engendrados en edad adulta, de acuerdo con la edad del cliente, que tardan 12 meses en estar totalmente preparados para ser fuente de óvulos, tejidos u órganos. Se refieren a ellos como productos no humanos, pues permanecen en estado vegetativo
TI0005	51.20	51.40	X	X	Ante el escape de dos productos, el director pide ayuda. Ante la pregunta

					del poli sobre cómo se han escapado si son vegetativos, el director responde que si no los mantienen como a una persona normal, los órganos, tejidos, etc., son rechazados en el cliente. Por tanto, tienen que tenerlos como personas normales.
TI0006	52.43	54.12	X	X	Los clones que han escapado se enfrentan con total desconocimiento al mundo exterior. El director explica cómo controlan su pensamiento y sus sentimientos para que todos piensen igual y no manifiesten deseo sexual.
TI0007	59.10	1.02.55	X	X	El mecánico les explica que son clones, cuánto tiempo llevan vivos y lo que supuestamente van a hacer con ellos.
TI0008	1.14.35	1.14.50	X	X	Analizarán el ADN. Si fichan a tus clones, tus clientes se verán mezclados en un proceso criminal.
TI0009	1.29.00	1.29.53		X	Los dos clones se encuentran cara a cara
TI0010	1.29.54	1.30.44	X	X	Descubren que el clon tiene recuerdos que proceden de su patrocinador. De alguna forma, al clonarlo se han heredado los recuerdos.
TI0011	1.43.57	1.44.40	X	X	Descubren que la capacidad para heredar los recuerdos está presente en muchos productos y deciden eliminarlos. Se vuelven a ver los clones adultos
TI0012	1.54.50	1.55.45	X	X	El director dice que los <i>agnates</i> no tienen alma (clones como no humanos).

Película: SPIDERMAN 1					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
SP1001	00:06:10	00:10:25	X	X	<p>Los alumnos visitan un centro de cría e investigación con arañas. Hay un razonamiento genético de fondo en el que se pueden oír palabras como: código genético, ARN de transferencia, genoma, etc. La persona que les enseña el centro les comenta que usan ARN de transferencia sintetizado para codificar un genoma totalmente nuevo, aplicando la información Genética de las tres arañas a otras 15 superarañas manipuladas Genéticamente.</p> <p>Una chica de la clase descubre que falta 1 araña, y la imagen la muestra fuera de los terrarios, en el techo, libre tejiendo su tela. La araña desciende y le pica a un alumno (el protagonista). Posteriormente se ve en la pantalla de un ordenador una doble hélice incompleta de ADN que se va rellenando con nucleótidos supuestamente procedentes de otras especies. Cuando está completa se muestra como doble hélice y aparece el mensaje a su lado de “nueva especie”.</p>
SP1002	00:13:35	00:14:20	X	X	<p>El protagonista está en su habitación sufriendo la picadura de la araña. Rememora las palabras de la profesora que aparecen en la</p>

					secuencia anterior y se observa la imagen de nuevo de una doble hélice de ADN siendo completada con nucleótidos supuestamente procedentes de otras especies y pierde la consciencia.
SP1003	00:17:05	00:18:20	X	X	Cuando Peter despierta comprueba que no necesita gafas y que su musculatura se ha potenciado. Se encuentra físicamente mucho mejor.
SP1004	00:21:00	00:26:45		X	Empiezan a manifestarse los poderes de Peter (más reflejos, mejor visión, más fuerza, transformaciones en las manos que le permiten escalar paredes, corre y salta más, lanza tela de araña, etc.)

Película: LOS CUATRO FANTASTICOS					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
FF001	00:01:34	00:02:52	X	X	<p>Mi investigación sugiere que la exposición a una gran tormenta cósmica provocada por el sol pudo desencadenar la evolución de la vida en el planeta.</p> <p>Algo parecido va a ocurrir próximamente. Si se estudia esto desde el espacio se podrá avanzar en el conocimiento de la estructura del genoma humano (mientras se ve de fondo la estructura doble hélice del ADN), curar innumerables enfermedades, prolongar la vida humana, dar a los niños la</p>

					oportunidad de vivir más años, ser más fuertes...
FF002	00:12:15	00:14:00	X	X	Los protagonistas se ven afectados por la tormenta cósmica en el espacio.
FF003	00:16:30	00:17:20	X	X	Uno de los afectados por la tormenta muestra una temperatura corporal anormalmente alta.
FF004	00:18:50	00:20:30		X	Mientras está esquiando su cuerpo se incendia e incluso puede volar.
FF005	00:22:55	00:26:59	X	X	Se ponen de manifiesto visualmente los cambios o “poderes” de los que se expusieron a la tormenta cósmica. En un momento dado comentan que puede ser debido a que “La tormenta cósmica ha alterado radicalmente nuestro ADN”.
FF006	00:38:17	00:40:30	X	X	Los cuatro fantásticos explican a la gente en la calle cuál es la causa aparente de sus poderes. En la conversación comentan “fuimos al espacio para estudiar a fondo el ADN, para curar enfermedades y salvar vidas, pero ahora nuestro ADN, nuestra enfermedad, nuestra vida está en juego”.
FF007	00:46:00	00:48:32	X	X	Se siguen poniendo de manifiesto los poderes de los 4 fantásticos. En un momento de la conversación se escucha: “si queremos averiguar el origen de tu mutación, tenemos que aislar el ADN recombinante para activar genomas posicionales”.
FF008	00:49:45	00:50:39	X	X	El malo pregunta al médico la causa de sus cambios corporales. El médico

					no sabe qué le pasa, habla incluso de que puede ser contagioso.
FF009	00:51:30	00:51:45	X	X	Comentan que los uniformes que llevaban puestos al exponerse a la tormenta han adquirido las mismas características que ellos mismos.
FF010	00:53:00	00:53:15	X		Hablan de que sus poderes están evolucionando

Película: X-MEN					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
XM1001	00:00:00	00:00:30	X		La mutación es la clave de nuestra evolución. Nos ha permitido pasar de organismos unicelulares a especie dominante del planeta. El proceso es lento y normalmente dura miles de años, pero cada determinados cientos de milenios, la evolución da un gran avance
XM1002	00:05:40	00:07:45	X		Se habla de mutantes como personas con poderes especiales: atravesar paredes o introducirse en la mente humana y controlar a otros humanos.
XM1003	00:12:00	00:13:31	X	X	Aparece lobezno como mutante y le salen sables de los nudillos. De fondo en las noticias de la tele se discute sobre los mutantes.
XM1004	00:30:45	00:32:10	X		Se pone de manifiesto que los poderes de lobezno se deben a una mutación, su capacidad de regeneración y cicatrización rápida.
XM1005	00:58:40	00:59:20	X		La radiación de esta máquina

					provoca mutaciones en seres humanos ordinarios. Pero la mutación no es natural. El cuerpo de Kelly la ha rechazado. Sus células empezaron a descomponerse rápidamente. La radiación no afecta a los mutantes.
--	--	--	--	--	---

Película: EL SEXTO DIA ¹⁶					
COD	LOC		S	V	DESCRIPCIÓN
	INI	FIN			
SD001	00:00:50	00:01:45		X	Aparecen escrito en la pantalla varios mensajes: “científicos clonan una oveja llamada Dolly”, “el proyecto genoma mapea con éxito el código genético humano: DNA”, “DNA humano mapeado”, “experimentos de clonación humana fracasan”, “los tribunales ordenan destruir los clones”, “prohibida la clonación humana”.
SD002	00:05:40	00:06:00	X	X	Aparece un anuncio en la televisión en el que una empresa ofrece como servicio clonar a tu mascota. Aparece un mensaje escrito en el anuncio de la tele en el que pone “cloning is life” y una voz en <i>off</i> comenta: “Si tu mascota muere, nuestras técnicas de ingeniería Genética pueden recuperarla para ese mismo día con la salud perfecta y con cero defectos, garantizado, gracias a

¹⁶ La película “El Sexto Día” fue analizada en este momento de la investigación y nos sirvió en el diseño de cuestionarios para detectar ideas previas de los estudiantes relacionadas con películas. Sin embargo, debido al bajo número de estudiantes que dijeron verla, ésta no fue utilizada a la hora de realizar el diseño de la propuesta didáctica.

					Repet (<i>nombre de la empresa</i>)."
SD003	00:09:30	00:10:15	X	X	El perro de la hija del protagonista (Arnold) ha muerto y la mujer le pide al marido que clonen al perro para que la niña no sufra. El padre le dice que ningún engendro de la ciencia dormirá en la cama de su hija.
SD004	00:11:20	00:11:30	X	X	Un grupo de personas en la nieve con el protagonista (Arnold). Su ayudante pregunta que cuántos tienen una mascota clonada y casi todos responden afirmativamente. La mayoría perros, alguno una serpiente.
SD005	00:11:45	00:13:18	X	X	Arnold y su ayudante van en un helicóptero. El ayudante trata de convencerle de que lo normal es tener mascotas clonadas y que debería hacerlo con el perro de su hija para que esta no sufra una desilusión. El ayudante comenta que él tiene una gata clonada. Arnold se lo piensa y plantea ir a la empresa Repet a informarse.
SD006	00:18:00	00:20:30	X	X	Arnold va a Repet. En la puerta dos personas "anti-clonación". En una televisión se emiten diferentes mensajes: "Podemos clonar a su animal de compañía en unas pocas horas", "clonación en tres horas o menos". Después esta persona explica cómo lo hacen y dice: "todo comienza con el cultivo de patrones, modelos biológicos exentos de todo ADN característico, en depósitos embrionarios de la fábrica de Repet. En

				<p>la fase 2 se extrae el ADN de su mascota de una muestra de pelo o una gota de sangre y se inyecta en el patronaje a nivel celular. En la fase final, gracias a nuestro proceso patentado de disco-memory, todos los recuerdos, pensamientos e instintos de su mascota se trasplantan sin dolor por el nervio óptico.</p> <p>Mientras en la pantalla de la televisión aparecen dos mensajes: "Grow blanks at Repet facility" y "DNA extracted from your pet".</p> <p>Más tarde se acerca un dependiente y le dice que solo disponen de 12 horas para hacer un disco-memory en el cerebro una vez que la mascota ha muerto. Arnold sugiere que las mascotas clonadas no tienen alma y que pueden ser peligrosas. El dependiente le dice que las mascotas clonadas son tan inofensivas como las naturales. Arnold plantea que si es tan fácil y bueno clonar mascotas, por qué está prohibido clonar personas. El dependiente le dice que es muy difícil hacer un disco-memory del cerebro humano porque este es muy complejo. Ante las dudas de Arnold, el dependiente dice que pueden hacer un clon más pequeño y con los dientes menos afilados que el original. Incluso el color del animal puede ir a juego con la decoración de la casa.</p>
SD007	00:22:35	00:24:50	S	Cuando Arnold llega a casa para

					celebrar su cumpleaños descubre que hay una persona idéntica a él (probablemente un clon) soplando la tarta de cumpleaños.
SD008	00:30:10	00:35:00	X	X	Aparece un Centro especializado en reposición y trasplantes de órganos, aunque en realidad realizan clonaciones ilegales de seres humanos. En un segundo plano se observan humanos clonados, en edad adulta, en el interior de bolsas semitransparentes.
SD009	00:35:20	00:39:45	X	X	Arnold va a la comisaría a denunciar que su clon está usurpando su puesto. Mientras, el doctor William lleva a cabo la clonación de los dos agentes que fueron a capturar a Arnold y que murieron. La clonación se hace a partir de los pseudoadultos anteriormente citados y dura unos pocos minutos. Los individuos clonados “nacen” y su primer recuerdo es el último antes de morir.
SD010	00:48:20	00:48:45	X		El protagonista rechaza la presencia del perro clonado.
SD011	00:59:35	01:01:00	X		Se plantea la posibilidad de crear un clon a partir de una mujer que ya había sido clonada anteriormente.
SD012	01:02:00	01:03:30	X	X	En unas pantallas aparece una molécula de ADN doble hélice, debajo la secuencia de nucleótidos, y una electroforesis de secuenciación del ADN en bandas. Además, algunas palabras escritas: gen, clon, genoma,

				etc.
SD013	01:07:30	01:11:33	X	<p>Se informa de cómo se extrae la memoria de las personas, y de cómo se usa una muestra de ADN para hacer un clon de una persona en solo tres horas. Se indica que una persona ha sido clonada tres veces.</p> <p>Por último se insiste en la falta de derechos de las personas clonadas.</p>
SD014	01:17:20	01:20:35	X	<p>Se descubre que al clonar personas se incluyen defectos genéticos para controlar a los clones (como por ejemplo fibrosis quística).</p> <p>Se insiste en la posibilidad de controlar la memoria que tendrán las personas clonadas.</p>
SD015	01:25:30	01:27:50	X	<p>Se observan marcas debajo del párpado que indica cuántas veces ha sido clonada una persona.</p>

ANEXO VII: Estructura de la WebQuest

La WebQuest diseñada consta de cinco partes. A continuación se indica el contenido de cada una de ellas que el estudiante podrá encontrar cuando las visite:

1.- Introducción.

Desde hace ya algunos años, conceptos como ADN, mutación, evolución o clonación aparecen cada vez con más frecuencia en los medios de comunicación. Estamos seguros de que habéis oído hablar de ellos, y que incluso seríais capaces de darnos alguna definición al respecto.

Muchos de estos términos aparecen en películas, algunas tan interesantes como Parque Jurásico o La Isla. Pero nos surge una duda, ¿realmente están bien explicados estos conceptos? ¿Nos quedamos con una idea clara y correcta de ellos? ¿O más bien se usan de forma de que habéis oído hablar de ellos, y que incluso seríais capaces de darnos alguna definición superficial y errónea?

Este va a ser vuestro cometido en la actividad que os proponemos. Nos gustaría que os comportaseis como científicos críticos de cine, analizando una serie de secuencias de películas que hemos seleccionado para vosotros, respondiendo una serie de cuestiones que creemos que nos pueden ayudar a comprender mejor si el cine tiene o no rigor científico.

2.- Tareas

Las tareas que vais a realizar son las siguientes:

2.1.- Visualización de una serie de secuencias seleccionadas de las siguientes películas: Jurassic Park - Fantastic Four - Spiderman - The Island - X-Men

2.2.- Identificación en cada secuencia de qué tipo de concepto genético se está hablando, y tratad de ubicarlo en alguna de las siguientes categorías:

- Naturaleza del material genético
- Estructura del material genético
- Función del material genético
- Mutación
- Clonación
- Evolución

2.3.- Comprobad si el tratamiento que se da a los conceptos es el correcto o no. Para ello, revisad los enlaces que tenéis en la pestaña "PROCESO".

2.4.- En el caso de que no sea correcto, tratad de justificar por qué no lo es.

2.5.- Resumid toda la información que habéis obtenido en la Tabla I que se os ha entregado en clase.

PELICULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI/NO	JUSTIFICACIÓN

3.- Proceso

En los siguientes enlaces podéis encontrar información que os ayude a resolver las tareas. No olvidéis utilizar también vuestro libro de texto y consultar la página web de Proyecto Biosfera:

<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/Profesor/4eso/1.htm>

http://www.pbs.org/wgbh/nova/genome/dna_flash.html (Viaje al interior del ADN)

http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena6/4quincena6_contenidos_1a.htm (La herencia Genética)

<http://biopaidos.blogspot.com.es/2009/12/estructura-del-adn.html> (Estructura del ADN (Animación))

<http://learn.genetics.utah.edu/es/units/basics/builddna/> (Construye una molécula de ADN)

<http://estaticos03.cache.el-mundo.net/especiales/2003/02/salud/genetica/ADN.swf> (Descifrar la vida)

<http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2006/04/clonaciones.html> (Clonación)

<http://www.evolution-of-life.com/en/explore/simulation/fiche/the-flow-of-genetic-information.html> (Evolution of life)

<http://www.johnkyrk.com/evolution.esp.html> (Evolución)

<http://recursostic.educacion.es/secundaria/edad/4esobiologia/4quincena7/imagenes7/mutaciones2.swf> (Mutación)

4.- Evaluación

Para evaluar la actividad se tendrá en cuenta:

4.1.- Revisión y puesta en común de la Tabla de análisis de películas.

4.2.- Autoevaluación de grupo. Para ello debéis rellenar la siguiente tabla, que se os ha entregado en clase.

	Nombre de los miembros de la pareja	
Acepta el reparto de las tareas		
Es responsable con la parte del trabajo asignada		
Participa en las discusiones del grupo aportando ideas, clarificando, etc.		
Escucha activamente a los demás		
Acepta las opiniones de los miembros del grupo		

Es respetuoso y no entorpece el trabajo del grupo		
Anima, apoya y felicita al resto de compañeros		

¿Qué he aportado al grupo?

¿Qué errores he cometido?

¿De qué podemos estar orgullosos?

¿Qué errores hemos cometido como grupo?

¿Qué pediría a los miembros del grupo en la próxima actividad?

5.- Conclusiones

Como habéis comprobado con esta actividad, en muchas ocasiones los medios de comunicación transmiten información que no es del todo correcta. El análisis crítico de programas, series, películas, etc., puede servirnos como herramienta para comprender mejor algunos conceptos científicos o tecnológicos, sobre todo teniendo en cuenta todo el tiempo que dedicamos a ver la televisión o a manejar internet.

Espero que esto os sirva para que, a partir de ahora, veáis con "otros ojos" vuestras series y programas favoritos.

ANEXO VIII: Transcripción de las entrevistas semiestructuradas

1.- Entrevistas previas a la implementación

1.1.- Alejandro

-Entrevistador: Dime tu pseudónimo

-Alejandro: Alejandro

-E: Eso Alejandro, muy bien, ¿Edad?

-A: 17 años

-E: ¿Curso?

-A: Cuarto de la ESO

-E: ¿Colegio?

-A: Marcelo Spínola

-E: ¿Siempre has estado en el mismo colegio?

-A: No, estuve en Martín Noguera y entré en sexto en este colegio

-E: Muy bien, muchas gracias. En primer lugar explícame lo que hace tu Profesor cuando llega a clase de Biología y Geología

-A: Pues entra en clase, corregimos algunos deberes que manda el día o el día de antes y se pone a explicar, y algunas veces nos pone en grupos base y hacemos mapas mentales, paletas y así nos explica el temario.

-E: Cuándo estáis aburridos u os ve el Profesor que estáis desconectadillos, ¿cómo crees que os motiva, como crees que os engancha?

-A: Con los grupos base,

-E: ¿Qué hacéis en esos grupos base?

-A: Nos pone a hacer mapas mentales y tal, y así con los mapas mentales como nos hace pensar

-E. Os pone a pensar, vale. Con respecto a los contenidos, hemos estado hablando de la metodología, de lo que el Profesor hace cuando llega a clase, pero con respecto a los contenidos de biología y geología en concreto, ¿cómo los explica, sigue una rutina?

-A. Algunas veces lo explica a su manera y si hay algo específico del libro que hay que aprendérselo, pues lo aprendemos

-E. Con un libro. Una vez que ya habéis terminado el tema, pues el Profesor se tendrá que asegurar que lo habéis aprendido, ¿qué es lo que hace para ello?

-A. Pues nos pone un examen, nos fecha un examen y el día antes de ese examen nos pregunta oral y al día siguiente hacemos el examen escrito.

-E: Muy bien. Ahora vamos a hablar de tu experiencia con las ciencias, de si te gustan o de si no te gustan, ¿te gustan las clases de ciencias?

-A: Si

-E: Entre todas las asignaturas que tienes, ¿cuál es la que más te gusta?

-A: Lengua

-E: Lengua. Y del uno al diez, pensando que lengua es el diez ...

-A: Biología un seis

-E: Biología un seis, ¿crees que elegirías de manera voluntaria seguir un bachillerato de ciencias?

-A: Si, si

-E: Sería una opción, ¿no lo descartas?

-A: Si

-E: Cuando te pones a estudiar las ciencias, la biología, la geología, ¿te resulta fácil aprender los contenidos?

-A: Cuando los explica el Profesor sí, y si algo no me ha quedado claro lo leo en el libro y me lo intento estudiar por el libro.

-E: y ¿te lo aprendes de memoria, o entendiéndolos?

-A: Entendiéndolos, lo que dice el Profesor lo entiendo y si algo no me ha quedado claro cojo el libro me lo estudio y hago un resumen.

-E: Cuando a veces tienes que aprenderte cosas de memoria, ¿Qué crees que se te olvida antes lo que te aprendes de memoria o lo que te aprendes entendiéndolo?

-A: Lo que me aprendo de memoria

-E: lo que se aprende de memoria crees que se olvida antes. Bueno pues mira como la actividad que vais a hacer la semana que viene tiene que ver con el cine ahora te voy a hacer alguna pregunta relacionada con películas, ¿qué películas te gustan, que tipo de películas te gustan?

-A. Las de acción.

-E: Las de acción. ¿Has visto alguna en las que se hable de ADN, mutantes, clonación?

-A: Sí, virus

-E: Virus. ¿Crees que los contenidos que se ven de biología en esas películas son correctos?

-A: Sí, creo que sí

-E: Por ejemplo, ¿Has visto la película Spiderman?

-A: Sí

-E: Pues sabes que cuando a Peter Parker le pica la araña, la película dice que se produce una mutación y a partir de ahí cambia su aspecto ¿crees que eso es correcto científicamente?

-A: No, creo que no, que no puede cambiar su ADN y compartir con el de una araña, creo que no ... no sé.

- E: ¿Crees que con esas películas aunque no sean correctos los contenidos de ciencias, crees que se puede aprender ciencias?

-A: No sé, es que no sé.

-E: Bueno pues nada, ya hemos terminado, muchas gracias por participar

-A: De nada

-E: ... Y nos vemos después de que hagáis la actividad

1.2.- Equis

- Entrevistador: Como esta entrevista va a ser anónima totalmente, no te voy a llamar por tu nombre, así que imagínate un nombre, un pseudónimo con el que tú quieras que yo haga referencia a ti cuando yo hable de esta entrevista.

- Equis: Equis mismo. Como si fuera una ecuación.

-E: Muy bien como si fuera una ecuación, ¿qué edad tienes?

-Eq: Quince años.

-E: Quince años. ¿Curso?

-Eq: Cuarto de la ESO

-E: ¿De qué colegio?

-Eq: Marcelo Spínola

-E: ¿Siempre has estado aquí en el mismo colegio?

-Eq: Sí

-E: Bueno pues mira, la entrevista va a tener diferentes partes, primero vamos a hablar un poquito de lo que hacéis en las clases de ciencias, luego vamos a hablar un poco de la actividad que vais a hacer la semana que viene, creo que el Profesor os ha comentado algo, que habéis hecho una WebQuest.

-Eq: Sí

-E: Pues mira, en principio quisiera que me contaras cuando el Profesor de biología y geología llega a clase ¿qué hace?

-Eq: Pues llega y comenzamos corrigiendo los ejercicios que nos mandó del día anterior y continúa explicando los puntos siguientes.

-E: ¿Un poquito más de temario?

-Eq: Sí, suele contener alguna publicidad para que se haga más...

-E: Más ameno

-Eq: Más ameno

-E: Para que no os estéis ahí aburriendo toda la mañana

-Eq: Dice datos curiosos sobre el tema.

-E: Cuando estáis aburridos en clase, o hay mucho ruido y no puede controlar la clase ¿Cómo os engancha?

-Eq: Pues, dice cosas curiosas, algunas te quedas "pillao" pensando y te vas a tu casa y se lo dices a tus padres.

-E: (...) Bueno, hemos hablado un poco de qué es lo que hace el Profesor, pero cuando se pone ya a explicar los contenidos, por ejemplo, la célula, ¿en qué se basa, que tiene allí en su mesa, de qué materiales dispone?

-Eq: Pues el libro de texto

-E: El libro de texto, ¿qué editorial es?

-Eq: SM

-E: SM

-Eq: Pues abre el libro de texto y yo creo que suele tener una idea del día de antes preparada porque siempre suele poner, nos hace un esquemilla, o a lo

mejor si el tema es así con más contenidos nos suele hacer un mapa mental, un trabajo que se hace aquí en el colegio de “comparar y contrastar”.

-E: El compara y contrasta

-Eq: También hay varias: “las partes y el todo”, también se suele hacer, cuando el tema nos lo permite. Son muy buenas técnicas de estudio

-E: Sí, y también sirven para concentraros, motivaros y trabajar con el otro

-Eq: Sí

-E: Vale, pues una vez que el Profesor ya ha explicado los contenidos, ¿cómo se asegura de que los habéis aprendido?

-Eq: Pues nos manda ejercicios y claro suele preguntar al corregirlos o hace así alguna pregunta suelta que claro para poder contestarla te la tienes que haber estudiado el día de antes y bueno entre eso y otros ejercicios que manda porque los ejercicios que manda o sabes lo que ha dicho antes o no puedes hacer los siguientes, suele estar encadenado

-E: Y cuándo termina el tema, ¿hace alguna actividad en concreto?

-Eq: Pues, pregunta ya de todo el temario y ya está, nos ponemos fecha de examen y ...

-E: O sea que os pregunta tanto de forma oral como escrita por un examen. Ahora vamos a ver un poco si te gustan las ciencias o no, te vamos a hacer unas cuantas preguntas en ese sentido, ¿te gusta la asignatura de biología-geología?

-Eq: Sí me gusta bastante, es una de las más entretenidas.

-E: Del resto de las asignaturas, ¿cuál es la que más te gusta?

-Eq: ¿La que más me gusta?, igual matemáticas

-E: Matemáticas

-Eq: Me gusta mucho.

-E: Y si matemáticas es un diez, del uno al diez, ¿dónde estaría la biología y geología?

-Eq: Un ocho o un nueve. Es una de las asignaturas que se te hace ligera porque es muy entretenida y tiene conceptos muy interesantes

-E: Y ¿esos conceptos científicos te resultan fáciles de aprender o tienes que estar “hincando codos”?

-Eq: Si los has visto antes los conceptos los tienes más conocidos; si no pues tienes que darle más trabajo y ser más constante a la hora de aprender ese concepto nuevo

-E: Y ese trabajo ¿cómo lo haces? ¿Te lo aprendes de memoria, entendiéndolo, ...?

-Eq: Nosotros solemos estudiar entendiendo las cosas porque más que nada luego nuestro Profesor nos pregunta y como no lo entiendas no ... si lo dices de memorieta no cuela porque luego te hace otras preguntas de otro estilo y ya te pillá.

-E: Bueno mira, no sé si te ha comentado el Profesor que en la actividad que vais a hacer vais a manejar secuencias de películas para un poco aprender parte de los contenidos de biología ¿Qué tipo de películas ves tú en general?

-Eq: En general de acción, de miedo

-E: ¿Y has visto alguna película en las que se hable de ADN, de mutantes o de clonación?

-Eq: La de Spiderman

-E: Y tú crees que por ejemplo cuando sale en la película que le pica la araña al protagonista, a Peter Parker, y entonces se habla de que se ha producido una mutación y entonces le cambia el aspecto de vez en cuando a Spiderman ¿tú crees que esa forma de producirse las mutaciones es correcto a nivel científico?, Sin saber ... porque todavía no habéis estudiado en cuarto lo que son las mutaciones, por la idea que tú tienes.

-Eq: Creo que puede ser algo verdad y otra parte mentira porque un cambio físico puede producirse por un cambio de ADN o puede darte cualidades nuevas, pero sin haber estudiado este tema ...

-E: Bueno pero a lo mejor puedes creer que hay parte de cierto y parte de exagerado a lo mejor en la película y ¿crees que aunque haya cosas exageradas en las película o no demasiado correcta estas podían ser útiles en las clase de ciencias para aprender ciencias?

-Eq: Sí porque contrasta conceptos con los que tal vez sí sean ciertos en la película y otros que quizá no sean ciertos a nivel científico, se contrasta y podría serte más fácil a la hora de estudiar

-E: Bueno pues nada más ya hemos terminado, muchísimas gracias por participar.

1.3.- Jorge

-Entrevistador: Como está entrevista va a ser anónima quiero que pienses en un nombre con el que quieras que yo me refiera a ti cuando te hablo en esta entrevista, eso se llama pseudónimo.

-Jorge: Vale

-E: Lo que tú quieras, como quieres que yo te llame

-J: Jorge mismo.

-E: Bueno venga, tú serás Jorge. ¿Qué edad tienes?

-J: Quince años.

-E: ¿En qué curso estás?

-J: En cuarto de la ESO.

-E: ¿Colegio?

-J: Marcelo Spínola

-E: ¿Siempre has estado aquí en este colegio?

-J: Si

-E: Mira, la entrevista tiene diferentes partes, primero vamos a hablar de tu clases de ciencias, luego de lo que tú sientes por las ciencias y luego nos vamos a centrar más en la actividad que creo que el Profesor os ha dicho que vais a hacer la semana que viene de la WebQuest. Entonces, con respecto a las clases de la asignatura de biología y geología, explícame cuando llega el Profesor a clase ¿qué hace?

-J: Pues empezamos la clase si ha mandado ejercicios el día anterior empezamos, se pasa a ver si los tenemos todos hechos luego los corregimos, si tenemos dudas las preguntas, salimos a la pizarra y los corregimos entre todos, luego empieza a explicar y lo explica todo, si tenemos alguna duda nos la resuelve siempre y nos la explica hasta que quede bien claro, y luego nos manda unos ejercicios y nos deja un tiempo para que los empecemos en clase por si tenemos alguna duda preguntarle y luego lo que nos quede nos lo manda para casa.

-E: Para el día siguiente. Cuando estáis aburridos o el Profesor os ve que estáis muy jaleosos y no le hacéis caso, ¿cómo os engancha, cómo os motiva?

-J: Pues a mí me gusta, no empieza a chillarnos, no, no; nos cuenta anécdotas y dices “ostias mira, esto está entretenido”, cosas curiosas, anécdotas.

-E: Y cuando ya se pone a explicar, por ejemplo, la célula, ¿qué tiene en sus manos, qué utiliza para explicaros los contenidos?

-J: Pues en la pizarra, empieza a utilizar la pizarra, no sé y ya está. A lo mejor también empezamos a hacer alguna cosa específica, “mapa mentales”, eso ya depende.

-E: Y ¿tenéis algún libro, se basa en algún libro de texto?

-J: Sí en los nuestros, y él a lo mejor también tiene alguno así más específico.

-E: ¿Qué editorial eran vuestros libros?

-J: SM puede ser, creo que sí

-E: SM. Entonces, cuando ya llega a clase, os explica los contenidos, acaba más o menos el tema ¿cómo se asegura el Profesor que lo habéis entendido?

-J: Pues nos suele poner ejercicios del final, o una hoja que nos pone él de ejercicios y luego hacemos siempre el examen.

-E: Los ejercicios ¿qué son escritos, u os lo pregunta de forma oral?

-J: No, ejercicios por parejas, estamos sentados de dos en dos y nos pone una hoja y nos pone ejercicios y otras veces del final del libro que también vienen bastantes.

-E: Y el examen ¿generalmente es escrito?

-J: Sí, sí.

-E: Bueno, ahora vamos a hablar sobre qué imagen tienes tú de las ciencias, en general ¿te gusta a ti la asignatura de biología-geología?

-J: Sí, me gusta mucho

-E: De todas las asignaturas que tienes, ¿cuál es la que más te gusta?

-J: Pues puede ser biología e informática

-E: Y si por ejemplo informática es un diez, biología-geología del uno al diez ¿sería ...?

-J: Un ocho o un nueve

-E: ¿Crees que elegirías, cuando pases a bachillerato, elegirías un bachillerato de ciencias?

-J: Pues posiblemente

-E: Te resulta fácil cuando el Profesor explica y pues tú te vas a casa y te tienes que preparar para el examen, ¿te resulta fácil aprenderte las cosas de ciencias?

-J: Sí. Hombre, algunas cosas me cuestan más, pero en general no me cuestan mucho.

-E: Y ¿cómo te las sueles aprender de memoria o las entiendes?

-J: Las suelo aprender, principalmente las entiendo, y luego si hay alguna cosa así más específica la vas aprendiendo de memoria.

-E: Bueno pues ahora te voy a hacer algunas preguntas sobre películas ¿vale?

-J: Vale.

-E: ¿Qué tipo de películas ves normalmente?

-J: Pues de todo tipo, comedia, de acción, me gusta mucho el cine.

-E: ¿Has visto alguna película en las que se hable de ADN, o de mutaciones o de clonación?

-J: Sí, Underworld, ¿la has visto?

-E: ¿Underworld?, no. ¿De qué va?

-J: Es una especie de vampiros que lo clonan para obtener el vampiro perfecto y lo intentan clonar mediante el ADN para obtener el vampiro perfecto.

-E: Uf, pues mira esa no la conocía yo, y ¿qué es película o una serie?

-J: Película.

-E: y pues mira tú que me has hablado de clonación en esa película ¿Tú crees que la cosas que salen ahí, yo no lo conozco, yo no me sé la película, pero las cosas que salen ahí de clonación, tú crees que son reales, que son correctas científicamente? Más que reales correctas científicamente

-J: Pues yo creo que sí.

-E: ¿Sabes que este curso vais a profundizar en los contenidos de mutación, clonación?

-J: Sí, sí.

-E: ¿Has visto la película de Spiderman?

-J: Sí

-E: Sabes que cuando la araña al principio le pica a Peter Parker pues se habla en la película de que se produce la mutación y genera en el protagonista un cambio de aspecto. ¿Tú crees que esos contenidos, esos contenidos científicos pueden ser más o menos correctos, o sea, así se producen las mutaciones?

-J: No creo, un poco fantástico es, no sé, creo yo.

-E: Bueno y ya por último ¿crees que en las películas, ya sea como Underworld, por ejemplo, más correcto según tú, o en Spiderman más fantástico, crees que con estas películas se puede aprender Genética?

-J: Sí, pienso que sí. Hombre, la profunda Genética decir lo que es la parte más dura de Genética a lo mejor no pero los principales contenidos sí, yo pienso que sí.

-E: Bueno pues nada más. Muchas gracias por participar y ya hemos terminado.

-J: De nada, adiós.

-E: Adiós.

2.- Entrevistas posteriores a la implementación

2.1.- Alejandro

-Entrevistador: Bueno, preséntate, dime tu nombre, tu seudónimo, en qué curso estabas, en qué colegio... y lo que me quieras contar.

-Alejandro: Yo soy Alejandro, estoy en 4º de la ESO en el colegio Marcelo Spínola de Jaén.

-E: ¿Qué día es hoy?

-A: 30

-E: 30 de Enero de 2014

-A: Sí

-E: Recientemente habéis terminado los temas de Genética y de evolución. Os habéis examinado ya?

-A: Sí

-E: Tú te acuerdas que estuvisteis haciendo unas actividades que tenían que ver con ver películas, identificar los posibles errores relacionados con Genética que podía haber en esas películas, y luego hicisteis como una especie de informe, qué creáis que estaba mal, qué creáis que estaba bien, hicisteis una búsqueda de información para intentar aprender sobre estos temas...te voy a preguntar sobre todo de esas sesiones pero sobre el tema de Genética en general... sobre tu experiencia en la clase de ciencias vamos a empezar lo mismo... con respecto al Profesor explícame lo que ha hecho tu Profesor en esas sesiones que fuera diferente a lo que venía haciendo en general.

- A: Bueno ... ir a la sala de informática a buscar información, también el trabajo ese que hicimos de
- E: ... de poner películas?
- A: Sí, y de comparar y todo.
- E: ¿Generalmente os ponían películas en clase?
- A: No, no nos ponían muchas
- E: Todo lo demás ha sido prácticamente igual, no?
- A: Sí
- E: ¿El resto del temario os lo ha explicado como todos los demás temas?
- A: Sí
- E: Bueno ... cuando hicisteis ese ejercicio ... ¿tú le has visto de utilidad, crees que te ha servido para aprender más?
- A: Sí
- E: ¿Te has visto motivado o te aburrías en clase? Cuéntame ...
- A: Sí, me he motivado más, porque el sólo hecho de salir de la clase para buscar información y eso ... ha sido positivo
- E: ¿Cómo trabajabais, en grupo, en parejas ...?
- A: En grupos de cuatro. Eran grupos de cuatro pero se dividían en dos
- E: O sea que al final lo hicisteis por parejas, ¿no?.
- A: Sí
- E: Y ¿cómo trabajabais en el grupo, participabais los dos, u os repartíais el trabajo y cada uno lo hacía por su cuenta?
- A: Nos repartíamos el trabajo, por lo menos en mi pareja hacíamos eso, nos repartíamos el trabajo.
- E: Y luego, ¿lo pusisteis en común?
- A: Sí, y si alguno no coincidía con el otro pues ...
- E: ...hablabais y llegabais a algunos acuerdos, ¿no?
- A: Sí
- E: El clima de clase ¿te ha parecido mejor o peor que en el resto de sesiones?
- A: Mejor, porque estábamos más concentrados en el trabajo
- E: ¿Crees que con esas búsquedas y esos visionados de películas has aprendido cosas de Genética, o luego te las has tenido que estudiar por tu cuenta?

-A: Sí, he aprendido cosas de Genética, he aprendido que no pueden surgir poderes por una nube tóxica, no pueden surgir superpoderes de esos ... y más cosas.

-E: Del 1 al 10, ¿Cómo puntuarías este tipo de clases?

-A: Un 8

-E: Un 8. ¿Crees que si pudieras aprender ciencias de forma más continuada con este tipo de metodologías, viendo películas, buscando dudas que tuvierais, elegirías esta forma de aprender?

-A: Sí, pero en cambio también diría que “no” porque se pierde mucho tiempo, porque no lo hemos hecho en dos días, sino que hemos necesitado mucho más tiempo ... pero en general bien.

-E: ¿Tú crees que los contenidos que has estudiado, que has tenido que aprender para el examen de este tema, ... te has tenido que esforzar más la memoria o menos que en otros temas?

-A: No, más no, menos, porque como me las sabías las películas, me acordaba.

-E: Las películas te ayudaban a recordar?

-A: Sí

-E: Vamos a comparar dos formas de aprender, a través de las películas y de forma tradicional en la que el Profesor te cuenta y luego tú haces ejercicios y demás. Entonces, ¿con cuál de las dos formas crees que tardarás más en olvidar lo que aprendes?

-A: Con la de las películas

-E: ¿Te acuerdas de las películas que habíais visto?

-A: Spiderman

-E: Spiderman, Parque Jurásico...

-A: Los mutantes esos, los X-Men

-E: Eso, los X-Men,

-A: Los cuatro fantásticos...

-E: ...y La Isla, eso. De lo que visteis en las películas, de los trozos de las películas que os enseñamos, se te resolvió alguna duda?. Quiero decir, ¿tú mantenías alguna idea errónea que luego investigando la has resuelto?

-A: Sí

-E: ¿Por ejemplo?

-A: Por ejemplo, en Spiderman

-E: ¿Lo de la picadura?

-A: Lo de la picadura, era un error que si te picaba te cambiaba todos los genes, y ya me metí más a fondo y lo resolví

-E: De otras películas que tú hayas visto, ¿crees que se podrían sacar más trozos para aprender ciencias? ¿Películas o cualquier otra serie de televisión? Para aprender Genética, o cualquier otra cosa de ciencias.

-A: Sí, claro que sí. Pero es que ahora no me acuerdo de ninguna película.

-E: Te gustan las series del tipo "Bones" o ...?

-A: Big Bang Theory. Es una serie de televisión.

-E: Ah, ¿sí?. Ya, esa en la que los protagonistas son físicos. Y ahí se habla a veces de teorías de Física

-A: Sí, teorías moleculares ... se habla de muchas cosas

-E: Sabes, creo que esta serie tiene unos científicos muy potentes detrás que asesoran para intentar que la serie sea lo más verídica posible.

-A: Está muy bien

-E: Bueno, pues ya está. Muchísimas gracias y ya hemos terminado.

-A: Hasta luego

-E: Hasta luego.

2.2.- Equis

-Entrevistador: Hola Equis. Recuérdame en qué colegio estás y en qué curso.

-Equis: Estoy en 4º de ESO en el colegio Marcelo Spínola.

-E: estamos aquí para terminar esta investigación en la que el objetivo, como te dije al principio, es intentar mejorar la enseñanza de la Genética, y para ver si podría servir de algo la actividad que hemos realizado con vosotros para que os facilite el aprendizaje de estos contenidos. Ese era nuestro objetivo principal para que se beneficien los que vienen detrás de vosotros. Entonces ya para terminar me gustaría hacerte algunas preguntas relacionadas con las actividades que habéis hecho dentro del tema de Genética que tenían que ver con películas y un poco con lo diferente, las cosas diferentes que habéis hecho esos días, las cosas diferentes que ha hecho vuestro Profesor, si os han servido para mucho, para poco, si creéis que se puede mejorar, vale, si tenéis alguna propuesta de mejora, ya que lo habéis vivido vosotros como Alumnos pues seguro que tenéis cosas que

aportarnos, vale. Entonces lo primero que quería saber era si te acuerdas que cosas diferentes ha hecho tu Profesor en estas sesiones que no hacía habitualmente en las clases

-Eq: Pues ver partes de películas y quizás informarnos de la teoría del tema sin haber estudiado previamente este, es decir, vamos a ver los errores y luego ya vamos ...

-E: Habéis empezado con vuestras ideas y después ya el Profesor os ha explicado

-Eq: Sí

-E: Bueno, en realidad os lo ha explicado después incluso de que vosotros lo hayáis investigado.

-Eq: Sí.

-E: Porque las páginas webs que os daba eran para que vosotros navegárais un poquito

-Eq: Exactamente

-E: Bueno, en estas clases específicas que hicimos en el aula de informática y luego hicimos la puesta en común en el aula, ¿le has visto utilidad?

-Eq: Sí, mucha utilidad, te hace apreciar los errores de las películas y claro ya al verlos pues se te queda como marcado; el decir pues esto no lo han hecho bien en la película, no se han informado bien para hacerla, no es correcta científicamente hablando., entonces claro, te ayuda a comprenderlo y a la vez asimilar el concepto de una manera correcta

-E: Por lo que dices también entre lo que leo de tus palabras como que te ayuda a ser más crítico con lo que estás viendo

-Eq: Exactamente

-E: No creerte todo lo que...

-Eq: Sí, sí porque hemos visto que la película no era todo cierto, ni correcto

-E: O sea, que la crítica a las películas, el aprendizaje de contenidos, y en cuanto a motivación, ¿crees que te ha ayudado?

-Eq: Te ayuda más, es interesante porque es otra manera de dar clase, una manera diferente y se te hace muy amena; y claro, es interesante, una forma nueva

-E: Bueno, habéis trabajado creo, por parejas, ¿no?

-Eq: Sí

-E: ¿Y cómo has trabajado tú con tu pareja?, ¿crees que habéis conectado bien? ¿Debatíais, o repartíais el trabajo, cada uno ha hecho una parte?

-Eq: Sí claro, es interesante porque al estar en pareja a lo mejor uno tiene una opinión y otro otra y lo contrastáis y tienes que basarte en una teoría para decir que es cierta, entonces claro, te ayuda un poco a realizar la crítica, pero de una manera más contrastada, que no decir esto es así porque yo creo que es así sino porque lo hemos contrastado con mi pareja y hemos decidido que es así.

-E: O sea que habéis llegado a unos acuerdos y habéis explicado por qué, o sea, que habéis argumentado, eso se le llama argumentación .

- E: Bueno, no sé si me lo has comentado, a lo mejor ya me lo has dicho, sí, me lo has dicho, que habéis aprendido cosas de ciencias, o sea que me has comentado que has aprendido a ver de forma crítica las películas

-Eq: Los conceptos

-E: Los conceptos de ciencias, si yo te dijera que me dijeras un número del 1 al 10, siendo 1 que no te ha gustado nada, y 10 que te ha gustado mucho, ¿qué nota le pondrías a este tipo de clases?

-Eq: Pues un 9.

-E: Un 9. ¿Crees que si pudieras aprender contenidos de ciencias, no ya solo de Genética, sino de geología, anatomía, de lo que sea, viendo películas y con esta metodología, tú apostarías por ella?

-Eq: Sí; sí, es efectiva

-E: Tú crees qué es efectiva. Entiendo, como has dicho efectiva, entiendo que a lo mejor lo que quieres decir es que lo que aprendes de esta forma no se te olvida tan fácilmente ¿puede ser?

-Eq: No, claro, porque lo tienes como asimilado, marcado por las películas que has visto; claro, recuerdas la película y dices, esto es un error, entonces, claro, al verlo ya, al recordar esa secuencia que has visto como que recuerdas el contenido verdadero del concepto.

-E: Entonces, para estudiar el examen te has tenido que aprender las cosas menos de memoria?

-Eq: Si, más de lógica.

-E: Entendiendo

-E: Has empezado un poco a decirlo, pero creo que te he cortado, viendo las películas y luego investigando, aprendiendo el tema y demás ¿tenías tú

alguna idea que pensabas que era cierta y que a lo largo de estas actividades has visto que no, que tú estabas en un error?

-Eq: Claro, tú ves la película y dices, pues bueno puede ser verdad, pero luego al estudiarlo y ver que no era correcto claro que te ayuda a comprenderlo

-E: ¿Me puedes poner algún ejemplo?

-Eq: Pues por ejemplo, la de X-Men cuando su cuerpo está en metal, ha sido una mutación y a lo mejor ha podido pasar pero claro luego al ver que puede afectar de una manera tan rara.

-E: Ya para terminar, de las últimas películas que has visto, de las series que te gustan, que ves generalmente en la tele ¿tú crees que se pueden sacar trozos de esas series o películas que te gustan para estudiar ciencias?

-Eq: Sí

-E: Por ejemplo, ¿qué series ves?

-Eq: No sé, la de Parque Jurásico, que la estuvimos viendo, o no sé las películas de Spiderman que hablan mucho de cosas científicas.

-E: Y ¿en videojuegos?

-Eq: Claro.

-E: ¿Por ejemplo?

-Eq: No sé, por ejemplo los Pokemon, que evoluciona así con la teoría esta de Lamark, claro tú ves que no es correcta, porque no pueden evolucionar así tan de repente

-E: ¿Qué serie te gusta a ti?

-Eq: Caser.

-E: Y en Caser ¿crees que salen a veces cosas relacionadas con la ciencia?

-Eq: Sí.

-E: Más que de contenidos a lo mejor es de cómo hacer ciencia, de cómo hacer investigaciones, ¿no?

-Eq: Sí

-E: Bueno, nada más, muchísimas gracias.

-Eq: de nada.

2.3.- Jorge

-Entrevistador: ¿Cómo era tu pseudónimo?

-Jorge: Jorge

-E: Jorge, vale. Dime ¿en qué curso estás, en qué colegio?

-J: En cuarto de la ESO, en Marcelo Spínola de Jaén.

-E: Pues, bueno esta ya es la entrevista final, con esto terminamos un poco lo que nosotros queríamos trabajar con vosotros para intentar mejorar las clases de Genética, y te acuerdas que habéis estado en clase haciendo algunos ejercicios, en donde visionasteis películas que tenían contenidos de Genética y luego teníais que pensar si lo que se veía en las películas era correcto o no y luego hicisteis una pequeña investigación, ¿no?

-J: Sí

-E: Te voy a preguntar sobre esas sesiones

-J: Vale

-E: Entonces, la primera pregunta que te quería hacer es sobre tu experiencia en la clase con respecto al Profesor, ¿qué es lo que ha hecho el Profesor diferente en estas sesiones a lo que viene haciendo generalmente?

-J: Pues a lo mejor en eso en otra forma de enseñanza ¿no? Yo creo ... en vez de estar con libros explicar y nosotros ... , ha sido distinto. Nosotros también interaccionamos, no sé, yo lo he visto distinto, a mí al menos me ha servido.

-E: ¿Generalmente os ponía películas en clase, os ha puesto películas para algún otro tema?

-J: No, generalmente no.

-E: Me estabas diciendo “me ha servido”, tú le has visto utilidad, pero ¿por qué?, vamos a empezar, por ejemplo ¿en qué le has visto utilidad, en tú forma de afrontar las clases, en tu motivación?

-J: Si más bien en eso en la motivación, no es lo mismo ir a una clase que sabes que tienes que estar escuchando que lo mismo, yo que sé, estar viendo películas, te motiva más a la hora de aprender

-E: ¿cómo habéis trabajado?, es que no me acuerdo, ¿cómo habéis trabajado?

-J: Dos y dos

-E: En parejas ¿cómo has interaccionado con tu compañero?

-J: Pues primero vemos todas las películas y luego nos poníamos en debate, a lo mejor a mí me ha parecido bien esto y a mi compañero no ...

-E: Lo comentabais entre vosotros

-J: Sí.

-E: Vale eso en cuanto a motivación, en cuanto a contenidos de ciencias ¿crees que te ha servido para algo, para aprender ciencias?

-J: Sí me ha servido

-E: ¿Sí?

-J: sí, a lo mejor yo tenía una primera idea y después me he dado cuenta de que no, de que la mayoría de las cosas no eran correctas

-E: Y, ¿te ha servido la búsqueda que luego habéis hecho?

-J: Sí, sí, principalmente eso.

-E: Del 1 al 10 ¿Cómo puntuarías este tipo de clases, de ir al aula de informática, ver películas, etc.?

-J: Pues un 8 o un 9

-E: Un 8 o un 9. ¿Crees que si pudieras aprender ciencias de esta forma más a menudo, es decir, por ejemplo, que hubiera visionado de películas donde hubiera cosas de ecología, o sobre anatomía, te gustaría, optarías por ellas?

-J: Pues quizás sí la verdad, yo creo que sí.

-E: ¿Le has visto alguna desventaja a este tipo de metodología?

-J: No, así principalmente no.

-E: Ahora con lo que has aprendido ¿tú crees que te ha servido para aprender contenidos de ciencias a más largo plazo? quiero decir, erigirías esta forma de estudiar para aprender de una forma que no se me olviden las cosas, los contenidos?

-J: Pues yo creo que con esta forma lo tienes que aprender menos de memoria y vas más aprendiendo ... Yo que sé, a mí hace ya un par de meses y no se me han olvidado las cosas

-E: ¿Te acuerdas cuáles fueron las películas que visionamos?

-J: Sí, era Parque Jurásico

-E: Parque jurásico

-J: X-Men, Spiderman y La Isla

-E: Y ...

-J: Los cuatro fantásticos

-E: Eso, ya no me acordaba yo de los cuatro fantásticos, ¿crees que estaban bien elegidas?

-J: Sí.

-E: El Profesor a lo mejor luego ha tenido que completar explicando de forma más tradicional

-J: Sí pero yo creo que las películas estaban bien elegidas porque quizás no hay muchas películas y las que eligió no se te hacían pesadas, ni aburridas, estaban entretenidas y además aprendías

-E: Me has dicho antes que había algunas cosas en las que tú dudabas y luego las búsquedas te ha hecho ver, las has corregido un poquito, ¿me puedes poner un ejemplo?

-J: Sí en el caso de Spiderman yo pensaba que las mutaciones a lo mejor siempre iban a ser así de superpoderes y cosas raras y ahora me doy cuenta de que no, de que a lo mejor las mutaciones pueden ser que ni te des cuenta.

-E: ¿Os acordáis en clase, la última sesión os dijo el Profesor, ¿vosotros creéis que yo puedo ser mutante?

-J: Sí

-E: ¿Te acuerdas que lo comentó? Claro pues es un poco por eso, las películas nos dan la imagen de que la mutación que da superpoderes.

-J: Ea

-E: Ya para terminar, ¿tú has visto últimamente alguna película en las que nos puedas ayudar y decirnos, bueno pues en esta película se dan contenidos de tal cosa que podrían servir para llevarla al aula y aprender de esto, de lo otro, alguna película, alguna serie que te guste?

-J: A lo mejor Resident Evil

-E: Resident Evil

-J: Porque siempre hay una infección y siempre a lo mejor se convierte en zombie

-E: Ah, vale

-J: La mutación siempre es mala.

-E: ¿Y eso qué es (es que no he visto esa película) como una especie de virus?

-J: Sí, es como un virus que produce la mutación y entonces se convierten en zombie pero todo el mundo

-E: Ah, vale, Resident Evil, lo miraremos.

-E: Bueno pues ya está. Muchísimas gracias

ANEXO IX: Algunos ejemplos de tablas de análisis de películas generadas por los estudiantes

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ Spider Man	2:40-2:49. Extraen material genético de 3 arañas, para meterlo a tu araña	Estructura de material genético	No	Porque no se puede extraer células vivas a tu araña
✓ Spider Man	4:30-4:40. Se puede observar la estructura de ADN, componiéndose por otros estúdios	Estructura de ADN	No	Porque no se puede modificar el ADN para perfeccionarlo
✓ Spider Man	5:16-5:26. Se ve cuando la estructura propia cambia por otra	Mutación	No	Porque una picadura de cualquier animal te cambia por completo
✓ X-Men	3:54-4:05. Experimenta el individuo todos su cambios de temperatura	Mutación	No	Porque no puede cambiar su estructura en poco tiempo
✓ Spider Man	5:40-6:20. Se ve el mismo, con todos sus cambios, en musculatura y vista	Estructura de ADN	No	Porque en poco tiempo no puede haber evolucionado
✓ X-Men	0:23-0:40. Se habla sobre la evolución de la estructura	Evolución	Si	Porque puede ir evolucionando cada célula, en tiempos distintos

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

Se ha encontrado en:

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACIÓN	Pág
✓ La Isla	6:40-7:30 Los humanos compran copias de sí misma para curarse, regenerarse, etc.	Clonación	No	Porque están creados por máquina, y no a partir de espermatozoides	Clonación
✓ La Isla	Cuando los clonados observan como otros clones se están creando. 14:48-15:20	Clonación	No	Porque no tendrían que haberlos dotado de inteligencia a los clones	Clonación
✓ La Isla	Cuando el científico ayudante le dice al jefe que los clones están obteniendo inteligencia. 14:48-15:20	Evolución	No	Porque el cerebro no puede desarrollarse en poco tiempo.	Clonación
✓ X-Men	Cuando están hablando sobre la mutación. 1:20 a 3:13	Mutación	Si	Porque es una alteración de ADN	Mutación
✓ 4 Fantásticos	2:00 a 3:20 Cuando empiezan a cambiar su ADN y mutan.	Mutación	Si	Porque la radiación del espacio ha podido producir este cambio	Mutación
✓ 4 Fantásticos	12:40 Cuando la roca, ha cambiado toda su estructura en piedra, dentro y fuera.	Mutación	No	Porque la radiación no puede hacer un cambio tan drástico en un campo	Mutación
✓ X-Men	1:16 Cuando se puede ver la imagen de la estructura del ADN.	Estructura del ADN	Si	Porque todos tenemos el mismo tipo de ADN, pero distinta espacialidad	Estructura de ADN
✓ Parque Jurásico	0:20 Cuando el científico o persona le pide una gota de sangre y es decir unas células para crear otras iguales	Clonación	Si	Porque a partir de una célula se puede copiar otra idéntica.	Clonación
✓ Parque Jurásico	1:50-2:03. Cuando extraen la sangre conservada de un dinosaurio en un mosquito	Funcionamiento genético	Si	Porque se puede originar más células a partir de una.	ADN
✓ Parque Jurásico	4:08-4:20. En el momento en el que el doctor le dice a otro que quitando cromosomas sale hembra.	Naturaleza del material genético	No	Porque se tiene que decir después que la naturaleza le da el sexo al animal.	Sexo del animal
✓ Parque Jurásico	5:33-6:00. Cuando el científico encuentra nuevos dinosaurios y se da cuenta que algunos de África cambian de sexo.	Estructura de material genético	No	Porque no se puede jugar a dominar el sexo del animal.	Herencia genética

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ La Isla	Nos habla sobre la clonación de las personas. min: 2:00	Clonación	No	Porque no tienen el mismo material genético
✓ La Isla	Cuando le dice que no son personas reales que son clones (clones) min: 10:00	Clonación	Si	Porque tienen derecho a saber que no son reales
✓ La Isla	Cuando se dan cuenta de que el clon tiene recuerdos que no son de él. min: 15:00	Evolución	No	No pueden tener recuerdos que no son suyos.
✓ X-Men	Nos habla sobre la mutación de las personas. min: 8:00	Mutación	Si	Se pueden mutar por varios factores.
✓ Los 4 Jantabicos	Cuando se mutan min: 1d4	Mutación	Si	Porque han sido expuestos a una radiación por la biología
✓ Los 4 Jantabicos	Nos muestra la forma del ADN min: 1:08	Estructura del ADN	Si	Así el genético era el correcto. Bipedes
✓ Spiderman	Cuando le pica la araña min: 4:18	Mutación	No	Porque aunque te pique una araña, no se muta genéticamente
✓ Spiderman	Cuando le aumentan los poderes (fuerza y reflejos) min: 6:44 y 9:06	Mutación	Si	Porque la mutación puede desarrollar sus cualidades.
✓ Spiderman	Cuando toca la telaraña. min: 11:20	Mutación	No	Porque no tenemos la capacidad de lanzar tela propia
✓ Porque Jurídico	Cuando crean a los dinosaurios. min: 3:00	herencia genética	Si	Porque han obtenido ADN de dinosaurios
✓ Porque Jurídico	Cuando son capaces de reproducirse. min: 5:14	Evolución	No	Porque hace falta distinguir los genes para reproducirse

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORIA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ Porque Jurásico	Cuando están viendo una película y con una gota de sangre atan dos hombres (iguales más. / 00:21)	clonación	NO	Porque al clonar, tienen el mismo material genético pero no son iguales.
✓ Porque Jurásico	Cuando les explican en el video que extraen ADN de la rana y lo juntan con el de los dinosaurios. (02:37)	mutación	SI	
✓ Porque Jurásico	Cuando encuentran las huellas de dinosaurio y explica que se puede haber producido un cambio de sexo de forma natural (05:31)	evolución	SI	
✓ Los 4 fantásticos	Cuando explica que la rna puede causar enfermedades y alteraciones (00:31)	Mutación	SI	
✓ Los 4 fantásticos	Cuando empiezan a tener alteraciones después de recibir la radiación (02:51-08:00)	Mutación	NO	Porque las mutaciones genéticas nunca pueden producir esos síntomas.
✓ Los 4 fantásticos	Cuando el chico del fuego alcanza grandes temperaturas (13:40-14:13)	Mutación	NO	ES imposible alcanzar la temperatura del sol.
✓ Spiderman	Cuando explica que han manipulado genéticamente los arácnidos (02:40) mezclando el ADN	Mutación	SI	
✓ Spiderman	Cuando le pica la araña y sale de fondo la pantalla explicando como fusionaron el ADN de los arácnidos (04:32)	Estructura del ADN	NO	Porque no se puede fusionar cualquier parte de ADN.
✓ Spiderman	Cuando Peter empieza a darse cuenta de los cambios que ha sufrido (04:46-07:36)	Mutación y Evolución	NO	Porque es imposible que con solo una picadura sufriera tantos cambios en poco tiempo.
✓ X-Men	Cuando el hombre explica la evolución humana a lo largo de la historia (00:27-00:40)	Evolución	SI	
✓ X-Men	Cuando el hombre explica que una niña puede atraer paredes	Mutación	NO	Por una mutación celular nunca se podría atraer paredes.

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ La isca	Las personas que tenían mayor riesgo -ta hacia los ceños de estos mismos por su interés por el (todos los sucesos)	selección	Si	(Proyecto Bosfor)
✓ Spider-man	Charla sobre las arañas y picada (0:40-1:40 min)	estructura del material genético	Si	(BIOPAFIDOS)
✓ Spider-man	sufrir la transformación corporal y ADN (4:40-6:26 min)	mutación	No	Porque en apenas unas horas no puede cambiar su aspecto físico
✓ Spider-man	Usa sus poderes en el instituto de morosa inventiva (6:26-9:40 min)	mutación	No	Porque ningún tipo de mutación produce cambios físicos o poderes.
✓ Spider-man	Descubre y empieza a poder en prueba sus poderes (9:40-12:00 min)	Evolución	No	Porque una persona no puede tener características de un ave, con solo un picotazo
✓ X-Men	Uno de los personajes estaban hablando de la evolución humana y otro a empezado a hablar de los mutantes que hay en su ciudad (0:00-3:15 min)	Evolución y Mutación	NO	Porque en la charla se explica hablando de mutantes con superpoderes pero en la vida real una mutación no consiste en un cambio físico visible y permanente para la población
✓ X-Men	uno de los mutantes manifiesta sus poderes en un bar (3:15-4:40)	Mutación	No	Porque es imposible que una persona tenga unos poderes de acné de sus manos.
✓ X-Men	Este mismo personaje es analizado y descubren que su cuerpo esta compuesto por metal, quien sido introducido en el mediante el proceso de mutación (4:40-6:08 min)	Mutación	No	No, porque una persona no puede estar formada por metal en el interior de su cuerpo y utilizarlo en su defensa.
✓ 4 fantásticos	Después de exponer una idea sobre la cura de enfermedades, 4 personas van al espacio a investigar esto y sufren un accidente en el que se someten al contacto con una radiación.	—	—	—

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ La isla 1:00-3:50	Señal haciendo correr una especie de embudo pero en vez de un feto es un hombre adulto	Clonación	No	Porque es sobre un feto que el embudo se debe hacer en el útero de la madre.
✓ 4:37-6:10	Se ve el parto de una mujer la cual muere, le quitan el bebé y se lo dan a sus parientes	Uso de material genético	No	Dejan al bebé sin su verdadera madre.
✓ 6:22-7:34	Les explican a los parientes que sus clones son material vegetal, no humano.	Uso de material genético	No	Porque ellos están mintiendo.
✓ 9:56-13:28	Les explica que no son personas normales, son clones y son propiedad de sus parientes	Clonación	No	Porque usar a personas para que vivan clones no está bien.
✓ 16:06-17:02	El creador de clones habla con un hombre el cual dice que no está bien lo que hace.	Creación del material genético	No	Porque el hombre le dice que está jugando a ser Dios.
✓ Los 4 fantásticos 1:00-3:00	Se van a estrellar contra una tormenta cósmica y debido a esto comienzan a ser mutantes	Mutación	No	Porque se sabe que la radiación de tipo A una mutación pero es imposible que te de super poderes.
✓ 5:07-5:34	Señal espantado y el hombre se da cuenta de que está diciendo cosas así que tiene un parto	Mutación	No	Porque una persona no puede estar diciendo.
✓ 8:33-9:12	El chico científico mete la mano por debajo de la puerta para observar.	Clonación	No	Porque esta acción es demasiado zopaca.
✓ Spider-man 3:53-5:22	Una célula manipulada genéticamente pica a Peter y esto altera su ADN.	Creación del ADN	Si	Porque se pueden hacer cambios pero no tan exagerados.
✓	Se empiezan a notar cambios: increíbles reflejos asociados, con un gesto extraña tal etc.	Mutación	Si	Porque la producción de clones, porque se mezclan ambos ADN.
✓ X-Men	Se explica el "concepto" de evolución	Clonación	Si	Porque todo lo que dice es correcto.

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA 1'-2'	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACION
✓ Parque Jurásico	En la obra de los dinosaurios, los mosasaurios se pelean y debieron la fuerza donde se presentan el ADN, algunos mosasaurios se quedaban otros por un momento y en la actualidad →	Clonación estructura del material genético	Si	Para recrear e investigar la especie del dinosaurio. Libro
✓ Las cuatro fantásticas	Hay un grupo de gnomos y le da un rayo rojo y crearon poderes y cada uno →	mutación	No	Porque los poderes no son mutación es tener un dedo de más. Libro
✓ Spiderman 1ª parte	Este es la clase en un laboratorio cuando se imprime de la orina y una de las 14 células se acepta, esto es la pro →	mutación	No	Porque se produce un cambio de estructura del cromosoma; se rompe un trozo.
✓ Spiderman 2ª parte	Por la picadura de la araña en el brazo y al levantado con un cambio físico más musculoso. Este con un 4'40-6'25	mutación	No	este cambio lo hizo porque se lo mercedo el ADN de la araña y hay transformación
✓ Spiderman 3ª parte	Por la esta dando cuenta que la picadura de araña, lo está dando varias apariciones que se cuando se pelea. 6'30-9'30	mutación	No	Porque esto lo está ocurriendo a partir de la picadura de araña que es mala.
✓ Spiderman Parte 4ª	En esta escena lo que hace es derrotar de todas las arañas 9'30-final	mutación	No	A consecuencia de todo lo que le lo producido la picadura de araña.
✓ X-men 1ª parte	Están hablando en un congreso sobre los mutantes, porque no quieren que le de clase un mutante 1'15-3'15	mutación	—	—
✓ X-men 2ª parte	Se pelean y mata sus poderes unas cuchillas de los marcos 3'15-4'40	mutación	—	—
✓ X-men 3ª parte	cuando el médico lo mira y mira los cuchillas que tienen entre sus dedos 4'50-6'00	mutación	—	—
✓ X-men 4ª parte	Están hablando sobre los resultados y dicen que la mutación no es normal y puede llegar a la muerte 6'10-6'30	mutación	No	Porque esta mutación puede llevarlo a la muerte.
✓ La Isla 1ª parte	están en un laboratorio fijan una bolsa de agua, donde está hay una persona, y ahí le hacen origen y lo recominan 1'15-3'50	Unión del material genético	Si	Según lo que para ser ADN y así poder recombinar. Libros

así hay veces en la sala y miran su ADN, pero investigarlo, y uno quiere por clarificar.

TABLA ANÁLISIS DE SECUENCIAS

→ solo la pigo

PELÍCULA	Breve descripción de la SECUENCIA	CATEGORÍA	TRATAMIENTO CORRECTO SI-NO	JUSTIFICACIÓN
la isla	1ª secuencia. Entienden los órganos de los seres humanos y los órganos los que están en capcidad (1:34)-(1:30)	Corrección	No	por que para dar se extrae una célula y no un órgano
la isla	2ª secuencia. Una mujer embarazada da a luz a un niño y a ella le entran el niño y se la dan a otra familia (4:31)-(8:22)	~	No	
la isla	3ª secuencia. Un hombre enseña a personas un órgano que es capaz de regenerar pero no tiene sentimientos (6:24)-(8:22)	Decidir la vida.	Si	Comenta lo que va a suceder.
la isla	4ª secuencia. Comentan que la poliostrona entra en coma y necesita un transporte	—	Si	
la isla	de agua y la isla es su único espacio.	~	No	
la isla	5ª secuencia. Un personaje le informa a los protagonistas que son clones de personas de nivel superior con una memoria integrada.	—	Si	
Spideiman.	Secuencia. El protagonista a sufrido una mutación (6:56) el va sufriendo unos cambios debido a una pirámide	Mutación	Si	se produce una alteración en el ADN
Spideiman.	de arena, puede andar edificios, tiene raffles, y ocurre una evolución en su cuerpo.	Evolución	Si	Hay puntos de evolución
Xmen	2ª secuencia. En un serabo debaten el que unos profesores quieren les den clases a los chicos y quien descubrir su identidad	Mutación	Si	
Xmen.	2ª secuencia. El protagonista saca unos ojos de metal en una pelea, lo por eso va a que lo vean fue importante	Evolución	Si	Hay puntos de evolución terceros evolutivos.
Xmen.	quirúrgicamente tiene una capaz visual que le permite.	Evolución	Si	

ANEXO X: Transcripción del debate en grupo

-Profesor: Como os dije ayer, la idea que tenemos hoy era hacer intercambio de ideas de qué cosas habéis encontrado, que podamos discutir un poquillo, intercambiar, no sé, los conceptos, las cosillas que hayáis encontrado y, como os dije ayer, nos interesa que todo esto se quede grabado para saber vuestras opiniones, ¿vale?. Tened en cuenta que nosotros lo único que vamos a hacer es sacar la información de esa grabación pero ni la vamos a colgar en ningún sitio, y si acaso la tenemos que publicar en algún sitio no pondremos nombres, ¿vale?, sino que si habla alguien, será el “Alumno 1” y si habla otro será el “Alumno 2”, entonces en ningún momento se identifica ni se sabe quiénes son, solamente sacar la información para que veamos qué habéis encontrado, si resulta interesante o resulta clarificador. Vais a tener las preguntas delante, lo que habéis trabajado y vamos a ir comentando, si os parece, preguntado algunas cosas, no os cortéis a la hora de participar, ya sabéis que por esto no os voy a poner nota, ni que esté bien ni que esté mal, estamos aprendiendo y simplemente me interesa eso, que participemos y que aportemos claro lo que hemos encontrado y que si en un momento dado, fijaos yo pregunto por ejemplo a alguien y me dice que ha encontrado alguna cosa y otro grupo ha visto en esa misma secuencia algo más o algo alternativo pues que levante la mano y diga: “ mira en esa secuencia yo he visto esto”. Y que argumentéis por qué, ¿vale? A ver qué es lo que vamos encontrando. ¿Empezamos por películas concretas por alguna?

-Alumnos: Si

-P: ¿Por cuál queréis que empecemos?

-Alumnos: Por la que tú quieras profe

-P: ¿Cuál?

-Alumnos: La que tú quieras.

-P: Me da igual ¿vosotros cuál es la que no habéis visto? Si os parece dejamos Parque Jurásico para el final y empezamos por **La Isla**.

-Alumnos: Sí

-P: Esa la habéis visto todos ¿no?,

Alumnos: Si

-P: Bueno pues id identificando en vuestra hoja las secuencias que tenéis analizadas de La isla y qué es lo que habéis encontrado.

-P: Alguien que haya encontrado algo en las secuencias de la película de La isla y que quiera comentar. Venga sin miedo. ¿Nadie ha encontrado nada de la película de La Isla?

-A1: Bueno están clonando a las personas ¿No?

-P: Venga, están clonando a las personas ¿Qué momento es?, ¿te acuerdas?, ¿puedes describir un momento la escena?, ¿qué se veía?

-A1: Si que estaba como saliendo una pensando que era una persona mayor y que decían que era un clon de otra persona.

-P: Vale, entonces tú ahí, ¿qué concepto ha encontrado? Y ¿en qué minuto era, por si alguien más...?

-A1: En el minuto dos

-P: 2: En el minuto 2. ¿Alguien más tiene apuntado ese minuto 2 de La Isla?

-A2: Nosotros.

-P: ¿Habéis coincidido más o menos en lo que dice Alumno 1?

-A2: Sí.

-P: ¿Sí?, bueno primero ¿qué concepto es?

-Alumnos: Clonación.

-P: Clonación ¿creéis que se está trabajando de una forma correcta, se está tratando en esa película el concepto de clonación de una forma correcta?

-Alumnos: Sí

-A3: Nosotros hemos puesto que no.

-P: Que no ¿por qué?

-A3: Porque los clones no pueden ser..., cuando se clona a alguien no puede ser de la misma edad, sería...

-P: Sería ¿cómo?, ¡venga sin miedo!

-A3: Empezaría desde una misma célula y luego iría evolucionando

-P: Es decir, te refieres que no se puede conseguir un clon directamente de edad adulta, sino que tendría que pasar un desarrollo embrionario y nacer

como un bebé y todo eso ¿no? . Alumno1, ¿vosotros habéis descubierto lo mismo?

-A1: Eso no.

-P: ¿Alguien más ha trabajado o visto algo más en esa escena que comentan vuestros compañeros?

-A2: Nosotros hemos visto lo mismo

-P: ¿También coincidís en que no es correcto?

-A2: Que no es correcto que nazca directamente siendo adulto.

-P: Sino que necesitamos pasar por un estadio anterior, vale. Venga alguna otra secuencia...

-A1: Cuando se da cuenta de que el clon tiene recuerdos que no son suyos, que son de la persona real.

-P: Perfecto, ¿en qué minuto es, recuerdas?

-A1: En el minuto 15

-P. En el minuto 15, ¿alguien más ha encontrado algo en esa escena? En la que el clon se da cuenta, o se dan cuenta de que el clon tiene recuerdos, ¿no?, que supuestamente son propios y que no han sido insertados

-A4: No, ha sido una memoria implantada

-P: ¿Y consideráis que es correcto?, bueno primero, se me olvida ¿qué concepto habéis visto ahí?

-A2: Nosotros hemos puesto evolución.

-A5: Evolución.

-P: Evolución; ¿consideráis qué es correcto? Venga el argumento que hayáis puesto, no pasa nada.

-A1: Nosotros hemos puesto que no porque no puede tener recuerdos que no sean suyos.

-P: Que no es correcto porque no puede tener recuerdos que no sean suyos. Bien ¿alguien más ha puesto otra cosa al respecto? A ver, si por ejemplo alguien ha encontrado que esa categoría, que esa idea que se transmite ahí no es de evolución sino que es de otra cosa que lo diga, no pasa nada ¿quién más habéis hablado de evolución, vosotros también?; ¿qué argumento habéis dado?

-A5: Pues hemos puesto que en esa escena se ve que van adquiriendo inteligencia, entonces hemos puesto que no puedes desarrollar el cerebro en poco tiempo.

- P: Que no puedes desarrollar el conocimiento en poco tiempo. Perfecto. ¿Alguien más ha encontrado algo relacionado con eso?
- A6: Nosotros, cuando se encuentra un clon igual que él.
- P: Se encuentra con un clon.
- A6: Sí, se encuentran
- P: Se encuentran cara a cara los dos clones.
- A6: Sí
- P: ¿En qué minuto es eso?
- A6: En el minuto 13.
- P: 13, vale, y ¿qué concepto habéis puesto ahí?
- A6: Clonación.
- P: Clonación. ¿Es correcto?
- A6: No
- P: No ¿por qué?
- A6: Porque no pueden ser iguales Físicamente.
- P1: No pueden ser iguales Físicamente, los clones no pueden ser iguales Físicamente, ¿te refieres a eso?
- A6: Sí
- P1: Vale. ¿Alguien más ha encontrado alguna cosa relacionada con ese momento?
- P: ¿Estáis de acuerdo con lo que ha dicho vuestra compañera?. A ver, sin miedo, levantáis la mano y opináis.
- Alumnos: Creo que tienen que ser iguales.
- P: Crees que tienen que ser iguales porque supuestamente son clones y los clones deben de ser iguales. Pero yo creo que es muy interesante la secuencia que habéis identificado porque además se encuentran y son iguales pero aunque son iguales Físicamente hay otro detalle que es que son iguales en edad ¿creéis que eso es correcto?
- Alumnos: No
- P: ¿Quién ha dicho que no?
- A3: Yo
- P: ¿Por qué?
- A3: Porque el clon tendría como tres días, desde que lo sacaron habrían pasado tres días, entonces no podría tener la misma edad.

-P: Es decir, están clonando individuos directamente en edad adulta, con lo cual conseguimos que el clon sea de la misma edad que la persona clonada, entonces eso es lo que comentabais antes, si no pasamos por un desarrollo embrionario cómo conseguimos que sea de la misma edad.

-P: Está ligado a lo que habíais comentado antes, claro para hacer un clon hace falta un desarrollo embrionario, un crecimiento, y entonces en ese crecimiento está pasando el tiempo y también está pasando el tiempo para la persona que ha ido clonada, está pasando el tiempo para la dos.

-P: Muy bien, ¿habéis encontrado más de La Isla, en la peli?, ¿algún grupo que hayáis encontrado alguna cosa más que podáis destacar? Aunque penséis que el razonamiento que podáis dar sea muy parecido podéis aportarlo por si hay matices, por ejemplo como ha pasado con Alumno3 que ha dado algún matiz interesante. ¿Nadie más ha encontrado nada relacionado con La Isla?, ¿no? ¿Seguro? ¿Vosotros tampoco?, ¿buscamos otra peli? Por ejemplo pasamos si queréis a **Spiderman** para ver qué habéis encontrado por ahí en Spiderman, ¿algún grupo que quiera participar? Venga, que no pasa nada, que no vamos a ponerlos nota. A ver Alumno 2

-A2: En la escena del minuto 5, que el ADN se ve alterado por la picadura de una araña. Nosotros hemos puesto que pertenece al concepto de mutación, que no es correcto porque la picadura de una araña no te puede cambiar tu ADN y que te proporcione poderes ni un cambio físico.

-P: O sea, que el hecho de que una araña te pique, no te provoca una alteración inmediata del ADN y que esa alteración se traduzca en que te encuentres con superpoderes, ¿no?

-A2: Sí.

-P: Muy bien, pues entonces el tratamiento deduzco que no sería correcto ¿no?

-A2: No

-P: Venga ¿alguien más ha encontrado esa escena o ha visto esa escena? El minuto 5 decía Alumno 2.

-A7: *INAUDIBLE*

-P: Y ¿habéis puesto alguna cosa más?

-A7: Que como las arañas estaban mutadas pues aplicarle algún tipo de ... (*inaudible*)

-P: Vale, vosotros consideráis que como la araña que le pica a este muchacho ya estaba manipulada Genéticamente sí que es verdad que le puede producir

una mutación, es decir, de alguna forma lo que quieres dar a entender, no sé, te pregunto, es que la alteración Genética de la araña puede pasar de alguna forma, puede provocar a su vez una alteración Genética a una persona, que provoque una serie de cambios que no sean tan exagerados por ejemplo, que a lo mejor sí lo podía poner. Entonces el tratamiento para vosotros ¿sí es correcto o no?

-A7: Hombre, como lo cuenta en la película no, pero así tipo así sí.

-P: Vale, o sea si por ejemplo nosotros hiciéramos una araña manipulada Genéticamente y te picara a ti, entiendes que te podría provocar un cambio en tu ADN, te podría provocar una modificación en tu ADN, que no se tradujera en superpoderes, no te vas a convertir en una superwoman, pero te podría provocar alguna alteración. ¿Tú crees que sí?

-A7: Yo creo que sí.

-P: A lo mejor un poco sí. Ok.

-A8: Pero no en tampoco tiempo. Nosotros hemos puesto que se despierta al día siguiente y ya ...

-A9: Que al día siguiente ... y ya tiene alteraciones y que en tampoco tiempo no es posible.

-P: Que en tampoco tiempo no es posible que se den esas alteraciones, sino que se necesita más tiempo para que eso se haga.

-A8: Tampoco esa exageración pero....

-P: Pero si, por ejemplo, coincidís con Alumno 7 con la idea de que sí que os podría provocar alteraciones en vuestro ADN

-Alumnos: Sí

-P: Vamos a suponer, a medio plazo en vez de inmediato a medio plazo, ¿no? ¿Alguien más coincide o consideráis que es correcto lo que están comentando vuestros compañeros, al respecto?

-P: ¿Alguno de vosotros se ha preguntado qué hace una araña cuando pica? Porque a lo mejor yo creo que la clave está en hacerse la pregunta de qué hace una araña cuando pica, porque en un caso habéis dicho que no se puede pasar la mutación ¿no? Y en otro caso que sí se puede pasar la mutación o la alteración Genética que tiene la araña. ¿Alguna vez os ha picado una araña?

-Alumnos: Si

-P: Y ¿qué, como pensáis que pican las arañas?

-A10: Te muerden y te meten veneno

-P: Te muerden y te meten un veneno ¿no? Las que sean venenosas, vamos a suponer que esta sea venenosa, y ¿el veneno, en qué consiste?

-A1: Supuestamente debería de producirle una alteración ¿no? O una irritación en el cuerpo.

-P: Pero ¿te produciría una alteración Física? Es decir, una hinchazón, o ¿te produciría también una alteración como están insinuando tus compañeras, a nivel de ADN, del material genético? ¿Lo que pasan las arañas picando es ADN?

-A1: Yo pienso que el ADN no, que no podría cambiarlo por una picadura de una araña.

-P: Es decir, una araña, cuando os pica os trasmite su ADN?

Alumnos: No

-P: Pues entonces, a lo mejor por ahí tendríamos que ir pensando ¿no? Si nos trasmite el ADN o no nos lo trasmite, si nos trasmite el ADN qué consecuencias tiene o si no nos lo trasmite qué consecuencias tiene. En cualquier caso, sí que me parece interesante que consideréis que os puede provocar una alteración a medio plazo, una alteración más o menos Genética, una modificación, una mutación a medio plazo. Hay gente que no está de acuerdo. Alumno 11 decía algo también, ¿no?.

-A11: Yo pienso que el ADN no lo puede cambiar con una picadura de una araña

-P: Por tanto ¿tú también crees que el tratamiento que se hace en la película es correcto o no?

-A11: Puede producir alteraciones en un plazo de tiempo, pero como cambiar el ADN no.

-P: Pero cuando hablas de alteraciones ¿a qué te refieres?

-A11: Hinchazón

-P: Hinchazón

-Alumnos: Física

-P: Alteración Física y poco más ¿no?

-A11: Sí

-P: Vale, ¿y le concederá eso superpoderes o no?

-Alumnos: No

-P: Venga, ¿alguien más que quiera aportar algo de la peli? Porque por ejemplo, a mí se me ocurre, la, nosotros hablamos de alteraciones Físicas. Cuando se ve la mano y empiezan también a aparecer alteraciones Físicas, sale

una especie como de garra o lo que sea que le permiten trepar, ¿ese tipo de alteraciones Físicas son a las que os referís o no?

-Alumnos. No

-P: Más que nada ¿a qué?

-A1: Eso porque, supuestamente, si sale esa especie de garras que le salieron tendría que ser un cambio de ADN que se la haya producido la araña y le puede dar esa habilidad pero con una picadura que estamos diciendo que no puede alterar el ADN.

-P: No tiene por qué, ¿no? A parte de las características Físicas. Alguien más que haya encontrado algo en la peli que le haya llamado la atención, que hayáis visto alguna secuencia. ¿Nadie más?, ¿Ningún grupo más? Seguro

-A1. Mira

-P: A ver

-A1: Yo en la película, también he visto una imagen, en la que se ve el ADN, la estructura del ADN, y yo creo que ese concepto sí está bien puesto porque se ve perfectamente la estructura que tiene el ADN que tiene una especie de, no liado sino enredado, se ve perfectamente las uniones que tiene.

-P: O sea que tú crees que por ejemplo la imagen..., no sé si recordáis que os dije en las películas no sólo había que fijarse en los diálogos, o en las cosas que se dicen sino también en las imágenes que puedan aparecer en un momento dado de fondo, no sé si recordáis en la película de Spiderman mientras están dando la explicación y también justo después de picarle la araña hay una televisión en la que se ve una imagen, no hay sonido, pero hay una imagen en la que se ve, como dice Alumno 1, la estructura del ADN, entonces él dice que sí, que la estructura que aparece ahí del ADN sí que es correcta, entonces, ¿Qué categoría sería para ti esa?

-A1: La de la estructura del ADN

-P: Y crees que sí sería un tratamiento correcto por lo que aparece en la imagen ¿no?

-A1. Sí

-P: Entonces, ese tipo de detalles también interesan que vayan saliendo, si vais viendo que tenéis algo lo podéis aportar. Y si hay más gente que lo ha identificado.

(A partir de este momento la audición se hace más débil y resulta muy difícil identificar los Alumnos que hablan, por lo que indicamos solamente “Alumno”)

-A: Sí

-P: ¿Ese mismo que dice Alumno 1?

-A: Sí

-P: ¿Y también consideráis que el tratamiento es correcto?

-A: Pues no

-P: No, ¿por qué?

-A: Porque se veía como ... había partes que no estaban completas y que las completaban, es decir, que en las arañas se supone que el ADN estaba incompleto y lo han ido completando de otras

-P: Más o menos se da a entender de que coge ese ADN para completar o algo?

-A: Pues ... creo que había otros ADN

-P: ¿Otros ADN de otras especies?

-A: Sí

-P: ¿Que se iban mezclando unos con otros?

-A: Sí

-P: Y eso consideráis que no es correcto el tratamiento que se da, ¿no?

-A: No

-P: Vale. ¿Alguien más ha coincidido con esa idea?

-A: Nosotros

-P: ¿Y qué habéis puesto ahí?

-A: Que no es correcto porque sale que fusionan todos los ADN y vimos en una página que se tenían que fusionar unas partes concretas o algo de eso

-P: ¿Te refieres por ejemplo a esas sustancias que se llaman nucleótidos, que tienen que ir unos con otros asociados? Adenina con timina, citosina con guanina ... os acordáis de eso, lo habéis visto en la página?

-A: Sí

-P: Entonces tú consideras que se hace un ensamblaje, por decirlo así, del ADN que no es correcto

-A: Sí, lo ponen ahí ...

-P: Un poco “a su bola” o al azar ... vale. Muy bien, pues fijaros, ese tipo de detalles también son importantes, aunque penséis que no, todo lo que hayáis encontrado hay que intentar remarcarlo. ¿Alguna otra cosa al respecto?

-A: Cuando en la película se pelea con el compañero de instituto, al haberle picado la araña, le da el superpoder ese de los reflejos, la fuerza y todo eso

-P: Vale, habéis seguido bien el diálogo que hay desde que entran a esa especie de museo de las arañas y la Profesora les va explicando qué hace cada tipo de araña?

-A: Sí

-P: Entonces, cada tipo de araña os dicen que tiene una característica concreta, ¿no? ¿Os acordáis de alguna de esas características, alguna de esas arañas?

-A: Una araña que hace la telaraña muy dura

-P: Una que hace la telaraña muy dura ... ¿qué más?

-A: Alguna podían saltar muy alto para cazar a sus presas

-P: Pegar unos saltos muy grandes para atrapar a sus presas ... ¿alguna otra cosa?

-A: Algunas tenían una velocidad neuronal muy alta

-P: Velocidad neuronal muy alta que roza, casi casi, con la especie humana ... ¿veis vosotros reflejadas esas características en el protagonista después?

-A: Sí, porque la que le pica es una de las que está mezclada con las tres

-P: Efectivamente, se hace una especie de mezcla, se va cogiendo el ADN de todas, se hace una especie de mezcla y después se les inserta a esas arañas, que son superarañas manipuladas Genéticamente o algo de eso dicen en la película y resulta que esa es la que le pica...y ¿qué le confiere al protagonista?

-A: Los poderes de la araña

-P: Los poderes que tiene cada una. Entonces, ¿está relacionado con lo que tú dices. Esa capacidad de reflejos ¿por qué es?, porque es una propiedad específica de una de las arañas con las que estaban trabajando. ¿Más cosas que hayáis encontrado? ¿Nada más?

-Alumnos: No

-P: Bueno, cambiamos de peli?

-Alumnos: Sí

-P: ¿Cuál? ¿**Los cuatro fantásticos**, por ejemplo?

-Alumnos: Sí

-P: Venga, pues Los cuatro fantásticos. ¿Qué habéis encontrado?, A ver, algún grupo ... Hay gente que no participa mucho, nos interesa que todos habléis. A ver, ¿qué habéis encontrado en los cuatro fantásticos?

-A: Cuando mutan por la radiación

-P: Vale, entonces ¿qué concepto se está trabajando?

-A: Mutación

-P: Mutación. Y creéis que es correcto el tratamiento?

-A: No

-P: No, ¿por qué?

-A: Nosotros hemos puesto que sí porque pueden mutar, pero que no se consiguen superpoderes

-P: Es decir, sí se puede mutar por una radiación, pero no conseguir los superpoderes.

-A: Nosotros hemos puesto que no porque a través de una mutación no ... es lo que dice Alumno anterior, a lo mejor puedes mutar, pero los superpoderes no los puedes conseguir

-P: Es decir, que puede provocarle una mutación, pero que esa mutación no se traduce en unos superpoderes. ¿Qué minuto era ese?

-A: Es que es largo, es del 1 al 4

-P: Alguien más ha encontrado esa secuencia, ¿ha visto alguna cosa?

-A: Nosotros hemos puesto igual que Alumno anterior

-P: O sea, que estáis de acuerdo en que una radiación puede provocar una mutación, pero sin embargo no te confiere superpoderes

-A: Digamos que es como una mutación interna

-P: Te provocaría más bien una mutación interna

-A: Sí, pero hacerte invisible sería imposible

-P: Hacerte invisible sería imposible ... o convertirte en ...

-A: En hombre de piedra por ejemplo.

-P: Eso sería imposible. Vale. Y esa alteración que decís, ¿qué os puede provocar? Porque todos estáis de acuerdo en que una radiación os puede provocar una mutación o una alteración, pero que esa mutación no se traduce en superpoderes, pero ¿en qué se podría traducir esa alteración en vuestro cuerpo?

-A: Pues si pones por ejemplo una enfermedad, un cambio físico, pones una persona que tenga dos narices y que tenga una muy grande y otra muy chica o yo que se ... cambios así raros

-P: O sea, a ver si me queda claro, si tú por ejemplo te ves sometido a una radiación similar a la que aparece en las películas no te vas a convertir en un

superhéroe, pero sí te puede provocar un cambio así, de repente o en poco tiempo, por ejemplo, tener dos narices ... a eso te refieres?

-A: Sí

-P: O alguna enfermedad, también has comentado, ¿no?

-A: Una enfermedad, algún cambio interno en la persona como una enfermedad

-P: Vale...a ver Alumno diferente... dime

-A: Yo no creo que a una persona le puedan salir otra nariz por la radiación, si está embarazada por ejemplo sí puede producir en el feto malformaciones pero no creo que pueda salir otra nariz

-A: Si a lo mejor una persona nace con radiación a lo mejor se puede ver afectada en su desarrollo, entonces es posible que pueda verse alterado en cuanto al desarrollo de los brazos o ...

-P: Sí dime

-A: Yo tengo un amigo que tiene tres pezones, eso ¿por qué es?

-P: Eso pueden ser cambios o alteraciones Genéticas en un momento dado...la pregunta puede ser ... ¿nació con eso o le apareció en un momento dado?

-A: Nació con eso

-P: Nació con eso, ¿no?. Entonces, si nos sometemos a una radiación como en la película ... si yo que soy una persona adulta me veo sometido a esa radiación, puedo desarrollar un carácter extra? Por ejemplo, lo que tú dices que le pasa a tu amigo o lo que comentabais de la posibilidad de dos narices? ¿O de nuevo necesitamos pasar por un desarrollo previo embrionario?

-A: Yo creo que sí, porque ya estás formado

-A: A lo mejor un cambio físico no, pero un cambio interno sí te puede dar

-P: Y ¿qué entendéis vosotros por un cambio interno?

-A: Alguna malformación dentro o algo de eso

-A: Un tumor o algo así

-P: Claro, pero por ejemplo, cuando decís alguna malformación también entiendo que tener dos narices es una malformación, lo que pasa es que está fuera del cuerpo. Si ahora resulta que salen dos apéndices en el intestino, pues también es una malformación, ¿no?. Entonces creo que tendríais que diferenciar un poco entre lo que decía Alumno 2 de una enfermedad o una alteración, como un tumor, o un cambio interno que pueda provocar que haya dos apéndices, por ejemplo

-P: Alumno, tu habías levantado la mano

-A: Inaudible

-P: Tu padre y tu hermano ... pero ¿han nacido con ese carácter?, ¿no es un carácter que les haya aparecido?

-A: A mi hermano le ha ido apareciendo...

-P: Sí, pero no es que le haya aparecido no sé, desde los cinco años lo viene teniendo ... le ha ido creciendo conforme se va desarrollando...por tanto es un punto importante saber si ese carácter nos va a aparecer en un momento dado o es un carácter con el que nacemos

-P: Como los lunares, por ejemplo nos aparecen los lunares a lo largo de la vida. Cuando yo era pequeña apenas tenía lunares y ahora estoy llenito de lunares. Son cosas que van apareciendo a lo largo de la vida y hay cosas que no, que naces con ellas

-P: Habéis visto algo más en la peli de Los cuatro fantásticos?

-A: Nos muestra la estructura del ADN en el minuto 1.

-P: Bien, categoría me imagino que será la estructura del ADN. ¿Tratamiento correcto?

-A: Sí, porque el aspecto es el correcto

-P: ¿Qué imagen era, que no me acuerdo? La de una puerta que se va cerrando?

-A: Sí

-P: ¿Alguien más ha encontrado algo?

-A: Cuando un chico alcanza grandes temperaturas ... lo del fuego

-P: Alcanza la temperatura del Sol. ¿Qué concepto estáis viendo ahí?

-A: Mutación

-P: Mutación ...¿es correcto?

-A: No

-P: No, ¿por qué?

-A: Porque es imposible alcanzar la temperatura del Sol...

-P: Es otro superpoder que tenemos ahí y que es imposible. Muy bien, ¿qué más?.

-A: Cuando el chico es elástico, pasa la mano por debajo de la puerta y es capaz de abrir desde fuera

-P: ¿Que concepto habéis visto ahí?

-A: Evolución ... y hemos puesto que el tratamiento es incorrecto porque es una evolución muy rápida, no puede ir tan rápida

-P: Digamos que hay una relación causa efecto inmediata entre la radiación y esa capacidad que puede desarrollar ... y vosotros ¿entendéis que la evolución es un proceso más lento?

-A: Sí

-P: Vale, entonces yo os pregunto ... si esa persona tuviese la capacidad de vivir mil años, ¿la evolución le permitiría desarrollar esa habilidad?

-A: Sí. Pero ...

-P: Estáis los demás entendiendo lo que he preguntado?

-Alumnos: Sí

-A: A lo mejor en 1000 años no lo desarrolla completamente

-P: Bueno, en 1000 años lo desarrolla pero no a ese nivel ... entonces vamos a subir a 5000 años o a 100.000 años, tú crees que llegaría ese momento en el que la persona diga, lo he conseguido, soy capaz de meter la mano por debajo de la puerta y abrir desde el otro lado ... a lo mejor si vive 100.000 años sí es posible, ¿no?

-A: A lo mejor si es una necesidad básica, sí podemos desarrollarla

-P: ¿Si es una necesidad básica?

-A: Por ejemplo lo de las jirafas, que han ido creciendo para lo del alimento

-P: Vale

-P: Si necesitara meter la mano para comer ...

-P: Si en lugar de abrir la puerta, que es una cosa tonta, necesitara meter la mano para comer, o alargar la mano para coger el alimento de más alto ... entonces se quedaría la mano así de larga, en lugar de encogerse y volver a su forma normal después de abrir la puerta

-A: No tendríamos huesos tan elásticamente, cambiaría la estructura del cuerpo entonces

-P: Pero de qué cuerpo, ¿del cuerpo de la persona?

-A: Del cuerpo de la persona, pero eso no puede cambiar, los huesos no te permitirían, por mucho que eso cambiara tendría un brazo como de gelatina, y eso no puede ser

-A: Pero eso es como el ejemplo de las jirafas, las jirafas que tenían el cuello más largo sobrevivían, ahora, necesitamos pasar la mano por debajo de la puerta, nadie puede pasar la mano por debajo

-P: ¿Has cambiado de idea? Muy bien, pues de eso se trata, de que penséis, de que de la puerta, entonces moriríamos...si alguien pudiera, lo pasaría después a sus hijos y la especie podría ...

-P: ¡Ah! a sus hijos, o sea, tú has introducido una nueva variable, que ya no es una persona con muchos años, sino que es con sus hijos

-A: Sí, pero de todas formas ninguna persona puede pasar por debajo de la puerta y entonces nos moriríamos de hambre, por ejemplo

-P: Y entonces se extinguiría la especie porque no podríamos sobrevivir, es decir, si la supervivencia de la especie dependiera de que pudiéramos pasar la mano de forma elástica por debajo de la puerta para conseguir alimento, tú entiendes que no se podría. Sin embargo sí que has comentado que con el tiempo sí que podríamos conseguir esas habilidades de pasar la mano por debajo de la puerta

-A: Es que he cambiado de idea

-P: ¿Qué más cosas habéis visto en la peli?

-A: Cuando están investigando al hombre de piedra y se dan cuenta de que todos los órganos son de piedra

-P: Muy bien, ¿qué concepto habéis visto ahí?

-A: Evolución

-P: Evolución ... y ¿consideráis que es correcto?

-A: No

-P: No, ¿por qué?

-A: Porque los órganos no pueden ser de piedra

-P: ¿Y qué pasaría si los órganos pudieran ser de piedra?

-A: No tendrían función

-P: No podrían funcionar tal y como los conocemos ahora mismo, ¿no?...Muy bien, interesante, más cosas que hayáis visto en los cuatro fantásticos. ¿Nada más? ¿Qué nos queda?

-A: **X-Men**

-P: Muy bien, alguien que quiera comentar algo de la película de los X-Men. Es una película más corta, tenía menos secuencias que analizar. Hay una parte muy interesante en la película, es la del comienzo. Sé que se oía un poco regular, es la secuencia en la que hay un diálogo en el senado de Estados Unidos. ¿Sobre qué hablan ahí?

-A: Sobre los mutantes

-P: Muy bien, pues a ver ¿qué habéis sacado de esa conversación o algo de lo que viene después a nivel de imágenes, comentarios, etc.?

-A: En la primera secuencia, en el senado debaten que unos Profesores mutantes den clase a Alumnos ...

-P: Bien, ¿qué se está tratando ahí, que concepto?

-A: Mutación

-P: Y creéis que se está tratando de una forma correcta?

-A: No

-P: No, ¿por qué? Pensadlo, y si creéis que es que sí, pues decidlo, no pasa nada. Alguien más ha identificado esa escena, aparte de Alumno anterior?

-A: No

-P: ¿Todos los grupos habéis visto la película?

-Alumnos: Sí

-P: ¿Habéis oído ese diálogo inicial al que se está refiriendo Alumno anterior? Hay una persona que se queja, un senador o político, que se queja de que hay muchos mutantes y que no se identifican, a veces los mutantes no tienen rasgos que permitan identificarlos, y por tanto vamos a tener mutantes que puedan darle clase a nuestros hijos. Entonces viene a asociar la idea de que una persona mutante puede tener una serie de aspectos que pueden ser negativos, negativos de cara a la relación con las personas, que es más o menos lo que yo creo que ha identificado Alumno anterior. ¿Consideráis ese tratamiento correcto o no? ¿Vosotros creéis que todas las mutaciones tienen esa connotación negativa?

-A: Puede alterar un aspecto físico, pero no un aspecto mental, ¿no?. Es decir, puede tener alguna alteración Física, pero sigue funcionando como una persona normal

-A: O que puede tener una alteración pero no tiene porqué ser mala

-P: ¿Estáis de acuerdo en este aspecto? ¿Una mutación nos puede provocar una alteración que no sea negativa?

-A: Sí

-P: Entonces, una persona que sea mutante o un animal que sea mutante no tiene por qué ser ni peligroso, ni negativo, ni nocivo, o siempre que hablamos de un mutante pensamos en una connotación, si no negativa, extraña.

-A: Extraña sí

-P: ¿Qué imagen tenéis de un mutante? Sea persona o sea otro ser vivo. Si yo os digo la palabra mutante, que es lo primero que os viene a la cabeza?

-A: Una persona rara

-P: ¿Que más os viene a la cabeza cuando habláis de mutantes?. Insisto, no tiene por qué ser una persona, alguna imagen que hayáis visto en la tele, en algún libro, en las películas...

-A: Un ser vivo alterado de alguna manera, Física, de color...

-P: Yo sé que a vosotros os gustan mucho los dibujos de los Simpsons, ¿os suena de algo?

-A: El pez de los tres ojos

-P: Un pez con tres ojos, ¿no? Asociáis por ejemplo eso a un mutante?

-A: Sí

-P: ¿Vosotros creéis que yo podría ser mutante?

-A: Internamente sí

-P: ¿Y tú, tu puedes ser mutante?

-A: Internamente si porque no se ve, pero externamente ...

-P: ¿Y qué implicaría que tú fueses mutante internamente? ¿Qué entiendes tú por eso?

-A: Pues no sé, a lo mejor que tengo tres pulmones o ... yo que sé

-P: A un cambio físico interno te refieres, ¿no?

-A: O a lo mejor a alguna función que no se puede hacer bien

-P: ¿Alguna función vital, básica?

-A: Sí

-P: Muy bien...¿cualquiera de nosotros podríamos ser mutantes o creéis que eso es muy complicado?.

-A: Hombre, es complicado, pero ...

-P: Si vosotros llegáis a casa y decís: "mamá, soy mutante", ¿qué creéis que os diría vuestra madre?

-A: Anda nene, calla y come (risas)

-P: Bueno, pasamos a la película de **Parque Jurásico**. ¿Qué podéis comentar sobre esta película? ¿Qué cosas os han llamado la atención?

-A: Cuando crean a los dinosaurios

-P: ¿Y qué concepto habéis visto vosotros ahí?

-A: Herencia Genética

-P: ¿Y qué tratamiento creéis que se le da ahí?

- A: Es correcto, porque han obtenido el ADN de los dinosaurios
- P: Entonces tú crees que siguiendo, más o menos, el proceso que ponen en la película, podríamos nosotros crear un dinosaurio ahora
- A: Si tuviéramos su sangre, su ADN quizá sí.
- P: ¿Alguien está de acuerdo o quiere aportar algo?
- A: Sí, que aparte del ADN de dinosaurio utilizan el ADN de una rana para completar la secuencia de clonación
- P: ¿Y qué concepto habéis visto vosotros en ese momento?
- A: Clonación
- P: ¿Y consideráis que es correcto?
- A: Sí
- P: ¿Estáis de acuerdo los demás? Es decir, si nosotros conseguimos como en la peli sacar la secuencia del ADN de dinosaurio pero no está completa, cogemos ADN de rana y en los huecos que quedan vamos completando y construimos una secuencia completa de ADN de dinosaurio pero con algo de rana. Y a partir de ahí algunos de vosotros pensáis que sería posible “construir” un dinosaurio, ¿no?
- A: Pero no los mismos que había antes
- P: ¿El resultado no va a ser los mismos dinosaurios que había antes?
- A: No, porque no es el ADN completo
- P: Sin embargo en la película sí que te manifiestan que sale, por ejemplo, un tiranosaurio u otros dinosaurios que son reales, es decir, similares a los que había hace millones de años. Entonces tú crees que no estaría correctamente tratado porque al meter otra secuencia de ADN aparecería un dinosaurio, pero con ciertas diferencias con respecto al supuestamente original
- A: Yo pienso que la manera de la que extraen la sangre, aunque pudieran extraerla así, no se conservaría de una manera óptima para poder recoger el ADN y poder insertarlo luego en una rana
- P: O sea, te refieres a que el sistema de extracción de la sangre del dinosaurio no es muy fiable cuando lo sacan del mosquito que está en el ámbar y que ese ADN que obtienen no va a ser fiable para “construir” un dinosaurio.
- A: El mosquito le puede haber picado a dos dinosaurios
- P: Por tanto la sangre que tiene el mosquito es una mezcla de las dos sangres de los dos dinosaurios ¿Y eso que implicaría?
- A: Que saliera algo raro

-P: Eso es interesante. ¿Alguien que haya visto algo más en la película o que quiera comentar alguna cosa más?

-A: Que encuentran huevos de dinosaurio y explican que se podía haber producido un cambio de sexo.

-P: ¿Por qué?

-A: Nosotros hemos puesto que es evolución y hemos puesto que es correcto

-P: Que sí es correcto, a ver Alumno diferente tú qué crees

-A: Yo creo que el científico que vio los huevos le explica que hay una especie de rana africana que puede cambiar su sexo personalizando según ciertas ocasiones y así puede haber cambiado los dinosaurios de sexo y haber hecho así los huevos

-P: Vale la cuestión es la siguiente, recordáis que hay un momento en que preguntan en la peli, ¿vosotros como controláis la reproducción de los dinosaurios? Porque los dinosaurios están por ahí sueltos y se pueden reproducir y si tenemos 40 tiranosaurios eso es un problema, ¿Qué solución le dan en el parque?

-A: Que todos son hembras

-P: Que todos los dinosaurios los hacen hembras con lo cual al ser todas hembras en el campo no se pueden reproducir, sin embargo cuando aparecen los huevos, es lo que dice Alumno anterior, aparecen huevos de dinosaurio y eso cómo es posible si todos son hembras. Le dice el científico: “en un entorno de sexo único algunas raras africanas pueden espontáneamente cambiar de sexo para favorecer la reproducción”. Como el ADN del dinosaurio está completado con ADN de rana, el dinosaurio espontáneamente ha cambiado de sexo. Las que eran hembras algunas se han transformado en macho y de esa forma han podido procrear en la naturaleza La cuestión es, ¿ese concepto que tú hablas de evolución, me parece que has dicho evolución es correcto?

Alumnos: Sí, si han cogido esa parte del ADN de la rana sí.

-A: La evolución se supone que es un proceso lento, volvemos a lo de antes, en un periodo de tiempo aparentemente corto no podría darse un cambio de sexo así.

-P: De forma tan espontanea, que de repente tengas, como decía el niño de la película que los dinosaurios son todo chicas, cómo es posible que de repente aparece un chico. Tú entiendes que el proceso tiene que ser cómo ...

-A: Más lento

- P: Más lento y gradual puesto que la evolución es un proceso largo. Muy bien
- P: ¿Y si las ranas vivieran 100.000 años?
- A: Entonces supuestamente al poder cambiar de sexo sí se podrían reproducir
- P: ¿Con tanto tiempo sí?, como decía tu compañera
- A: Sí, pero entonces tendría que vivir mucho tiempo, eso es complicado
- P: Eso ya es más complicado. Más cosas que hayáis encontrado, ¿habéis encontrado algo en esa escena en que el señor mayor está explicando el proceso por el que fabrican el dinosaurio? ¿Algún grupo ha visto algo que quieran comentar, cuando los sientan en esa especie de cine y le explican con imágenes cuál es la técnica o el proceso que siguen para fabricar, entre comillas al dinosaurio? ¿Habéis encontrado algo interesante, ahí hay imágenes que pueden sugeriros algo?
- P: En principio ya le hemos dado un repaso a todas las pelis ¿alguien quiere comentar algo suelto que le parezca interesante?
- A: No
- P: ¿No? ¿Os parece una forma interesante de aprender o intentar aprender cosas nuevas?
- A: Sí
- P: ¿Alguien quiere decir algo que le haya llamado la atención de esta forma de aprender, que le haya gustado o disgustado?
- P: Nos interesan todas las opiniones que nos podáis dar. A ver sugerencia, alguna cosa ...
- A: Yo pienso que deberíamos haber tenido la definición completa de todos los conceptos y así podríamos haber encontrado pegadas porque muchas veces confundimos los términos y no sabemos muy bien.
- P: ¿Las páginas que os he facilitado de apoyo os han parecido suficientemente claras os han ayudado a entender las cosas?
- A: Había algunas demasiado complejas
- P: Había una que estaba en inglés, pero a parte de esa, la primera que era de cabecera que era del proyecto Esfera os la puse con toda la idea que estaba explicado muy fácil y el resto para completar un poco, incluso en algunos casos aunque este en inglés yo entiendo que uno no puede aspirar a entenderlo todo pero si sacar alguna ideas, entonces ¿a ti te gustaría disponer de los conceptos antes?

-A: Sí, quizás para poder poner las pegas a las películas y ver si están los conceptos bien explicados en la película

-P: Yo quería haceros una pregunta ¿sentís ahora la necesidad de aprender un poquito más de Genética, para saber si lo que habéis predicho es cierto o no? Porque alguno habéis dicho pues sí, pues no, pero no sé muy bien por qué.

Alumnos: Sí, nos quedamos con duda

-P: ¿Os quedáis con duda?

-P: ¿Os parece una buena opción?, cuando uno ve una película uno tiene el objetivo de disfrutar y pasar un buen rato, pero ¿os parece una buena opción para que podamos visualizar las películas de una forma más crítica? ¿De que seamos más capaces de filtrar un poco más la información que nos mandan las películas, bueno o series o anuncios, para visualizarlo de una forma más crítica?

-A: Sí claro, para a la hora de verlas decir eso no es verdad.

-P: O sí es verdad o ser capaces de decir esto que me están contando está muy bien para pasar un rato pero es un rollo porque realmente no puede ser cierto y no puede condicionar a la hora de que yo tengo una formación o idea sobre estas cosas. ¿Os parece una forma interesante de visualizarlo?

Alumnos: Sí

-P: Muy bien, ya está todo. Muchas gracias por vuestra ayuda y colaboración, de todas formas ahora iremos avanzando en el tema, algunas cosas que hemos visto las iremos saltando y cuando acabemos el tema 5 que es de evolución os volveremos a pasar el test que hicimos, para que si vosotros consideráis que tenéis que modificar alguna idea se modifica alguna respuesta y que veamos si con esta actividad y un poquito que veamos en clase vosotros vais modificando y vais aprendiendo y entendiendo las cosas un poco mejor, en cualquier caso siempre cualquier duda que queda al final del proceso, al final de estos cinco primeros temas, cualquier cosas que no haya quedado clara se vuelve a explicar, se repasa y la idea es que os vayáis con las cosas bien claritas

-P: Bueno chicos muchas gracias.

PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Artículos – Genética y ESO:

- Abril, A. M. y Muela, F. J. (2014) Significados sobre Genética transmitidos por el cine y la educación formal. Aceptado con modificaciones. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*.
- Muela, F. J. y Abril, A. M. (2014). Genetics and cinema: personal misconceptions that constitute obstacles to learning. *International Journal of Science Education* , 4(3), 260-280.
- Abril, A. M. y Muela, F. J. (2013). La Genética en el cine y los obstáculos para su aprendizaje formal. *Enseñanza de las Ciencias* (Número Extra). congres.manners.es/congres_ciencia/gestio/creacioCD/cd/articulos/art_400.pdf (Último acceso, 23 de julio de 2014)

Artículos – Otros:

- Mayoral, M. V., Abril, A. M. y Muela, F. J. (2004) Iniciación a la micología: Propuesta didáctica para principiantes. *Lactarius*, 13, 55-62.
- Mayoral, M. V., Muela, F. J. y Abril, A. M. (2003) La actividad biológica de las levaduras: Una propuesta didáctica. *Lactarius*, 12, 30-34.
- Muela, F. J., Mayoral, M. V. y Abril, A. M. (2003) Propuesta de unidad didáctica para Educación Secundaria Obligatoria: Los Hongos. *Lactarius*, 12, 25-29.
- Abril, A. M., Muela, F. J. y Mayoral, M. V. (2003) La asociación micológica *Lactarius* como vehículo de Educación Ambiental no formal. *Lactarius*, 11, 48-51.
- Mayoral, M. V., Abril, A. M. y Muela, F. J. (2002) Pautas didácticas

para el conocimiento de los hongos filamentosos. *Lactarius*, 11, 34-42.

- Muela, F. J., Mayoral, M. V. y Abril, A. M. (2002) Una propuesta de actividad práctica para Alumnos de Educación Primaria: Los Hongos. *Lactarius*, 11, 42-47.

Congresos:

- Abril, A. M. y Muela, F. J. (2014) El análisis crítico de películas con contenido genético facilita la superación de ideas previas. XXVI Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva, España. 978-84-16061-31-0
- Abril, A. M., Muela, F. J., Mayoral, M. V. y Contreras, M. What do the obligatory secondary education students know on Genetics? (2008) International Conference on education, research and innovation (ICERI), Madrid, España. ISBN: 978-84-612-5091-2.
- Abril, A. M., Muela, F. J. y Mayoral, M. V. (2003) Concepciones sobre Genética y Biología Molecular a través de los medios de comunicación. Congreso sobre Formación Inicial del Profesorado en Medios de Comunicación Social, Jaén, España. ISBN: 84-95233-76-2.
- Abril, A. M., Mayoral, M. V. y Muela, F. J. (2003) Los medios de comunicación social y la Didáctica de la Genética y la Biología Molecular en ESO. Congreso La Nueva Alfabetización: Un reto para la Educación del Siglo XXI, Madrid, España. ISBN: 84-85578-17-1.
- Abril, A. M., Muela, F. J. y Quijano, R. (2002) Herencia y Genética: Concepciones y conocimientos de los Alumnos (1ª fase). XX Encuentros de Didáctica de las Ciencias Experimentales. La Laguna, España. ISBN: 607-5317-A. 607-5318-2. 607-5319-0.

