



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Análisis de los conocimientos e ideas previas sobre Genética de alumnos que comienzan 4º de ESO comparados con los de alumnos de 1º de Bachillerato.

Presentado por: Jesús Miguel Estébanez Alonso
Línea de investigación: Breve investigación sobre aspectos concretos de la especialidad
Director/a: Vanessa P. Moreno Rodríguez

Ciudad: Orihuela (Alicante)
Fecha: 15 de mayo de 2014

RESUMEN

La Genética está cada día más presente en la vida de las personas. La aplicación de los avances en este campo permite el diagnóstico y tratamiento tempranos de enfermedades, la producción de alimentos transgénicos, la obtención de productos utilizando organismos modificados genéticamente como bebidas alcohólicas, lácteos, materiales con características deseadas, etc. Términos genéticos como gen, ADN o mutación, aparecen en libros, revistas, conversaciones cotidianas, en las noticias, en el cine, y no siempre con el rigor necesario para un tema que afecta tan directamente a la gente. Por lo tanto, cobra una gran importancia dotar a las personas de una buena base en el conocimiento de los temas de herencia biológica.

En la actualidad, la educación debe basarse en la adquisición de competencias y para ello se considera el modelo constructivista como el más adecuado, fundamentado en que el alumno aprende a partir de las ideas que ya tiene. En este trabajo se pretende averiguar la naturaleza y el origen de las ideas previas o preconcepciones sobre Genética que los alumnos presentan antes de que tengan su primer contacto académico con estos contenidos. También, se busca conocer la metodología utilizada para impartir la Genética en clase así como, comprobar los resultados obtenidos analizando las ideas y conocimientos que presentan los alumnos después de haber tratado estos temas. Por último, se aportará una propuesta de mejora para la enseñanza de la Genética.

PALABRAS CLAVE

Ideas previas, Constructivismo, Genética, Educación Secundaria

ABSTRACT

Genetics is increasingly present in the life of people. The application of developments in this field allows the early diagnosis and treatment of diseases, production of genetically-modified foods, obtaining products using genetically modified organisms such as alcoholic drinks, dairy products, materials with desired characteristics, etc. Genetics terms such as gene, DNA, mutation, appear in books, magazines, daily conversations, in the news, in movies, and not always with the necessary rigor to a subject that affects people so directly. Therefore, it becomes very important to provide people with a good foundation in the knowledge of biological inheritance issues.

Today, education is based on the constructivist model, based on which the student learns from the ideas he already has. This paper aims to ascertain the nature and origin of the previous ideas or preconceptions about Genetics that students have before they have their first academic contact with this content. Also, it seeks to know the methodology used to teach Genetics in class and to check the results obtained by analyzing the ideas and knowledge that the students have after having addressed these issues. Finally, a proposal to improve the teaching of Genetics will be made.

KEY WORDS

Previous ideas, Constructivism, Genetics, Education, Middle School

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
1.1 JUSTIFICACIÓN.....	5
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
2.1. OBJETIVOS.....	7
3. MARCO TEÓRICO.....	8
3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8
3.1.1 Modelo constructivista.....	8
3.1.2 Enseñanza de las ciencias	11
3.1.3 Enseñanza de la Genética.....	14
3.1.4 Justificación legal.....	15
3.1.5 Nociones básicas de Genética	17
4. MATERIAL Y MÉTODOS	19
4.1 METODOLOGÍA.....	19
4.1.1 Metodología cualitativa.....	19
4.1.2 Metodología cuantitativa	20
5. RESULTADOS Y ANÁLISIS	23
5.1 RESULTADOS DEL PRIMER CUESTIONARIO	23
5.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO CUESTIONARIO.....	27
5.3 DISCUSIÓN DE LOS CUESTIONARIOS	32
5.4 ENTREVISTAS A LAS PROFESORAS.....	34
6. PROPUESTA PRÁCTICA.....	36
6.1 Propuesta de recursos TIC a utilizar en el aula	36
6.2 Evaluación de los recursos TIC al finalizar el curso.....	37
7. CONCLUSIONES	38
8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA	40
9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	40
10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
11. ANEXOS.....	45

1. INTRODUCCIÓN

1.1 JUSTIFICACIÓN

• Justificación teórica

La Genética, dentro de la Biología, es uno de los campos que más ha avanzado en las últimas décadas, teniendo gran repercusión en los medios de comunicación y despertando así un creciente interés en la sociedad (Domènech, Besson, Merlo, Puigcerver y Solé, 2012). Nuevas técnicas de Ingeniería Genética unidas a los avances tecnológicos de estos últimos años aplicados a la producción de alimentos, especialmente en la agricultura, permiten una mucha mayor eficiencia (Coral, 2006). En el campo de la salud, el progreso en Biotecnología e Ingeniería Genética ha permitido avanzar en la detección temprana de enfermedades, diseño de tratamientos, así como obtención de fármacos (Reguero, 2011). También, estas técnicas, tienen un importante papel en el ámbito civil y penal, en la detección de personas implicadas en delitos y en pruebas de parentesco (Lorente, Vega y Rosas, 2007).

Paralelamente a estos avances han surgido opiniones en contra de traspasar ciertos límites éticos, morales y/o religiosos con estas prácticas, así como también posturas que advierten del peligro para la salud como en el caso de la producción de alimentos transgénicos, desconociendo en muchos casos la naturaleza de las técnicas utilizadas o el minucioso control que soportan estos alimentos (Vidal, 2004).

Como se está viendo, la Genética cada vez está más presente en la vida cotidiana. Aparece en series, películas, libros, prensa, incluso en conversaciones entre amigos y familiares. Se manejan términos genéticos (ADN, gen, cromosoma, clon, mutación, etc.) muchas veces sin rigor científico, favoreciendo la formación de ideas, opiniones, prejuicios positivos y negativos, en muchos casos equivocados (Abril, Mayoral y Muela, 2003).

• Justificación personal

Una sociedad democrática, en la que se toman decisiones entre todos, debe estar bien formada en los principales temas que le afectan, y la Genética sin duda es uno de ellos. Por ello, se hace muy necesaria una buena educación básica de la Genética en la escuela y ésta es la razón principal que impulsa la realización de este trabajo.

En primer lugar, se necesita saber cuál es el punto de partida, y éste se encuentra en las ideas previas con las que inevitablemente llegan los alumnos a su primer contacto con la Genética en 4º de ESO. Partiendo de estas ideas los alumnos irán construyendo los nuevos conocimientos, según el modelo constructivista, que es el más aceptado y el que

se sigue en este trabajo. Estas ideas previas servirán de base para conectar con nuevos conocimientos, produciéndose un aprendizaje significativo, pero como se ha visto anteriormente las ideas previas pueden ser erróneas o no adecuadas en el ámbito científico, por lo que se deberán moldear o cambiar por otras recurriendo a lo que se denomina cambio conceptual. Difícil tarea, en muchos casos, ya que estas preconcepciones suelen estar muy arraigadas en la mente del alumno.

Además, este trabajo no solo busca conocer el punto de partida de los alumnos, sino el modo en que se transmiten los nuevos conocimientos de Genética en clase. Las metodologías, estrategias y recursos que mejor funcionan con el propósito de que el proceso de enseñanza-aprendizaje sea lo más efectivo posible. Así como también, analizar si los contenidos de Genética en 4º de ESO son los más adecuados.

Para la consecución de lo anterior, una buena medida sería analizar y comparar las ideas previas sobre Genética de los alumnos antes de cursar 4º de ESO con las ideas que tienen una vez tratados los temas de Genética a la conclusión de ese curso.

Con todo esto el presente trabajo de investigación pretende encontrar respuestas a cuestiones de gran interés como: qué es lo que se está haciendo bien (o mal), qué se puede mejorar o qué se puede añadir en lo relativo a la enseñanza-aprendizaje de la Genética en la educación secundaria.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1. OBJETIVOS

- **Objetivo general**

Con este trabajo de investigación se pretende analizar el grado de conocimiento de los alumnos sobre Genética antes y después de cursar la materia de Biología y Geología de 4º de ESO.

- **Objetivos específicos**

- Determinar los preconceptos o ideas previas sobre Genética de los alumnos de 4º de ESO, así como la influencia del contexto (familiar, social, medios de comunicación) en la formación de éstas.
- Analizar los procedimientos metodológicos seguidos por el profesor titular de la muestra a estudio seleccionada al impartir los temas de Genética en 4º de ESO.
- Comprobar el grado de adquisición de conocimiento de esta materia una vez cursado 4º de ESO.
- Realizar una propuesta didáctica de recursos que favorezcan la adquisición de conocimiento en esta materia.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1.1 Modelo constructivista

La idea central del construccionismo proviene justo de su significado, el verbo construir del latín *construere* (RAE, 2013) ‘arreglar’ o ‘dar estructura’. Según el constructivismo, el aprendizaje humano se construye, las personas elaboran nuevos conocimientos basándose en ideas que ya poseen de experiencias anteriores (Hernández Requena, 2008), conocimientos activamente contruidos en la interacción con el mundo social (Gutiérrez, Arieta y Meleán, 2012).

El término constructivismo no es un concepto simple, ”encierra una confusa polisemia y sirve para englobar un numeroso grupo de teorías psicológicas y pedagógicas de diferentes bases conceptuales e inclusive filosóficas. Es ilusorio y falaz hablar de construccionismo en singular” (Coll, 1994,1996, citado en Herrera y De la Uz, 2010, p.7).

Entre los diferentes enfoques constructivistas destacan los representados por las teorías de Jean Piaget, Lev Vygotsky y David Ausubel (Carretero, 1997):

- **Teoría Psicogenética de Piaget**

Según esta teoría, el sujeto posee unas estructuras cognitivas previamente construidas con las que asimila la llegada de nuevos conocimientos. Estas estructuras, desde el nacimiento, van transformándose con el tiempo y la influencia del medio (Moreno y Waldegg, 1998), aumentando las capacidades cognitivas hasta la edad adulta. Este desarrollo se divide en cuatro periodos (Duek, 2010):

- 1) Sensorio-motor (0-2 años): Construcción de los primeros esquemas de asimilación. Relación sensorial y motora con el ambiente.
- 2) Pre-operacional (2-7 años): Consolidación del lenguaje. Periodo fundamentado en la imitación y asimilación.
- 3) Operaciones concretas (7-12 años): Capaz de operaciones lógicas pero no abstractas.
- 4) Operaciones formales (a partir de 12 años): capacidad de pensamiento lógico y formal, de realizar operaciones abstractas y razonamiento hipotético-deductivo.

Piaget (1977), citado en Marín, Jiménez y Benarroch (1997), explica que el aprendizaje se produce al integrar la nueva información en la “estructura cognoscitiva, mediante la participación de uno o varios esquemas ya existentes por procesos de asimilación y acomodación” (p.219).

- **Constructivismo social o Teoría sociocultural de Vygotsky**

Esta teoría, sin negar la contribución genética, incide más sobre la importancia del ambiente en la construcción del conocimiento, que estará determinado por la sociedad y la cultura donde se desarrolle el sujeto. Se considera el aprendizaje como una actividad social más que individual (Carretero, 1997). La forma de aprender será distinta en función de dónde se desarrolle el niño, del ambiente en el que viva, es la interacción social el factor más importante en la generación de conocimiento.

Vygotsky dio un importante papel al lenguaje en la construcción del conocimiento, necesario, junto al pensamiento, para la generación de conceptos y posterior transmisión. El niño comienza a usar el lenguaje no solo para comunicarse con el exterior sino como medio para pensar (Vygotsky, 1984).

- **Teoría del aprendizaje significativo de Ausubel**

Las ideas preponderantes de los últimos treinta años en pedagogía están basadas en el constructivismo, el cambio conceptual y el aprendizaje significativo, planteado por Ausubel, que defendía que el aprendizaje es una actividad significativa para quien aprende, produciéndose una conexión entre el nuevo conocimiento y el que ya posee el alumno (Carretero,1997), estableciéndose vínculos intencionados (Ayuso y Banet, 2002).

A veces la idea previa que posee el alumno no es adecuada para construir sobre ella los nuevos conocimientos, por lo que debe ser modificada (Banet, 2003), es lo que se denomina cambio conceptual. Éste en ocasiones, es muy difícil de llevarse a cabo debido al gran arraigo que presentan algunas ideas previas en los alumnos.

Las condiciones necesarias para que se dé aprendizaje significativo son las siguientes (Coll y Solé, 1989):

- El contenido a aprender ha de ser coherente para el alumno.
- El alumno debe tener los conocimientos previos necesarios para acoger o anclar el nuevo conocimiento.
- La actitud del alumno ha de ser positiva, ha de querer aprender.

Ausubel resume su teoría con este principio: “El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe. Averígüese esto y enséñese consecuentemente” (Ausubel, 1983, p.2).

Estas tres teorías tienen en común que no es posible un conocimiento objetivo de la realidad (Castellano, 2011), sino que es el individuo quien construye el conocimiento (Serrano y Pons, 2011), no teniendo, el que aprende, una actitud pasiva como mero receptor en el proceso de aprendizaje (Suárez, 2012).

Los principios metodológicos del modelo constructivista aplicados a la práctica educativa según Carretero (1997), pueden resumirse como sigue:

1. Partir del nivel de desarrollo del alumno.
2. Asegurar la construcción de aprendizajes significativos.
3. Posibilitar que los alumnos realicen aprendizajes significativos por sí solos.
4. Procurar que los alumnos modifiquen sus esquemas de conocimiento.
5. Establecer relaciones entre el nuevo conocimiento y los esquemas de conocimiento ya existentes. (p.23)

En la Tabla 1 se expone brevemente lo que se espera del profesor y de los alumnos así como los objetivos a obtener en el modelo de enseñanza constructivista, presentado aquí en cuatro fases: Iniciación, Desarrollo, Aplicación de conocimientos y Revisión de aprendizaje.

Tabla 1. Sugerencias para desarrollar una secuencia de enseñanza de orientación constructivista

Fases	Objetivos	Papel del profesor	Papel del alumno
Iniciación	-Interesar a los estudiantes por los contenidos. -Explicitar e intercambiar ideas. -Orientar sobre los contenidos a desarrollar.	-Fomentar el trabajo individual y en grupo. -Organizar el trabajo en el aula y coordinar las puestas en común. -Informar sobre los contenidos a desarrollar.	-Trabajar de forma individual o en grupo. -Explicitar y clarificar sus ideas en relación con las situaciones que se plantean y participar en las puestas en común. -Elaborar material escrito.
Desarrollo	-Clarificar e intercambiar ideas. -Promover el conflicto cognitivo. -Facilitar la construcción de nuevos conocimientos por sustitución, reestructuración o ampliación de los conocimientos iniciales.	-Planificar las actividades de enseñanza y proporcionar los materiales adecuados. -Aportar explicaciones sobre los contenidos y sobre las instrucciones pertinentes a cada situación. -Colaborar y ayudar en el desarrollo de los trabajos prácticos.	-Reflexionar sobre las situaciones de conflicto planteadas por el profesor. -Atender a las explicaciones e instrucciones. -Participar en las actividades. Elaborar informes, conclusiones, etc.
Aplicación de conocimientos	-Consolidar aprendizajes. -Ampliar su significado, aplicándolos a nuevas situaciones. -Identificar y tratar de solucionar ciertas dificultades de aprendizaje.	-Actuar como orientador en el desarrollo de las actividades de enseñanza. -Proporcionar la información adicional que estime pertinente. -Prestar especial atención a los estudiantes que tienen problemas de aprendizaje.	-Trabajar de forma individual o en grupo en las distintas actividades. -Analizar los resultados de las mismas, establecer las conclusiones pertinentes y elaborar los informes correspondientes.
Revisión de aprendizaje	-Hacer conscientes a los alumnos de lo que han aprendido.	-Dirigir la atención de los alumnos sobre el análisis del cambio en sus ideas y destacar los aspectos más significativos del mismo.	-Comparar los conocimientos adquiridos con los iniciales y establecer las diferencia más destacadas entre ellos.

Extraída de Driver, 1986, 1988, citado en Ayuso y Banet, 2002

3.1.2 Enseñanza de las ciencias

Cuando se aborda el tema de la enseñanza de ciencias en la escuela hay que tener en cuenta la visión que se tiene en nuestra sociedad de la ciencia. Ésta no es apreciada como un aspecto más de la cultura general de cualquier persona, como puede ser la literatura, sino que se ve como un campo acotado solo a especialistas y a científicos. Según Jiménez Aleixandre (2003) sería conveniente favorecer en clase la consideración de los conocimientos científicos como parte de la cultura.

En opinión de Pujol (2002, citado en Morón, H., Morón, M., Wamba y Jiménez, 2011) “los conocimientos científicos se integran en el saber humanístico ya que forman parte de la cultura básica de todos los ciudadanos. Esto pone de relieve la necesidad de tratar las ciencias desde un enfoque integrador...” (p.58).

Para que pueda producirse entre profesores y alumnos el proceso de enseñanza-aprendizaje, esquematizado en la Figura 1, es necesario plantearse dos aspectos:

- Qué aprender (contenidos)
- Cómo aprender (Sistema didáctico)

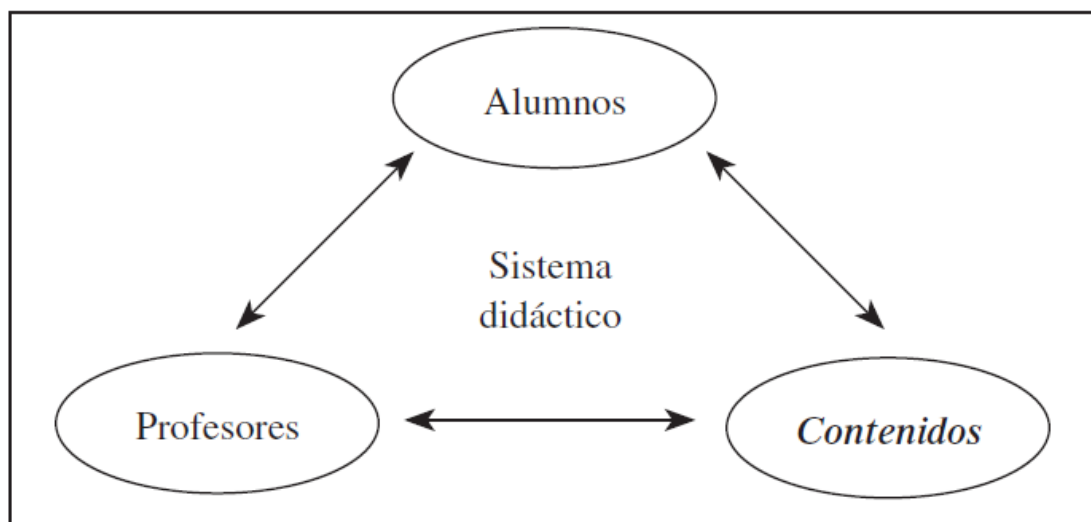


Figura 1: Didáctica de las ciencias (Izquierdo, 2005)

Los contenidos de la enseñanza pueden ir cambiando en función de los objetivos de aprendizaje. La adecuada selección de estos es una de las dificultades propias de la didáctica de las ciencias (Rué, 2002 citado en Izquierdo, 2005).

Izquierdo (2005) distingue las siguientes dimensiones a la hora de seleccionar los contenidos:

- **Dimensión social:** se buscan contenidos que permitan una ciencia útil y que llegue a toda la sociedad, no solo a los niveles más especializados.
- **Dimensión humanista:** la ciencia debe estar dirigida a las personas y estar sujeta a los valores humanos. Priorizar la sabiduría sobre el enciclopedismo.
- **Dimensión económica:** los formatos en los que presentan los contenidos científicos, libros, revistas, películas, exposiciones en museos, conferencias, etc. favorecen la compra-venta de los conocimientos científicos.
- **Dimensión política:** se busca homologar y flexibilizar los conocimientos a nivel europeo, cuidando la diversidad cultural.
- **Dimensión de futuro o el síndrome ‘siglo XXI’:** necesidad de adaptarse a los nuevos tiempos utilizando los recursos y las nuevas tecnologías para transmitir los conocimientos.

- **¿Cómo enseñar contenidos?**

En referencia a cómo enseñar/aprender los contenidos seleccionados hay una serie de características propias del campo de las ciencias. Son muy utilizados en ciencias recursos como fotografías, dibujos o modelos, que muestran o imitan procesos o estructuras del mundo que nos rodea sin necesidad de salir clase. Estos recursos son muy adecuados para que el profesor o profesora se apoye en ellos para impartir la lección. No obstante, para un buen aprendizaje de la ciencia es imprescindible una actitud activa del alumno, una actitud que le lleve a aprender a hacer ciencia, es decir, a desarrollar “ciertas habilidades de investigación, de comunicación...que caracterizan a la actividad científica” (Banet, 2003, p.19). Es propio de este campo educativo la realización de trabajos prácticos o la resolución de problemas sobre los contenidos estudiados. Bunge (1983, citado en Oñorbe, 2003) ofrece una buena definición de problema.

Un problema es toda dificultad que no puede superarse automáticamente sino que requiere la puesta en marcha de actividades orientadas hacia su resolución. El problema se considera científico cuando debe utilizar teorías o conceptos de la ciencia y se estudia mediante métodos científicos, con el objetivo primario de incrementar los conocimientos. (p.75)

1) Aprendizaje basado en problemas

Esta técnica de enseñanza basada en la resolución de problemas puede ser muy efectiva si se utiliza correctamente. Facilita la comprensión e integración de los conocimientos teóricos por parte de los alumnos, ya que deberán aplicarlos en la resolución de los problemas. Además, se produce un aumento de interés y motivación cuando los alumnos descubren la utilidad de lo que aprenden teóricamente (Campanario y Moya, 1999).

Sin embargo, no siempre se obtiene el éxito esperado, a veces el alumno encuentra grandes dificultades con esta forma de aprender. En Gil, Carrascosa, Furió y Martínez (1991) se resumen en tres puntos las causas de que ocurra esto:

- 1) Carencia de conocimientos teóricos.
- 2) Poco dominio de las matemáticas.
- 3) Incomprensión del enunciado.

2) Prácticas

Si cabe, aún más característico en la enseñanza de las ciencias, es la realización de prácticas que acercan al alumno a los contenidos estudiados y le permite en muchas ocasiones una mayor comprensión. En Caamaño (2003) se explicita una serie de razones por las que las prácticas son consideradas las actividades más importantes en la enseñanza de las ciencias:

- Motivan al alumnado.
- Permiten un conocimiento vivencial de muchos fenómenos.
- Permiten ilustrar la relación entre variables significativas en la interpretación de un fenómeno.
- Pueden ayudar a la comprensión de conceptos.
- Permiten realizar experimentos para contrastar hipótesis emitidas en la elaboración de un modelo.
- Proporcionan experiencia en el manejo de instrumentos de medida y en el uso de técnicas de laboratorio y de campo.
- Permiten acercarse a la metodología y los procedimientos propios de la indagación científica.
- Constituyen una oportunidad para el trabajo en equipo y el desarrollo de actitudes y la aplicación de normas propias del trabajo experimental: planificación, orden, limpieza, seguridad, etc. (p.96)

3.1.3 Enseñanza de la Genética

Los avances en el conocimiento de la Genética y en las técnicas de Ingeniería Genética cada vez tienen mayor impacto en la sociedad, en ámbitos tan importantes como los de la salud (Reguero, 2011) o de la justicia en la identificación de personas (Lorente et al., 2007); permitiendo además al Ser Humano conocerse más a sí mismo y lo que le rodea.

Los contenidos relacionados con la herencia biológica han tenido una gran importancia dentro de la enseñanza de la Biología en las últimas décadas. Su conocimiento permite al alumnado reconocer y valorar las aportaciones de la ciencia en la mejora de la vida de las personas y ver el conocimiento científico como un proceso de continua construcción (Abril et al., 2003).

En los tres primeros cursos de ESO los contenidos sobre Genética tratados en clase son mínimos, es en 4º de ESO cuando realmente se abordan estos temas con cierta profundidad. El hecho de que sea tan tardío este primer contacto con la Genética hace que los alumnos hayan tenido tiempo de adquirir numerosas ideas sobre estos temas, en cuya formación parece tener un papel fundamental el ambiente cultural en que vive el alumno (Fontes y Duarte, 1992).

Gran parte de estas ideas previas son afirmaciones basadas en creencias populares que han ido incorporándose al lenguaje cotidiano, que en muchos casos no coinciden con las que se encuentran en el ambiente escolar, siendo difíciles de superar debido a su fuerte arraigo en los alumnos (Hackling y Treagust, 1984 citado en Caballero, 2008).

Como es sabido el alumno no vive aislado, todo lo que le rodea puede influir en él, en sus ideas. La Figura 2 muestra diferentes ambientes en los que el alumno puede adquirir las ideas previas de Genética.

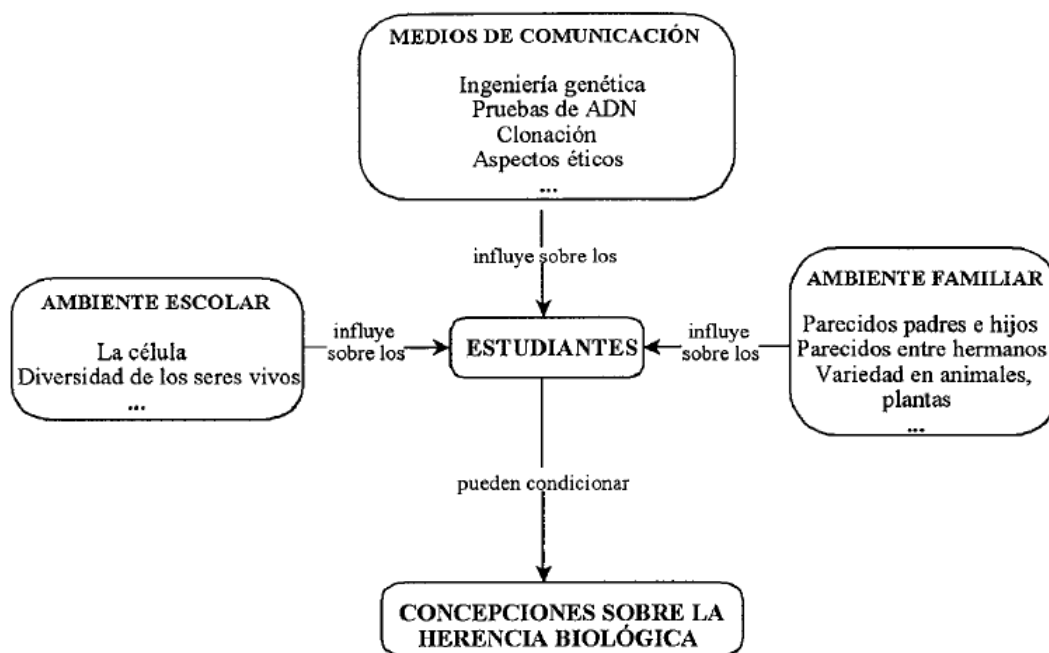


Figura 2. Factores que pueden influir en las concepciones de los estudiantes sobre la herencia biológica (Ayuso y Banet, 2002)

3.1.4 Justificación legal

La importancia de la ciencia en el sistema educativo español se ve reconocida en el capítulo III, artículo 23 de la LOE (Ley Orgánica de Educación, 3 de mayo de 2006) donde entre los objetivos de la Educación Secundaria Obligatoria se puede leer:

- e) 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.
- f) 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. (p. 17169)

La enseñanza de las Ciencias de la Naturaleza en la etapa de la educación secundaria pretende la consecución de una serie de objetivos especificados en el anexo II del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre:

1. Comprender y utilizar las estrategias y los conceptos básicos de las ciencias de la naturaleza para interpretar los fenómenos naturales.
2. Aplicar, en la resolución de problemas, estrategias coherentes con los procedimientos de las ciencias.
3. Comprender y expresar mensajes con contenido científico utilizando el lenguaje oral y escrito con propiedad.
4. Obtener información sobre temas científicos, utilizando distintas fuentes, incluidas las tecnologías de la información y la comunicación.
5. Adoptar actitudes críticas fundamentadas en el conocimiento para analizar, individualmente o en grupo, cuestiones científicas y tecnológicas.
6. Desarrollar actitudes y hábitos favorables a la promoción de la salud personal y comunitaria.
7. Comprender la importancia de utilizar los conocimientos de las ciencias de la naturaleza para satisfacer las necesidades humanas y participar en la necesaria toma de decisiones en torno a problemas locales y globales a los que nos enfrentamos.
8. Conocer y valorar las interacciones de la ciencia y la tecnología con la sociedad y el medio ambiente.
9. Reconocer el carácter tentativo y creativo de las ciencias de la naturaleza, así como sus aportaciones al pensamiento humano a lo largo de la historia. (p. 693)

Además las Ciencias Naturales contribuyen de forma importante a la adquisición de las competencias básicas que los alumnos deben alcanzar al finalizar la Educación Secundaria Obligatoria. Son aquellas competencias que debe haber desarrollado un alumno o alumna al finalizar la enseñanza obligatoria para poder lograr su realización personal, ejercer la ciudadanía activa, incorporarse a la vida adulta de manera satisfactoria y ser capaz de desarrollar un aprendizaje permanente a lo largo de la vida (anexo I del Real Decreto 1631/2006, de 29 de diciembre). Principalmente la materia de Biología y Geología contribuye a la adquisición de la competencia en el conocimiento y en la interacción con el mundo físico, participando también de manera transversal en la adquisición de las demás competencias.

El presente estudio está centrado en la enseñanza de la Genética, que se aborda por primera vez en 4º de ESO en la materia de Biología y Geología. En la Tabla 2, extraídos del anexo II del Real Decreto 1631/2006, se presentan los contenidos específicos de esta temática así como los criterios de evaluación para valorar el grado de adquisición de las competencias básicas y el de consecución de los objetivos.

Tabla 2. Contenidos y criterios de evaluación relacionados con la Genética.

CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
<p>Bloque 3. La evolución de la vida.</p> <p>La célula, unidad de vida.</p> <ul style="list-style-type: none"> - La teoría celular y su importancia en Biología. La célula como unidad estructural y funcional de los seres vivos. -Los procesos de división celular. La mitosis y la meiosis. Características diferenciales e importancia biológica de cada una de ellas. -Estudio del ADN: composición, estructura y propiedades. Valoración de su descubrimiento en la evolución posterior de las ciencias biológicas. -Los niveles de organización biológicos. Interés por el mundo microscópico. -Utilización de la teoría celular para interpretar la estructura y el funcionamiento de los seres vivos. <p>La herencia y la transmisión de los caracteres:</p> <ul style="list-style-type: none"> -El mendelismo. Resolución de problemas sencillos relacionados con las leyes de Mendel. -Genética humana. La herencia del sexo. La herencia ligada al sexo. Estudio de algunas enfermedades hereditarias. -Aproximación al concepto de gen. El código genético. Las mutaciones. -Ingeniería y manipulación genética: aplicaciones, repercusiones y desafíos más importantes. Los alimentos transgénicos. La clonación. El genoma humano. -Implicaciones ecológicas, sociales y éticas de los avances en biotecnología genética y reproductiva. 	<ul style="list-style-type: none"> - Reconocer las características del ciclo celular y describir la reproducción celular, señalando las diferencias principales entre meiosis y mitosis, así como el significado biológico de ambas. - Resolver problemas prácticos de Genética en diversos tipos de cruzamientos utilizando las leyes de Mendel y aplicar los conocimientos adquiridos en investigar la transmisión de determinados caracteres en nuestra especie. - Conocer que los genes están constituidos por ADN y ubicados en los cromosomas, interpretar el papel de la diversidad genética (intraespecífica e interespecífica) y las mutaciones a partir del concepto de gen y valorar críticamente las consecuencias de los avances actuales de la ingeniería genética.

Fuente: Elaboración propia

3.1.5 Nociones básicas de Genética

Con el propósito de comprender algunos de los conceptos que aparecen en los cuestionarios y por tanto en los resultados, se expone a continuación una breve introducción de los principios fundamentales de la Genética, basada en los contenidos del libro utilizado por los alumnos del estudio (Los caminos del saber, ed. Santillana).

Las características propias de cada ser vivo están determinadas por su ADN (ácido desoxirribonucleico), molécula portadora de la información genética, cuya expresión, influenciada por el ambiente, determinará la naturaleza y las características de todo organismo vivo. El ADN se organiza en dos largas cadenas entrelazadas en forma de doble hélice y se encuentra almacenado en el núcleo de las células formando unas estructuras llamadas cromosomas. El número de cromosomas es propio de cada especie, por ejemplo, el Ser Humano tiene 46 cromosomas, 23 aportados por el óvulo (célula sexual femenina) y los otros 23 por el espermatozoide (célula sexual masculina) en el momento de la unión de éstos (fecundación). De estos 46 cromosomas que poseen todas las células del organismo (excepto los gametos, que poseen la mitad), 2 de ellos son los denominados cromosomas sexuales, el cromosoma X y el cromosoma Y. Estos

cromosomas están implicados en la determinación del sexo. En el caso del Ser Humano si el par de cromosomas es XX se tratará de una mujer y si es XY de un hombre.

Componentes fundamentales del ADN son las bases nitrogenadas: adenina (A), timina (T), guanina (G) y citosina (C) que se disponen formando una larga sucesión. Toda la información genética está contenida en la infinidad de diferentes combinaciones de estas 4 'letras' a lo largo de las cadenas de ADN.

Pero como se ha dicho, el ADN es información, por lo que necesita algo que actúe por él y ese papel lo cumplen las proteínas. Cada trocito de cadena de ADN capaz de formar una proteína recibe el nombre de gen. Cada especie tiene un número determinado de genes que conforman su genoma, por ejemplo el Ser Humano, cuyo genoma fue secuenciado por completo en el año 2001, contiene aproximadamente 25000 genes.

Esta información genética así codificada y almacenada en cada una de las células de todo ser vivo se transmite de generación a generación. Los seres vivos heredan las características de sus progenitores codificadas en los genes.

La transmisión de la información genética suele ocurrir sin modificaciones, pero en ocasiones se producen cambios, estos cambios se denominan mutaciones. Las mutaciones pueden ser inducidas artificialmente mediante agentes físicos, como radiaciones o químicos, como fármacos. Sin embargo, suelen darse de forma natural y al azar, siendo una fuente de variabilidad genética y el motor de la evolución de las especies desde el inicio de la vida en la Tierra, hace miles de millones de años.

El progreso en el saber científico ha llevado al Ser Humano no solo a conocer cada vez mejor el funcionamiento de los procesos propios de la herencia biológica, sino que hoy en día es capaz de manipular el ADN de un ser vivo para conseguir un determinado objetivo, a esta técnica se le denomina Ingeniería Genética y tiene numerosas aplicaciones entre las que destacan:

- Obtención de fármacos: organismos modificados genéticamente son capaces de sintetizar sustancias difíciles de obtener de manera natural. Algunas de estas sustancias son: insulina, proteínas de coagulación de geles, suero sanguíneo (para hemofílicos) y vacunas.
- Mejoras en la producción agrícola y animal, como el aumento del valor nutritivo de plantas cultivables o lograr un crecimiento más rápido en animales.
- Terapia génica: tratamiento de enfermedades causadas por una alteración genética, como puede ser la diabetes o el Parkinson.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 METODOLOGÍA

4.1.1 Metodología cualitativa

Esta metodología consiste en la recogida de datos relevantes de lo hecho en la materia tratada hasta el momento de la realización de la presente investigación, una recopilación de teorías, puntos de vista y conclusiones de diferentes autores (Martínez, 2006).

Para la realización de este trabajo se ha consultado distintas obras publicadas, libros, revistas, artículos, páginas webs, que tratan sobre el tema de estudio. Como principales fuentes de información se ha utilizado los buscadores de tres bases de datos: Dialnet, Biblioteca virtual UNIR y Google académico. Son recursos gratuitos con los que se puede encontrar una gran cantidad de documentos de acceso libre. En la Tabla 3 se puede ver los resultados obtenidos en cada buscador introduciendo las mismas palabras clave. Se dio prioridad a los documentos publicados en los últimos 10 años, aunque después se amplió este margen, al descubrir obras de calidad de años anteriores. También se prioriza libros y artículos frente a blog, trabajos o páginas con información no suficientemente contrastada.

Tabla 3. Resultados de la búsqueda en las tres bases de datos utilizadas.

Base de datos	Palabras clave	Resultados
DIALNET	Modelo constructivista educación	43
	Enseñanza ciencias secundaria	291
	Enseñanza Genética secundaria España	0
	Recursos TIC Genética	2
	Profesores secundaria Genética	1
BIBLIOTECA VIRTUAL UNIR	Modelo constructivista educación	1448
	Enseñanza ciencia secundaria	6030
	Enseñanza Genética secundaria España	1461
	Recursos TIC Genética	666
	Profesores secundaria Genética	2062
GOOGLE ACADÉMICO	Modelo constructivista educación	35700
	Enseñanza ciencias secundaria	104000
	Enseñanza Genética secundaria España	16900
	Recursos TIC Genética	8190
	Profesores secundaria Genética	15400

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar cómo con Google académico se obtienen muchos más documentos, pero muchos de ellos tienen poca relación con el tema buscado. Los otros buscadores, aunque dan menor número de resultados, tienen una mayor precisión de búsqueda.

Se tuvo acceso a trabajos fin de máster en <http://reunirunir.net>, la página web de la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR), resultando muy útil en los inicios del trabajo a modo de orientación. También fueron fuentes de información las bibliotecas de las universidades de Orihuela y Alicante.

4.1.2 Metodología cuantitativa

Con la metodología cualitativa se consigue explorar la situación general de la materia tratada pero es necesaria una investigación cuantitativa para obtener datos concretos que verifiquen el estado del asunto, haciendo mediciones y análisis (Alvira, 1983).

- **Muestra de estudio**

Esta investigación se apoya en los cuestionarios y entrevistas realizados durante el curso 2013-2014 a alumnos y profesores respectivamente, de dos institutos de Orihuela, provincia de Alicante. Ambos son públicos y ofertan todos los cursos de la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato.

1) Centros

El presente estudio se realizó en dos institutos públicos de Orihuela (Alicante), ambos ofertan la etapa de educación secundaria completa, recibiendo alumnos tanto de Orihuela como de las pedanías circundantes. No existen diferencias entre el nivel sociocultural de las familias de los alumnos de uno u otro instituto, siendo el principal factor de elección la distancia a la que viven del centro.

2) Alumnos

En cada uno de los centros se eligió una clase de 4º de ESO y otra de 1º de Bachillerato. Se buscó que las clases tuvieran un número aceptable de alumnos para el estudio y que las de 1º de Bachillerato fueran de la rama de ciencias y tecnología, ya que interesaba que los alumnos hubieran cursado Biología y Geología el año anterior.

Tabla 4. Alumnos participantes en el estudio

Instituto A	Instituto B
4º de ESO: 21 alumnos/as	4º de ESO: 20 alumnos/as
1º de Bachillerato: 22 alumnos/as	1º de Bachillerato: 25 alumnos/as

En total, para el presente estudio se cuenta con 88 alumnos de edades comprendidas entre 15 y 17 años, los cuales muestran buena predisposición ante la materia, ya que en ambos cursos ésta es de naturaleza opcional.

3) Docentes

Se realizó una entrevista a cada una de las profesoras de Biología y Geología de 4º de ESO de ambos institutos. Estas profesoras no solo impartían esta materia a los alumnos actuales de 4º de ESO sino que el año anterior también la habían impartido a los alumnos de 1º de bachillerato objetos de este estudio. La profesora del IES B contaba con pocos años de experiencia docente en el centro, en cambio la profesora del IES A acumulaba más de 20 años impartiendo esta materia.

• Cuestionarios y entrevistas

Se utilizó dos cuestionarios, ambos validados por E. D. A., Jefa del Departamento de Orientación de un IES.

1) Cuestionarios a los alumnos

Parte 1) Dos cuestionarios a realizar por los alumnos de 4º de ESO, curso en que por primera vez se tratan los temas de Genética en la educación secundaria, en los dos institutos seleccionados.

El primero de los cuestionarios, para conocer cuál ha sido el primer contacto de los alumnos con la Genética y su opinión sobre temas de actualidad relacionados con esta temática. El segundo, para comprobar el grado de conocimientos sobre contenidos básicos de Genética y poder detectar posibles ideas previas erróneas.

Parte 2) Mismos dos cuestionarios, a realizar esta vez por los alumnos de 1º de Bachillerato de ambos institutos. Se analizarán los resultados y se compararán con los obtenidos en los alumnos de 4º de ESO para comprobar las diferencias en el grado de conocimiento y persistencia o no de ideas previas erróneas.

Cuestionario 1

El primero de ellos (Anexo 1) con el propósito de averiguar el posible origen de los preconceptos que tienen los alumnos sobre genética, su opinión en los diferentes temas de actualidad relacionados con esta materia y en qué ámbito y de qué forma han tenido contacto con los temas de Genética en su vida cotidiana, que hayan forjado dicha opinión. Consta de siete preguntas de respuesta cerrada, para asegurar que sean contestadas por un número muy alto de alumnos. El propósito de las preguntas 1 y 2 es

averiguar el origen de las ideas previas sobre Genética de los alumnos. En las siguientes preguntas se busca conocer la opinión de los alumnos sobre temas actuales relacionados con la herencia biológica.

Cuestionario 2

El segundo cuestionario (Anexo 2), destinado a conocer el grado de conocimiento de los alumnos sobre los contenidos más básicos de genética, y detectar posibles carencias en éste, así como los errores más comunes.

En ambos cuestionarios las preguntas son cerradas, en la mayoría los alumnos deben escoger una respuesta de entre cuatro opciones presentadas. Se escogió este tipo de preguntas porque su contestación requiere un menor esfuerzo por parte de los alumnos y por tanto, favorece la realización completa del cuestionario. También, porque se obtienen resultados muy adecuados para su posterior tratamiento y análisis estadístico.

Para conseguir el propósito de este estudio lo conveniente sería que los alumnos de 4º de ESO realizaran los cuestionarios al principio del curso y al final del curso, cuando ya han cursado los temas de genética. Por la limitación de tiempo de esta investigación se opta por pasar los cuestionario a los alumnos de 4º de ESO y a los de 1º de Bachillerato que cursaron Biología y Geología el curso anterior, asumiendo el error de que son distintos alumnos.

2) Entrevistas a docentes

El propósito de las entrevistas es conocer el método de enseñanza, estrategias y recursos que utilizan para impartir la enseñanza de genética. Son preguntas abiertas para evitar inducir a respuestas determinadas, de este modo la entrevistada tiene libertad total en su respuesta. Se pretende comprender la realidad educativa que experimenta a diario la profesora, obteniendo así, un enfoque más cercano y personal. En el Anexo 3 están las preguntas realizadas a cada una de las profesoras de los centros donde se ha realizado el estudio y en los Anexos 3 y 4 la transcripción de la entrevistas.

• Tratamiento de datos

Se han sometido los datos obtenidos de los cuestionarios a análisis cuantitativo simple, exponiendo los resultados porcentualmente en varias gráficas. Programa utilizado: Microsoft Excel.

Con los resultado de las entrevistas a las profesoras se ha realizado un análisis cualitativo, centrándose éste más que en lo datos, en el sujeto. Una observación del relato expuesto que acerque al entrevistador a la persona entrevistada y a su experiencia. No se exponen los resultados a modo de gráficas ni relación de variables, sino que se realiza una exposición narrativa de las conclusiones obtenidas.

5. RESULTADOS Y ANÁLISIS

5.1 RESULTADOS DEL PRIMER CUESTIONARIO

Pregunta 1: *De los siguientes conceptos señala aquellos de los que hayas oído hablar (SÍ/NO), dónde los oíste por primera vez (cine, televisión, colegio, prensa, familia, etc.) (Abril, 2010)*

Conceptos: Gen, Mutación, Alelo, ADN, Cromosoma, Clon

-Todos los alumnos habían oído alguna vez los términos más comunes propios de Genética y la gran mayoría de ellos indicó la televisión, la familia y el cine como los ámbitos donde primero habían tenido contacto con estos términos.

Pregunta 2 : *De las siguientes películas, rodea con un círculo las que has visto. (Abril, 2010).*

Películas: Parque Jurásico, Los niños del Brasil, Spiderman, Splice: Experimento mortal, La Isla, Blade Runner, Los 4 Fantásticos, Deep Blue Sea, Gattaca X-Men, Species, Avatar, El Enviado, Soy Leyenda, El Origen del planeta de los simios, Ultravioleta, El sexto día, James Bond: Muere otro día, El increíble Hulk, Alien Resurrección, Distrito 9, Elysium.

-En la Figura 3 (siguiente página) se muestra el porcentaje de alumnos que vieron cada una de las películas relacionadas con la Genética del listado que se les proporcionó.

Destacan tres películas, Parque Jurásico, Spiderman y Los 4 Fantásticos, vistas por casi todos los alumnos, seguidas de X-Men, Avatar, El origen del planeta de los simios, El increíble Hulk y Soy Leyenda vistas por una gran mayoría.

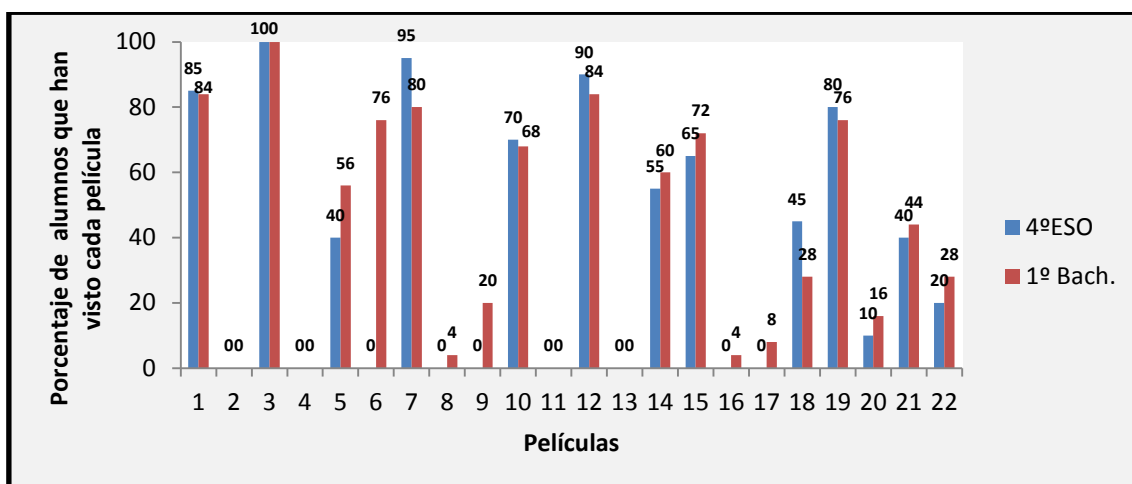
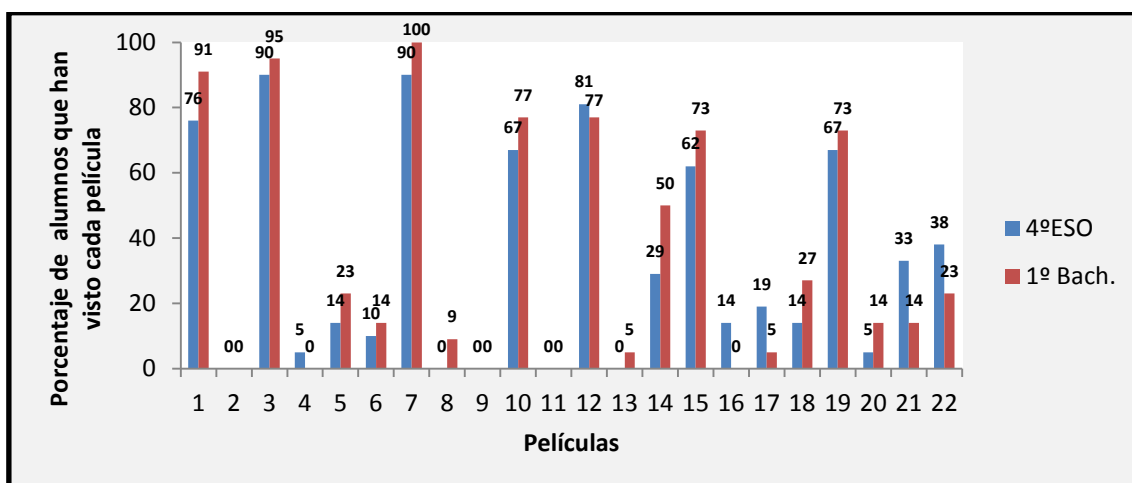


Figura 3: Películas vistas por los alumnos del IES A y del IES B.

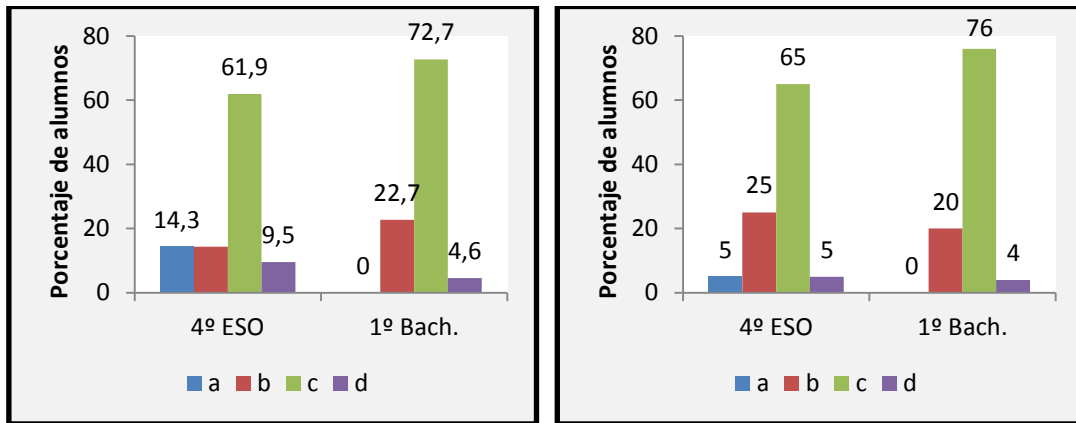
1. Parque Jurásico, 2. Los niños del Brasil, 3. Spiderman, 4. Splice: Experimento mortal, 5. La Isla, 6. Blade Runner, 7. Los 4 Fantásticos, 8. Deep Blue Sea, 9. Gattaca, 10. X-Men, 11. Species, 12. Avatar, 13. El Enviado, 14. Soy Leyenda, 15. El Origen del planeta de los simios, 16. Ultravioleta, 17. El sexto día, 18. James Bond: Muere otro día, 19. El increíble Hulk, 20. Alien Resurrección, 21. Distrito 9, 22. Elysium

Pregunta 3: ¿Crees que los avances que se están produciendo en Biotecnología y en Ingeniería Genética serán muy beneficiosos, bastante beneficiosos, poco beneficiosos o nada beneficiosos para las personas? (Centro de Investigaciones Sociológicas, 2001)

-Los alumnos muestran una actitud favorable a los avances en Biotecnología e Ingeniería Genética. Casi un 100% contesta que estos avances son bastante o muy beneficiosos.

Pregunta 4: ¿Crees que los avances que se están produciendo en Biotecnología y en Ingeniería Genética son muy peligrosos, bastante, poco o nada peligrosos para las personas? (Centro de Investigaciones Sociológicas, 2001)

- En la Figura 4 se puede observar que un 69% de los alumnos ve estos avances poco peligrosos, un 25% los ve bastante o muy peligrosos y solo un 6 piensa que no son nada peligrosos para las personas.



A

B

Figura 4. Percepción de la peligrosidad de la Ingeniería Genética por los alumnos del IES A e IES B. Azul: muy peligrosos, Rojo: bastante peligrosos, Verde: poco peligrosos, Morado: nada peligrosos.

Pregunta 5: Indica si estás de acuerdo o en desacuerdo con la aplicación de la Ingeniería Genética en: células de plantas, bacterias, células de animales, células humanas, embriones humanos. (Centro de Investigaciones Sociológicas, 2001)

-En la Figura 5 se puede ver que un altísimo porcentaje (93 %) de los alumnos no puso objeciones a que se aplique la Ingeniería Genética en plantas y bacterias. En cambio una mayoría de ellos estaban en contra de que se hiciera en embriones humanos (64%).

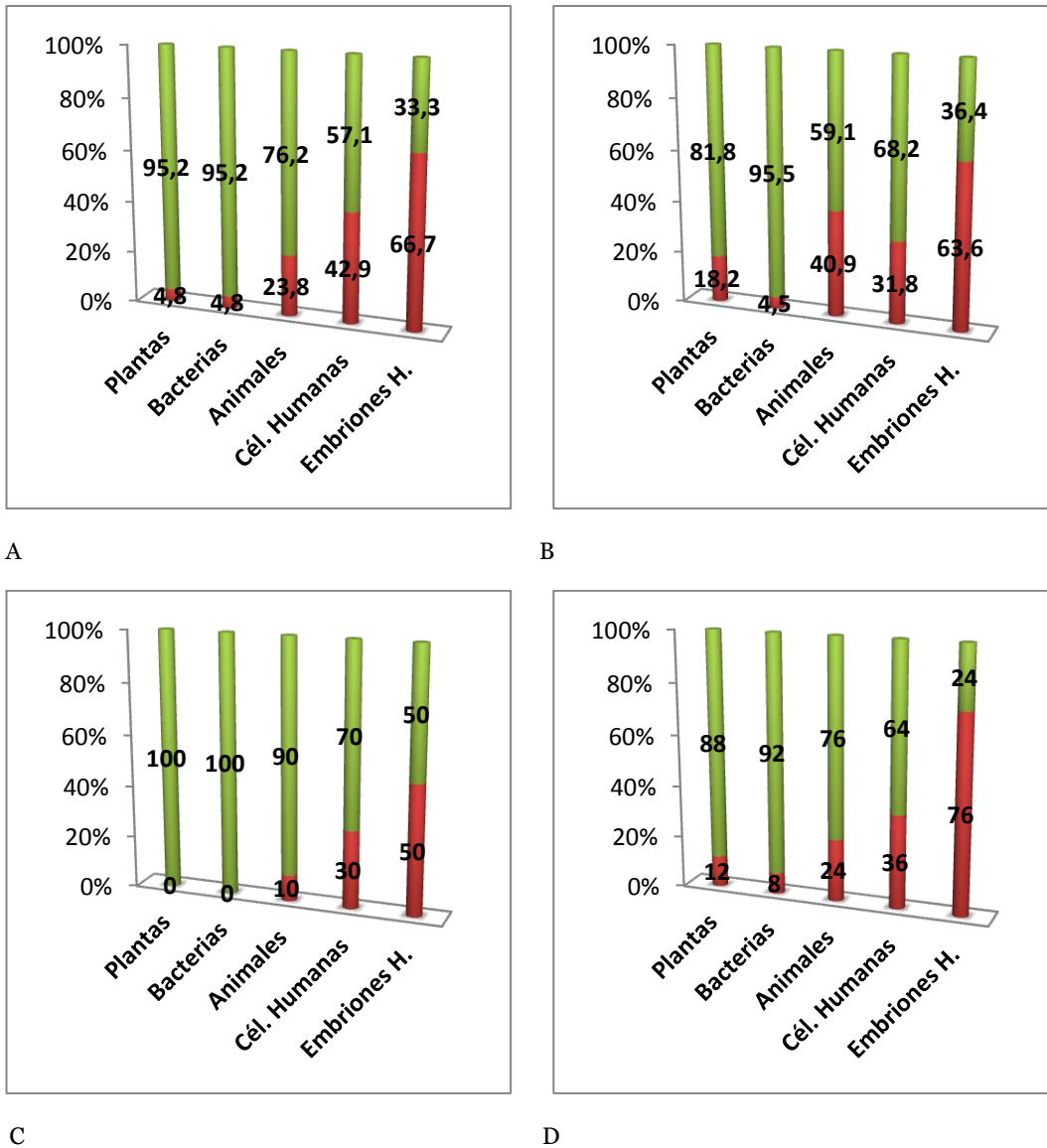
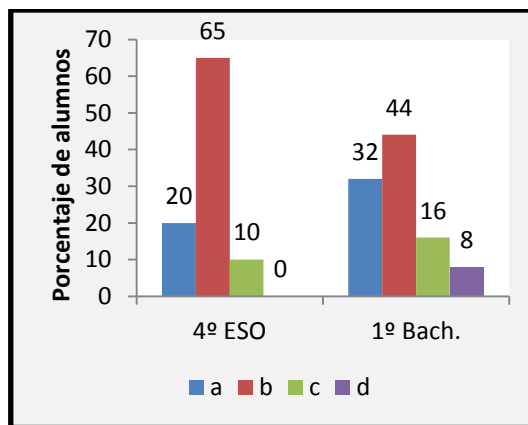
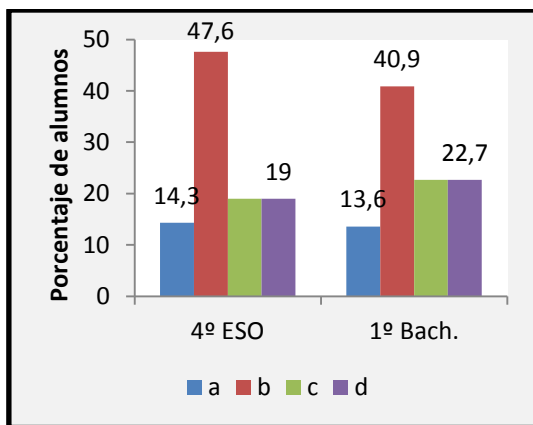


Figura 5. Opinión sobre la aplicación de la Ingeniería Genética de los alumnos de 4º de ESO del IES A (A), 1º de Bachillerato del IES A (B), 4º de ESO del IES B (C) y 1º de Bachillerato del IES B (D). Verde: a favor, Rojo: en contra.

Pregunta 6: *En general, ¿estás de acuerdo con el uso de la Ingeniería Genética en la agricultura y la producción de alimentos?* (Centro de Investigaciones Sociológicas, 2001).

-Como puede verse en la Figura 6, hay un porcentaje considerable de alumnos que no está de acuerdo sobre todo en las clases del IES A, con un 42 %.



A

B

Figura 6. Opinión sobre la aplicación de la Ingeniería Genética en agricultura y alimentación de los alumnos del IES A (A) e IES B (B). Azul: muy de acuerdo, Rojo: bastante de acuerdo, Verde: bastante en desacuerdo, Morado: muy en desacuerdo.

Pregunta 7: *¿Estás a favor de los alimentos transgénicos o prefieres todo natural?*
(Centro de Investigaciones Sociológicas, 2001)

- Un mínimo porcentaje de alumnos (6%) se mostró a favor de los alimentos modificados genéticamente mientras que un 60 % se inclinó por los alimentos naturales.

5.2 RESULTADOS DEL SEGUNDO CUESTIONARIO

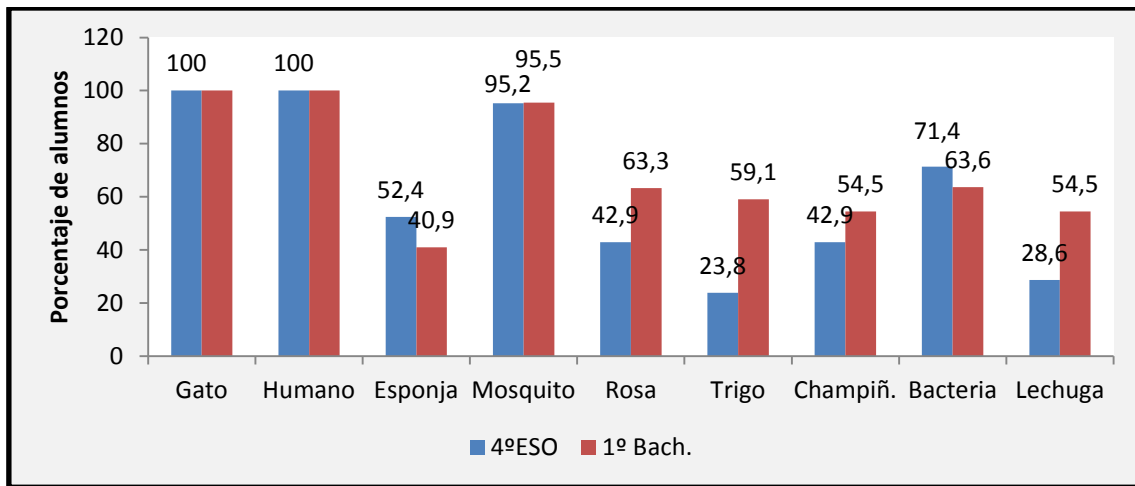
Pregunta 1: *¿Por qué crees que son importantes los genes?* (Abril, 2010).

- Más de un 90% contesta correctamente que son los responsables de las características que posee una persona.

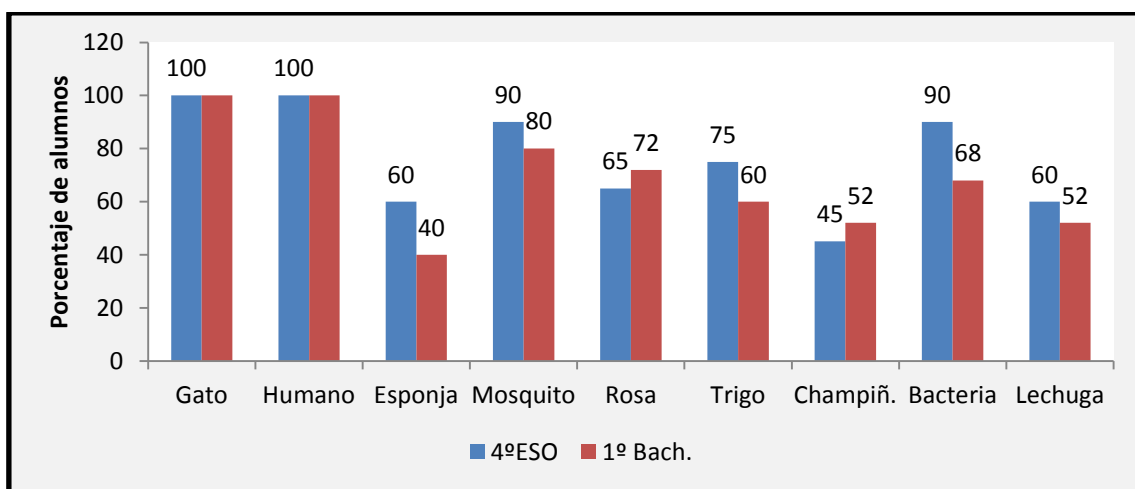
Pregunta 2: *De los siguientes organismos, subraya los que tienen genes.*

Opciones: Gato, humano, esponja, mosquito, rosa, trigo, champiñón, bacteria, lechuga

-Casi el 100 % de los alumnos señaló como portadores de genes: gato, humano y mosquito. Resultados completos en la Figura 7.



A



B

Figura 7. Qué organismos tienen genes, para los alumnos del IES A (A), IES B (B).

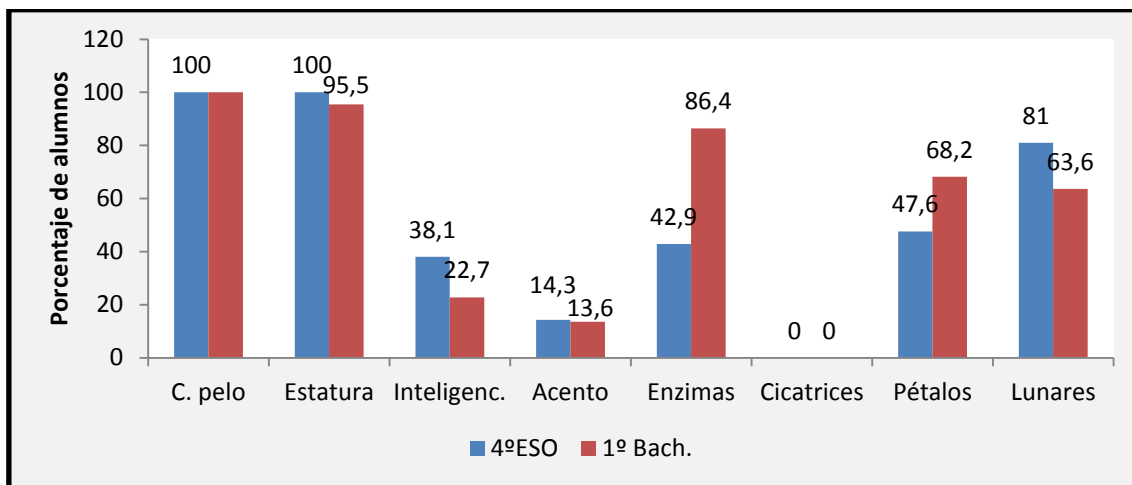
Pregunta 3: *¿Dónde crees que se localizan los genes?* (Abril, 2010).

- Más de un 90% de los alumnos localiza los genes en los cromosomas.

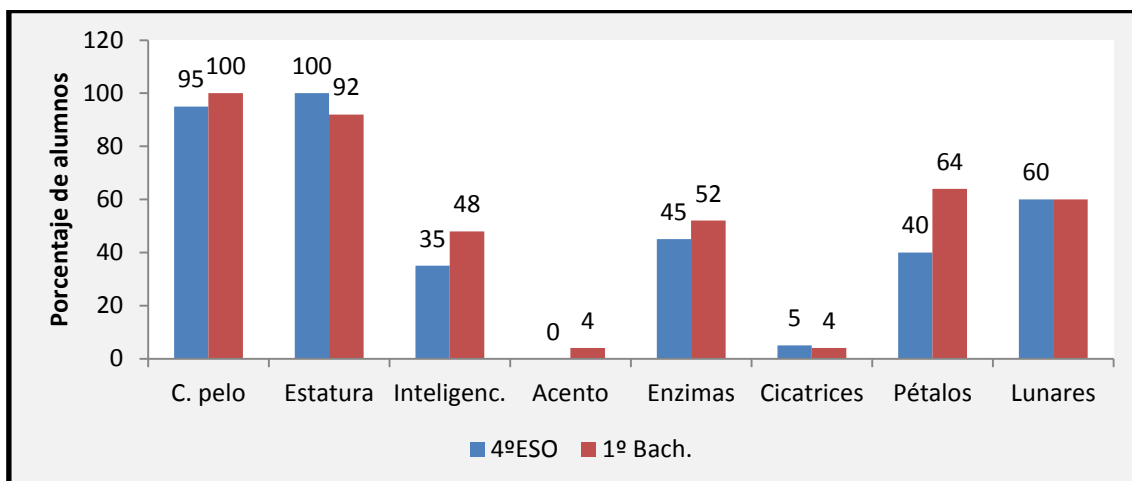
Pregunta 4: *Escribe en orden, según el tamaño, los siguientes elementos: Célula, cromosoma, gen, ADN, organismo, núcleo* (Abril, 2010).

- Menos de un 20% de los alumnos los ordenó correctamente y la mitad tuvo 3 o más fallos.

Pregunta 5: *Subraya en cuáles de las siguientes características influyen los genes* (Abril, 2010):



A



B

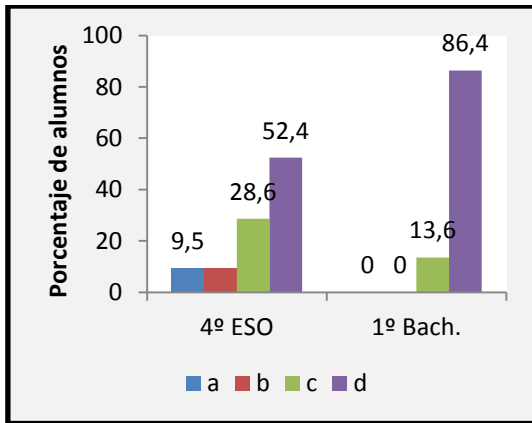
Figura 8. Características influenciadas por los genes. Respuestas de los alumnos del IES A (A) e IES B (B).

Pregunta 6: *¿Qué células tienen cromosomas?* (Abril, 2010)

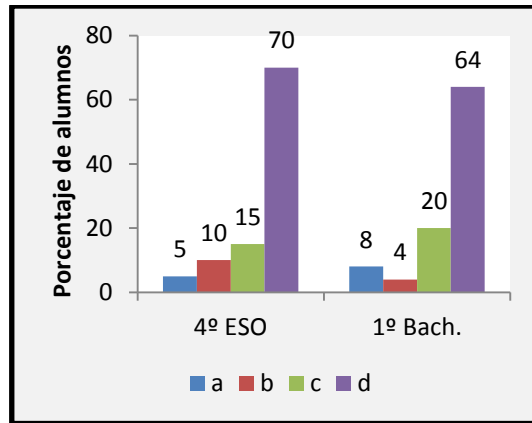
Opciones: Células del cerebro, Células del corazón, Óvulos y espermatozoides, Todas

-El 68 % de los alumnos respondió correctamente que todas las células tienen cromosomas.

Resultados detallados en la Figura 9 (página siguiente).



A



B

Figura 9. Qué células tienen cromosomas. Respuestas de los alumnos del IES A (A) e IES B (B). Azul: células del cerebro, Rojo: células del corazón, Verde: óvulos y espermatozoides, Morado: todas.

Pregunta 7: ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?

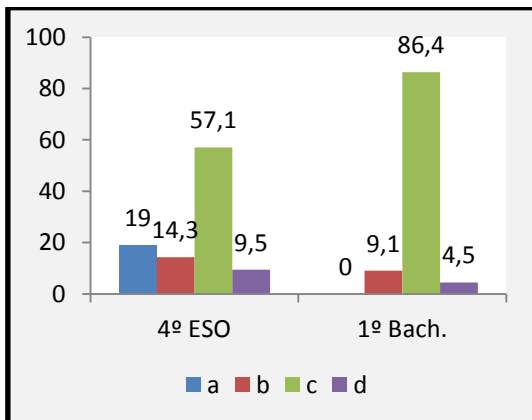
Opciones: Células del cerebro, Células del corazón, Óvulos y espermatozoides, Todas

- Casi el 100 % de los alumnos respondió: Óvulos y espermatozoides.

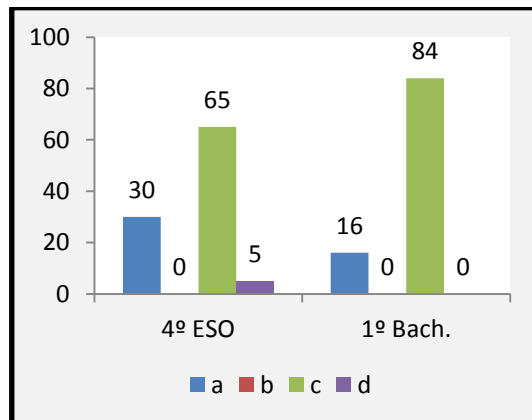
Pregunta 8: Una mutación es un cambio:

Opciones: En las moléculas de la célula, En la forma de heredar los caracteres, En la información genética, En los orgánulos celulares.

-Resultados en la Figura 10.



A



B

Figura 10. Qué es una mutación. Respuestas de los alumnos del IES A (A) e IES B (B). Azul: un cambio en las moléculas de la célula, Rojo: un cambio en la forma de heredar los caracteres, Verde: un cambio en la información genética, Morado: un cambio en los orgánulos celulares

Pregunta 9: Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Escribe a la izquierda V o F.

- En la Tabla 5 se muestra los resultados obtenidos para diez afirmaciones en las que los alumnos debían marcar si eran verdaderas o falsas. En los alumnos de 4º de ESO destacan cinco errores que se pueden atribuir a ideas previas, más que a simple ignorancia:

- El 66% piensa que el medio ambiente no tiene influencia en la expresión genética.
- El 78% opina que los alimentos naturales son siempre más sanos que los modificados genéticamente.
- El 54% cree que la clonación produce copias mucho más exactas que los gemelos univitelinos.
- El 54% piensa mediante la Ingeniería Genética se puede escoger el sexo de los hijos y otras características físicas y mentales.
- El 56% cree que una persona puede sufrir mutaciones físicas y transmitirlos a su descendencia.

Tabla 5. Porcentajes de aciertos de los alumnos para cada afirmación. Número del enunciado rojo: afirmación falsa, Verde: afirmación verdadera.

AFIRMACIONES	4ºESO IES A	1ºBach IES A	4ºESO IES B	1ºBach IES B
1) Cuanta más cantidad de material genético tiene un organismo más complejo es.	47,6	50	55	32
2) Se ha obtenido la secuencia completa del genoma humano.	47,6	81,8	25	32
3) El tiempo que vamos a vivir y las enfermedades que vamos a sufrir 'están escritos' en nuestro ADN.	76,2	91	80	80
4) Gen y alelo significan lo mismo.	57,1	81,8	75	80
5) Los genes están constituidos mayoritariamente de agua.	76,2	81,8	75	72
6) La expresión de los genes está influenciada por el medio ambiente.	43	54,5	25	48
7) Un alimento natural siempre será más sano que uno transgénico.	19	18,2	25	44
8) Con la clonación se consigue una copia mucho más exacta que la que se produce de forma natural en los gemelos univitelinos.	43	54,5	50	28
9) Todas las células de un organismo (excepto los gametos) llevan el mismo material genético, aunque desempeñen distintas funciones.	66,7	91	70	72
10) La reproducción sexual y las mutaciones causan diversidad en los seres vivos.	57,1	59,1	55	76
11) Gracias a la Ingeniería Genética podemos elegir el sexo de nuestros hijos así como otras características físicas y mentales.	43	54,5	50	28
12) La radiactividad puede provocar mutaciones físicas en una persona y posteriormente transmitirlos a sus descendientes.	43	41,9	45	24

Fuente: Elaboración propia

5.3 DISCUSIÓN DE LOS CUESTIONARIOS

• Primer cuestionario

La Genética tiene una serie de términos básicos como por ejemplo, ADN, gen y mutación cuyo uso se ha extendido también fuera del ámbito de la ciencia. Son de uso común en conversaciones cotidianas y en los medios de comunicación. La forma de entenderlos, ya sea correcta o incorrecta, llega con facilidad a los jóvenes (Abril, 2010). La Genética aparece en el argumento de numerosas películas y en muchas ocasiones de forma poco rigurosa. Las personas con pocos conocimientos genéticos pueden adquirir de esta forma ideas erróneas. Quizá esto haya ocurrido con los alumnos participantes en el presente estudio ya que algunas de las películas más vistas por éstos pueden favorecer la formación en los alumnos de ciertas ideas sobre genética, entre las que destacan:

- Una persona puede mutar por completo, mutar todas las células de su cuerpo.
- Las mutaciones siempre provocan beneficios al que las sufre.
- Visión superlativa de las capacidades de la Ingeniería Genética y de la ciencia en general.
- Percepción de peligro para la humanidad de la experimentación en Ingeniería Genética.

La percepción de riesgo de los avances biotecnológicos que tienen los alumnos no está muy alejada de la que tiene la sociedad en general. Costa (2003) atribuye esta circunstancia fundamentalmente a dos causas:

- Medios de comunicación no neutrales, proclives a resaltar lo negativo y en muchas ocasiones, con poco rigor informativo en el tratamiento de estos temas.
- Aversión a lo poco conocido, a situaciones en las que solo unos pocos conocen su verdadero riesgo. Ignorancia que a veces desemboca en rechazo.

En los últimos años, la preocupación de la población española por los riesgos para la salud del consumo de alimentos transgénicos está aumentando (Beléndez, Hernández y Martín, 2010). Los principales factores de rechazo son, según Labajo (2007), la creencia de que son dañinos para la salud y de falta de ética en su producción desde un punto de vista medioambiental.

- **Segundo cuestionario**

La mayor parte de los alumnos tiene claro por qué son importantes los genes para el Ser Humano. Mayor problema se observa en la siguiente cuestión, en la que se les pide que elijan de una lista los organismos que tienen genes. Se puede observar en la Figura 7 que prácticamente todos los alumnos señalaron como poseedores de genes a gatos, humanos y mosquitos. Conclusiones similares obtuvieron Ayuso y Banet (2002) en sus investigaciones donde un buen número de alumnos afirmaba que solo las personas y animales próximos evolutivamente tenían genes. El porcentaje en el caso de los restantes organismos desciende considerablemente, exceptuando el caso de las bacterias, opción señalada por una mayoría de alumnos.

Más de un 90% de los alumnos localiza los genes en los cromosomas, sin embargo, parecen no tener claro el tamaño relativo de elementos básicos en Genética, como queda reflejado en los resultados obtenidos en la pregunta 4 en la que se les pedía que ordenaran de mayor a menor tamaño: célula, cromosoma, gen, ADN, organismo y núcleo.

En la Figura 8 se observa que los alumnos no tienen tan claro qué influencia tienen los genes en aspectos concretos del Ser Humano y de otros seres vivos. No dudan en seleccionar las características físicas de las personas (color de pelo, estatura) como determinadas por los genes en cambio pocos ven que éstos tengan influencia en la inteligencia.

En la Figura 9 se puede ver los resultados de la pregunta: qué células tienen cromosomas. A excepción de la clase de 1º de Bachillerato del IES A, muchos alumnos contestaron erróneamente, siendo éste un concepto básico y fundamental en Genética. Mayor impacto producen los resultados obtenidos para la siguiente pregunta, donde casi el 100 % de los alumnos piensa que los cromosomas sexuales están solo en óvulos y espermatozoides. No obstante este es un error muy extendido, como lo demuestran otros estudios como los de Íñiguez y Puigcerver (2013) donde se llega a la misma conclusión.

El concepto de mutación es básico en Genética, fundamental para comprender la vida y su evolución. En la Figura 10 se puede observar cómo, aunque más de la mitad de los alumnos contesta correctamente que es un cambio en la información Genética un alto porcentaje de ellos no lo tiene claro. En este caso se aprecia una moderada mejoría en los aciertos de los alumnos de 1º de Bachillerato.

5.4 ENTREVISTAS A LAS PROFESORAS

De las entrevistas realizadas a las profesoras de Biología y Geología de los dos institutos (Anexos 3, 4 y 5) se puede extraer una serie de datos concretos del funcionamiento de sus clases durante la enseñanza de la Genética. El momento de impartir estos temas coincide en ambos casos con el inicio del segundo trimestre del curso y el número de sesiones dedicadas está entre 10 (IES B) y 12 (IES A).

Tabla 6. Preguntas de la entrevista a los docentes

PREGUNTAS DE LA ENTREVISTA
1) ¿En qué momento del curso se imparten los temas de Genética?
2) ¿Cuántas sesiones de clase se dedican?
3) ¿Qué modelo/s didáctico/s utiliza?
4) ¿Qué recursos utiliza? ¿Qué importancia le da a cada uno? (libro de texto, pizarra tradicional, pizarra digital, TIC, videos, películas...)
5) ¿Qué actividades pone a los alumnos? ¿Problemas? ¿Cuándo? ¿Antes, durante o después de la explicación?
6) ¿Se realizan prácticas de laboratorio? ¿Prácticas con el ordenador? ¿Actividades fuera del aula?
7) ¿Cómo evalúa a los alumnos? (Evaluación continua, ejercicios, examen, etc.)
8) ¿Cómo es el examen? ¿Un examen solo para los temas de Genética?
9) ¿Qué notas obtuvieron en estos temas? ¿Hubo diferencias significativas respecto a otros? ¿Qué peso tiene la nota de estos temas en la materia?
10) ¿Qué actitud tienen los alumnos ante los temas de genética? ¿Les gusta? ¿Les parecen especialmente difíciles? ¿Vienen ya con ideas preestablecidas? ¿Hay algún aspecto, o parte de la Genética que le cuesta más hacer entender a los alumnos?

Los resultados exactos de las entrevistas realizadas a las profesoras del IES A e IES B están en los Anexos 4 y 5, respectivamente. A continuación se exponen las ideas más importantes extraídas de las mismas.

La forma de impartir las clases, en ambos casos, es bastante tradicional. Las dos profesoras se basan fundamentalmente en el libro de texto (Los caminos del saber, ed. Santillana), impartiendo clases magistrales apoyándose en la pizarra tradicional y/o en presentaciones realizadas mediante el programa PowerPoint. No hacen uso de ningún recurso TIC.

La profesora del IES A inicia estos temas de Genética proponiendo a los alumnos que expresen lo que saben del tema, hacen una puesta en común entre todos los alumnos y de esta forma salen a la luz las ideas previas que tienen los alumnos, así la profesora fija un punto de partida, conociendo el nivel de conocimientos de los alumnos y los errores conceptuales que va a tratar de redirigir en las próximas semanas. A esta forma de proceder Jiménez Aleixandre (1991) añade además la inclusión de actividades que provoquen el conflicto conceptual, es decir, situaciones en que los alumnos sean incapaces de comprender algo, de explicarlo, utilizando ideas que hasta ese momento daban como ciertas. Necesitan entonces de otras ideas que les satisfagan, ideas que a partir de ese momento están abiertos y hasta deseosos de adquirir.

En cuanto a las prácticas de laboratorio, no realizan ninguna para la enseñanza de los temas de Genética. La profesora del IES A explica que no le han resultado provechosas en experiencias de años anteriores, ya que los alumnos comprenden mejor determinados conceptos viéndolos en dibujos o fotografías que realizando prácticas en el laboratorio.

Sin embargo, ambas profesoras le dan una importancia vital a la realización de problemas de Genética. No solo trabajan con problemas durante las semanas dedicadas a estos temas, sino que en ambos casos los problemas constituyen gran porcentaje de la nota del examen final.

En un momento de la entrevista, la profesora de IES A comenta la especial dificultad que ha encontrado en hacer comprender a alumnos de cursos inferiores a 4º de ESO contenidos de Genética como por ejemplo el concepto de meiosis. Esto quizá puede explicar o ser una razón por la que no sea hasta 4º de ESO cuando se aborde por primera vez de manera formal los temas de herencia genética. Pero no se entiende que sea una materia opcional y que como argumenta Abril (2010) haya alumnos que no accedan a estos conocimientos en toda la etapa educativa obligatoria, privándoles de unos saberes cada vez más demandados en una sociedad con numerosos avances biotecnológicos que afectan a todos.

6. PROPUESTA PRÁCTICA

6.1 Propuesta de recursos TIC a utilizar en el aula

Durante la realización de este trabajo se han detectado carencias en el componente práctico de la enseñanza de la genética. En ocasiones esto puede producirse por falta de medios, de tiempo o por el escaso éxito educativo de determinadas prácticas realizadas en el laboratorio. Se plantea la posibilidad, de implantar durante un año escolar de educación secundaria el uso de laboratorios virtuales y otros recursos TIC en la enseñanza de la Genética y de la Biología en general. En la Tabla 7 se recoge un listado de varios de estos recursos encontrados en Internet.

Tabla 7. Recursos TIC empleados para la enseñanza de Genética.

RECURSOS TIC DE GENÉTICA
biomodel.uah.es
www.hhmi.org
learn.genetics.utah.edu
www.neosci.com
http://www.dnalc.org/
http://www.cellsalive.com/
http://biologyinmotion.com/index.html
http://www.lagenetica.info/
http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2008/03/24/0008/genetica1.html

Fuente: Elaboración propia

Del listado anterior se destaca a continuación tres recursos cuyas características parecen especialmente adecuadas:

- **La Genética al alcance de todos (<http://www.lagenetica.info/>)**

Es una página web que trata la Genética humana de forma amena, conteniendo información básica de los principales conceptos. Tiene un diseño sencillo, con ilustraciones e imágenes que pueden resultar atractivas a los estudiantes que por primera vez abordan el estudio de la Genética.

- **Genética humana**

(<http://www.juntadeandalucia.es/averroes/html/adjuntos/2008/03/24/0008/genetica1.html>)

Este recurso está dirigido especialmente a alumnos de 4º de ESO. Además de explicar los conceptos más importantes de genética, permite realizar actividades de investigación contando para ello con animaciones interactivas que atraen a los alumnos y facilitan mucho su aprendizaje.

- **Learn Genetics (learn.genetics.utah.edu)**

Página web internacional dirigida a alumnos a partir de 4º de ESO, en la que se pueden encontrar videos explicativos (hablados) de los principales conceptos genéticos y a diferencia de los dos recursos anteriores se tiene la posibilidad de realizar experimentos genéticos gracias a un laboratorio virtual.

Este recurso está casi en su totalidad en inglés, pero en un nivel asequible para los alumnos que además les servirá para mejorar su destreza en este idioma.

6.2 Evaluación de los recursos TIC al finalizar el curso

A la conclusión del curso se propone realizar las siguientes preguntas de respuesta abierta al profesor o profesora de la materia impartida:

- 1) ¿Qué recurso/s ha utilizado durante el curso?
- 2) ¿Ha tenido dificultades en su manejo? ¿Cree que tiene la preparación suficiente?
- 3) ¿Qué porcentaje de las posibilidades que le ofrece el recurso o recursos elegidos cree que ha aprovechado?
- 4) ¿Qué apartados dentro del recurso o recursos ha utilizado más? (videos, ilustraciones, experimentos, etc.)
- 5) ¿Los ha utilizado como algo voluntario y complementario?
- 6) ¿Qué respuesta ha obtenido por parte de los alumnos?
- 7) ¿Han tenido dificultades en su uso?
- 8) ¿Les ha gustado la experiencia? ¿Ha supuesto una motivación para ellos?
- 9) ¿Ha notado diferencias en el nivel de conocimientos alcanzado por los alumnos al finalizar el curso respecto a otros años?
- 10) ¿Qué opinión general le merece esta experiencia? ¿Va a seguir utilizando alguno de los recursos? ¿Cuál? ¿por qué? ¿Desaconseja alguno?

7. CONCLUSIONES

Concluido el estudio se pueden concretar algunas ideas previas sobre Genética que presentan los alumnos de 4º de ESO y la persistencia o no de éstas en los alumnos de 1º de Bachillerato.

En cuanto a la visión general por los temas de Genética presentes en la sociedad se ha podido observar algunas ideas:

- La percepción favorable de la Ingeniería Genética es una idea generalizada en los alumnos. Esto puede explicarse por la información que les llega a este respecto de los medios de comunicación y el cine, que les muestran los avances en este campo de forma atractiva.
- Por otra parte, la mayoría de alumnos tiene una postura contraria a la aplicación de la Ingeniería Genética en la producción de alimentos transgénicos y en células y embriones humanos. El origen de esta forma de pensar puede estar en el tratamiento informativo que se les da a estos temas en los medios de comunicación, con poco rigor y destacando sobre todo los aspectos negativos.

En referencia a los contenidos teóricos de la materia de Genética destacan algunos errores detectados en el segundo cuestionario realizado:

- Abunda la idea de que los genes son únicamente propios de las personas y de animales, esta idea se manifiesta tanto entre alumnos de 4º de ESO como de 1º de Bachillerato. Una explicación probable es el tratamiento que se le da a la Genética, tanto en la televisión como en las películas, poquísimas veces se habla de genes en plantas o en setas, por ejemplo. En cambio no paran de salir noticias sobre Genética de personas y animales, lo mismo pasa en las películas.
- Tampoco tienen una idea clara de dónde se ubican ni qué tamaño relativo tienen los elementos propios de la Genética. Esto se observa en los dos cursos. En el caso de 4º de ESO esto se entiende porque son conceptos que requieren de explicación que aún no han tenido en clase, pero los de 1º de Bachillerato deberían tener claro estos conceptos tan básicos.
- Se ha observado un error casi unánime, prácticamente todos piensan que los cromosomas sexuales solo se encuentran en óvulos y espermatozoides. Probablemente, el nombre de cromosomas 'sexuales' provoque en los alumnos con

poca base teórica a inclinarse por las células 'sexuales', por la coincidencia de términos.

- Los resultados obtenidos por los alumnos de 1º de Bachillerato no han sido muy diferentes a los obtenidos por los alumnos de 4º de ESO en la mayoría de las preguntas. No se aprecia la mejora en el grado de conocimientos de Genética ni el abandono de ideas previas erróneas que podría esperarse tras cursar la materia.

Quizá habría que plantearse algún cambio en la metodología de enseñanza de la Genética utilizada en estos centros. Se expone a continuación una serie de aspectos a tener en cuenta para la mejora en la enseñanza y aprendizaje de esta materia:

- Es necesario dar mucha más importancia a las ideas previas que presentan los alumnos para a partir de ellas, trabajar en sustituirlas por otras o ampliarlas según convenga. Es importante tener una buena base para avanzar en el conocimiento.
- En Genética se estudian conceptos, procesos, estructuras que no se ven a simple vista. Los profesores deberían poner especial cuidado en evitar que los alumnos estudien únicamente de forma teórica estos temas teniendo una visión muy abstracta de la materia que les pueda hacer perder el interés o dedicarse simplemente a memorizar los conceptos para aprobar el examen.
- Sería interesante realizar una enseñanza de estos contenidos desde un punto de vista más práctico, hacer uso del laboratorio, experimentar, utilizar modelos tridimensionales o los numerosos recursos TIC que hay hoy en día, hacer más dinámica la enseñanza, aprender viendo y haciendo ciencia.

Para llevar a cabo estos cambios en las clases de forma generalizada sería necesaria no solo una buena preparación de los profesores para cambiar sensiblemente su modo de enseñar sino dotar a los centros de recursos, de los que en muchas ocasiones hoy carecen. Todo ello requiere, entre otras cosas, invertir más fondos en educación. Justo lo contrario de lo que se está haciendo en la época actual.

8. LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN FUTURA

Se propone comparar el nivel de conocimientos de los alumnos, metodologías de enseñanza, resultados académicos, logros en investigación en el ámbito de la Biotecnología e Ingeniería Genética en diferentes países de todo el mundo, así como los fondos empleados en estos ámbitos. Determinar los países que mejor resultados obtienen y analizar todos los factores que puedan influir en la consecución de sus logros. Hacer una comparativa con lo que se hace en España en esos mismos ámbitos, sacar conclusiones, y ver si es posible imitar y adoptar las prácticas que han demostrado ser más eficientes.

9. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Durante la realización de este estudio se ha observado la posibilidad de mejorar o enriquecer la presente investigación sin algunas de las limitaciones, sobre todo de tiempo, con que se realizó. Se resume estas posibles mejoras en cuatro puntos:

- Mayor indagación en la búsqueda de las ideas previas de los alumnos, mediante más preguntas, incluso sustituir preguntas cerradas (con las opciones ya predeterminadas) por entrevistas o charlas individuales con cada alumno.
- Asistir a las clases para observar de cerca su funcionamiento, averiguar dónde radican las dificultades, los fallos o aciertos en la impartición de las mismas. Esto daría una información mucho más detallada y rica que la extraída de las cortas entrevistas a las profesoras con que cuenta este trabajo.
- Hacer el seguimiento de los mismos alumnos de 4º de ESO antes y después de cursar Genética. En el presente trabajo, por falta de tiempo, se obtienen los datos de 'después de cursar Genética' de los alumnos de 1º de Bachillerato, asumiendo el error de que no son los mismos alumnos ni recibieron exactamente las mismas clases (aunque sí de la misma profesora) que los de 4º de ESO del estudio.
- Concretar más la propuesta con una propuesta didáctica completa.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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 E.S.O. *Educación y futuro digital*, 1-11. Recuperado de <http://www7.uc.cl>
- ABRIL, A. M. (2010). Influencia de la sociedad del conocimiento en la enseñanza de las ciencias experimentales. Un caso de estudio: la Genética y la Biología Molecular. *Revista de Antropología Experimental*, 10, 1-16. Recuperado de <http://www.ujaen.es>
- ALVIRA, F. R. (1983). Perspectiva cualitativa-perspectiva cuantitativa en la metodología sociológica. *Reis: Revista española de investigaciones sociológicas*, 22, 53-76. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- AUSUBEL, D. (1983). Teoría del aprendizaje significativo. *Fascículos de CEIF*. Recuperado de delegacion233.bligoo.com.mx
- AYUSO, G. E. y BANET, E. (2002). Alternativas a la enseñanza de la Genética en Educación Secundaria. *Enseñanza de las ciencias*, 20(1), 133-158. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- BANET, E. (2003). Las ciencias naturales en la enseñanza secundaria: algunas aportaciones de la investigación educativa. *Educación en el 2000*, 7, 18-32. Recuperado de <http://biblioteca.universia.net>
- BELÉNDEZ, M., HERNÁNDEZ, A. y MARTÍN, M. (2010). Población lega y riesgos alimentarios: la visión de los expertos en España. *E-RAS: revista on-line de opinión y actualidad sanitaria*, 1(9), 1-8. Recuperado de <http://rua.ua.es>
- CAAMAÑO, A. (2003): Los trabajos prácticos en ciencias. En Jiménez, M. P. (1ªEd), *Enseñar ciencias* (pp. 95-118). Barcelona: Edit. Graó.
- CAMPANARIO, J. M. y MOYA, A. (1999). ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas. *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 179-192. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>

- CABALLERO, M. (2008). Algunas ideas del alumnado de secundaria sobre conceptos básicos de Genética. *Enseñanza de las ciencias*, 26(2), 227-243. Recuperado de <http://www.raco.cat>
- CARRETERO, M. (1997). *Constructivismo y educación*. Recuperado de <http://books.google.es>
- CASTELLARO, M. A. (2012). Definiciones teóricas y áreas de investigación propuestas desde el constructivismo, en publicaciones latinoamericanas de psicología y educación presentes en la Base de Datos de Redalyc. *Liberabit*, 18(2), 131-146. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- CIS (2001). Opiniones y actitudes de los españoles hacia la Biotecnología. Recuperado de <http://www.cis.es>
- COLL, C. y SOLÉ, I. (1989). Aprendizaje significativo y ayuda pedagógica. *Cuadernos de pedagogía*, 168, 16-20. Recuperado de <http://www.quadernsdigitals.net>
- CORAL, E. (2006). Estrategias y oportunidades para la producción eficiente de plantas mejoradas. *Tendencias, revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas*, 7(1), 121-138. Recuperado de <http://revistas.udenar.edu.co>
- COSTA, M. (2003). Avances de la biotecnología y su percepción por la población española Implicaciones para la industria farmacéutica y alimentaria. *Boletín Económico de Información Comercial Española*, 2781, del 6 al 12 de octubre de 2003.
- DOMÈNECH, J., BESSON, I., MERLO, M., PUIGSERVER, M. y SOLÉ, M. T. (2012). Genes, memes y bits: el cómo y el porqué de cinco recursos web sobre genética. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 11(1), 43-58. Recuperado de <http://dide.minedu.gob.pe>
- DUEK, C. (2010). Infancia, desarrollo y conocimiento: los niños y niñas y su socialización. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 8(2), 799-808. Recuperado de <http://www.redalyc.org>
- FONTES, M. A. y DUARTE, M. C. (1992). Creencias populares y enseñanza de la Biología. *Enseñanza de las ciencias*, 10(1), 89-93. Recuperado de <http://www.raco.cat>

- GIL, D.; CARRASCOSA, J.; FURIÓ, C. y MARTÍNEZ, J. (1991): *La enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria*. Barcelona: ICE-Horsori.
- GUTIÉRREZ, G., ARRIETA, X. y MELEÁN, R. (2012). Fundamentos de la teoría de los campos conceptuales de Gerard Vergnaud. *Agora Trujillo*, 15(30), 37-58. Recuperado de <http://www.saber.ula.ve>
- HERNÁNDEZ, S. (2008). El modelo constructivista con las nuevas tecnologías: aplicado en el proceso de aprendizaje. *Revista de Universidad y Sociedad del conocimiento*, 5(2), 26-35. Recuperado de <http://www.uoc.edu>
- HERRERA, J. L. y DE LA UZ, M. (2009). Enfoques y tendencias contemporáneas de las ciencias pedagógicas, desde la impronta de Vygotsky. *Odiseo, revista electrónica de pedagogía*, 7(14), 1-18. Recuperado de <http://www.odiseo.com.mx>
- ÍÑIGUEZ, F. J. y PUIGSERVER, 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. Recuperado de <http://reuredc.uca.es>
- IZQUIERDO, M. (2005). Hacia una teoría de los contenidos escolares. *Enseñanza de las ciencias*, 23(1), 111-122. Recuperado de <http://www.raco.cat>
- JIMÉNEZ, M. P. (1991). Cambiando las ideas sobre el cambio biológico. *Enseñanza de las ciencias*, 9(3), 248-256. Recuperado de <http://ddd.uab.cat>
- JIMÉNEZ, M. P. (2003): El aprendizaje de las ciencias: construir y usar herramientas. En Jiménez, M. P. (1ª Ed.), *Enseñar ciencias* (pp. 13-32). Barcelona: Edit. Graó.
- LABAJO, V. (2007). El consumidor europeo ante los alimentos transgénicos. *Revista cuatrimestral de las Facultades de Derecho y Ciencias Económicas y Empresariales*, 72, 359-371. Recuperado de <http://revistas.upcomillas.es>
- LEY ORGÁNICA 2/2006, de 3 de mayo, de *Educación* (LOE). Boletín Oficial del Estado, nº106, jueves 4 de mayo de 2006.

- LORENTE, J. A., VEGA, M. L. y ROSAS, G. O. (2007). Genética forense la ciencia al servicio de la justicia. *Mensaje Bioquímico*, 31, 44-67. Recuperado de <http://bq.unam.mx>
- MARTÍNEZ, M. (2006). La investigación cualitativa (síntesis conceptual). *Revista de Investigación en Psicología*, 9(1), 123-146. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- MORENO, L. E. y WALDEGG, G. (1998). La epistemología y la didáctica de las ciencias: ¿Coincidencia o complementariedad? *Enseñanza de las Ciencias*, 16(3), 421-429. Recuperado de <http://www.raco.cat>
- MORÓN, H., MORÓN, M. C., WAMBA, A. M. y JIMÉNEZ, R. (2011). Una propuesta metodológica para la enseñanza de la biología y geología en la educación secundaria. *Revista de educación en biología*, 15(2), 58-68. Recuperado de <http://www.revistaadbia.com>
- OÑORBE, A. (2003): Resolución de problemas. En Jiménez, M. P. (1ª Ed.), *Enseñar ciencias*. (pp. 73-93). Barcelona: Edit. Graó.
- RAE, R. A. (2013). RAE, Real Academia Española. Recuperado de <http://rae.es>
- REAL DECRETO 1631/2006, de 29 de diciembre, *por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria*. Boletín Oficial del Estado, 5, de 5 de enero de 2007.
- REGUERO, M. T. (2011). Biotecnología en salud: versiones y dimensiones. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 13(2), 5-9. Recuperado de <http://www.redalyc.org>
- SERRANO, J. S. y PONS, R. M. (2011). El constructivismo hoy: enfoques constructivistas en educación. *Revista Electrónica de Investigación Educativa*, 13(1), 1-5. Recuperado de <http://redie.uabc.mx>
- SUÁREZ, Z. (2012). Constructivismo en educación: ilusiones y dilemas. *Revista Calidad en la Educación Superior*, 3(1), 24-42. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es>
- VIDAL, D. R. (2004). Presente y futuro de los alimentos transgénicos. *Sistema: Revista de ciencias sociales*, n.179-180, 31-40. Recuperado de <http://vinv.ucr.ac.cr>
- VYGOTSKY, L. S. (1984). Aprendizaje y desarrollo intelectual en la edad escolar. *Infancia y Aprendizaje*, 27/28, 105-116.

11. ANEXOS

Anexo 1

Primer cuestionario: para conocer cuál ha sido el primer contacto de los alumnos con la Genética y su opinión sobre temas de actualidad relacionados con esta temática.

1) De los siguientes conceptos señala aquellos de los que hayas oído hablar (SÍ/NO), dónde los oíste por primera vez (cine, televisión, colegio, prensa, familia, etc.).

	He oído hablar SÍ/NO	Dónde he oído hablar
Gen		
Mutación		
Alelo		
ADN		
Cromosoma		
Clon		

2) De las siguientes películas, rodea con un círculo las que has visto:

- | | | |
|-----------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| -Parque Jurásico | -Gattaca | -El sexto día |
| -Los niños del Brasil | -X-Men | -James Bond. Muere otro día |
| -Spiderman | -Species | -El increíble Hulk |
| -Splice: Experimento mortal | -Avatar | -Alien Resurrección |
| -La Isla | -El Enviado (Godsend) | -Distrito 9 |
| -Blade Runner | -Soy Leyenda | -Elysium |
| -Los 4 Fantásticos | -El origen del planeta de los simios | |
| -Deep Blue Sea | -Ultravioleta | |

3) ¿Crees que los avances que se están produciendo en Biotecnología y en Ingeniería Genética serán muy beneficiosos, bastante beneficiosos, poco beneficiosos o nada beneficiosos para las personas?

- a) Muy beneficiosos
- b) Bastante beneficiosos
- c) Poco beneficiosos
- d) Nada beneficiosos

4) ¿Crees que los avances que se están produciendo en Biotecnología y en Ingeniería Genética son muy peligrosos, bastante, poco o nada peligrosos para las personas?

- a) Muy peligrosos
- b) Bastante peligrosos
- c) Poco peligrosos
- d) Nada peligrosos

5) Indica si estás de acuerdo o en desacuerdo con la aplicación de la Ingeniería Genética en:

- Las células de las plantas: _____
- Las bacterias: _____
- Las células de los animales: _____
- Las células humanas: _____
- Los embriones humanos: _____

6) En general, ¿estás de acuerdo con el uso de la Ingeniería Genética en la agricultura y en la producción de alimentos?

- a) Muy de acuerdo
- b) Bastante de acuerdo
- c) Bastante en desacuerdo
- d) Muy en desacuerdo

7) ¿Estás a favor de los alimentos transgénicos o prefieres todo natural?

- a) Sí, estoy a favor
- b) Prefiero lo natural
- c) Me da igual
- d) No lo sé

Anexo 2

Segundo cuestionario: para comprobar el grado de conocimiento sobre contenidos básicos de Genética y poder detectar posibles ideas previas erróneas.

1) ¿Por qué crees que son importantes los genes?

- a) Porque son los responsables de las características que posee una persona.
- b) Porque necesitamos fabricarlos a medida que crecemos para que vayan apareciendo nuestras características físicas.
- c) Porque si mutan nos podemos transformar.
- d) Porque en ellos 'está escrito' el tiempo que vamos a vivir.

2) De los siguientes organismos, subraya los que tienen genes.

- | | | |
|--------------|------------|-------------|
| - Gato | - Mosquito | - Champiñón |
| - Ser Humano | - Rosa | - Bacteria |
| - Esponja | - Trigo | - Lechuga |

3) ¿Dónde crees que se localizan los genes?

- a) En el corazón principalmente.
- b) Únicamente en la sangre.
- c) En los cromosomas.
- d) Solamente en las células reproductoras.

4) Escribe en orden, según el tamaño, los siguientes elementos:

Célula, cromosoma, gen, ADN, organismo, núcleo

Más grande

Más pequeño

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

5) Subraya en cuales de las siguientes características influyen los genes:

- | | |
|------------------|-------------------------------------|
| Color de pelo | Control de la producción de enzimas |
| Estatura | Lunares |
| Inteligencia | Cicatrices |
| Acento al hablar | Número de pétalos de una flor |

6) ¿Qué células tienen cromosomas?

- a) Células del cerebro.
- b) Células del corazón.
- c) Óvulos y espermatozoides.
- d) Todas.

7) ¿Qué células tienen cromosomas sexuales?

- a) Células del cerebro.
- b) Células del corazón.
- c) Óvulos y espermatozoides.
- d) Todas.

8) Una mutación es un cambio:

- a) En las moléculas de la célula.
- b) En la forma de heredar los caracteres.
- c) En la información genética.
- d) En los orgánulos celulares.

9) Indica si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. Escribe a la izquierda V o F.

- Cuanta más cantidad de material genético tiene un organismo más complejo es.
- Se ha obtenido la secuencia completa del genoma humano.
- El tiempo que vamos a vivir y las enfermedades que vamos a sufrir 'están escritos' en nuestro ADN.
- Gen y alelo significan lo mismo.
- Los genes están constituidos mayoritariamente de agua.
- La expresión de los genes está influenciada por el medio ambiente.
- Un alimento natural siempre será más sano que uno transgénico.
- Con la clonación se consigue una copia mucho más exacta que la que se produce de forma natural en los gemelos univitelinos.
- Todas las células de un organismo (a excepción de los gametos) llevan el mismo material genético, aunque desempeñen distintas funciones.
- La reproducción sexual y las mutaciones causan diversidad en los seres vivos.

Anexo 3

Preguntas de la entrevista al profesor o profesora de Biología y Geología de 4º de ESO para conocer la metodología y recursos utilizados en clase.

- 1) ¿En qué momento del curso se imparten los temas de genética?
- 2) ¿Cuántas sesiones de clase se dedican?
- 3) ¿Qué modelo/s didáctico/s utiliza?
- 4) ¿Qué recursos utiliza? ¿Qué importancia le da a cada uno? (libro de texto, pizarra tradicional, pizarra digital, TIC, videos, películas...)
- 5) ¿Qué actividades pone a los alumnos? ¿Problemas? ¿Cuándo? ¿Antes, durante o después de la explicación?
- 6) ¿Se realizan prácticas de laboratorio? ¿Prácticas con el ordenador? ¿Actividades fuera del aula?
- 7) ¿cómo evalúa a los alumnos? Evaluación continua, ejercicios, examen, etc.
- 8) ¿Cómo es el examen? ¿Un examen solo para los temas de Genética?
- 9) ¿Qué notas obtuvieron en estos temas? ¿Hubo diferencias significativas respecto a otros? ¿Qué peso tiene la nota de estos temas en la materia?
- 10) ¿Qué actitud tienen los alumnos ante los temas de Genética? ¿Les gustan? ¿Les parecen especialmente difíciles? ¿Vienen ya con ideas preestablecidas? ¿Hay algún aspecto, o parte de la Genética que le cuesta más hacer entender a los alumnos?

Anexo 4

Entrevista a la profesora de Biología y Geología del IES A.

1) ¿En qué momento del curso se imparten los temas de Genética?

Resp: **En Enero. Al comienzo del segundo trimestre.**

2) ¿Cuántas sesiones de clase se dedican?

Resp: **Unas 12 sesiones. Dedico un mes entero a explicar las características de la célula, para poder sentar una buena base, antes de comenzar con los temas de herencia biológica.**

3) ¿Qué modelo/s didáctico/s utiliza? Funcionamiento general de la clase.

Resp: **Comienzo introduciendo el tema a tratar e invito a los alumnos a que expresen sus ideas, lo que saben del tema. Esto lo hago para saber cuál es el punto de partida, las ideas previas que tienen y las carencias que presentan. Las clases una vez comenzado el tema, me gusta que sean participativas, no estoy yo todo el tiempo hablando, les pregunto su opinión e intento que participen.**

4) ¿Qué recursos utiliza? ¿Qué importancia le da a cada uno? (libro de texto, pizarra tradicional, pizarra digital, TIC, videos, películas...)

Resp: **Creo que soy bastante tradicional en este aspecto, sé que existen otros recursos pero principalmente utilizo la pizarra tradicional para impartir mis clases, aunque alguna vez he recurrido a algún video. Para explicar conceptos genéticos hago dibujos en la pizarra con tizas de colores, y da bastante buen resultado. El libro que seguimos es el de Santillana, Los caminos del saber.**

5) ¿Qué actividades pone a los alumnos? ¿Problemas? ¿Cuándo? ¿Antes, durante o después de la explicación?

Resp: **Principalmente, problemas de genética: de paternidad, grupos sanguíneos, caracteres heredados en árboles genealógicos... Siempre al final, cuando les he explicado lo que necesitan saber para hacerlos. Los hacen en casa y los corregimos entre todos en clase; no me gusta que los hagan en clase porque no todos los trabajan y al final solo son unos pocos los que los hacen.**

6) ¿Se realizan prácticas de laboratorio? ¿Prácticas con el ordenador? ¿Actividades fuera del aula?

Resp: **Algún año hemos hecho alguna práctica de observación de mitosis en raíces, pero no ha sido muy satisfactorio. Generalmente, observan mejor estos procesos en fotografías.**

7) ¿Cómo evalúa a los alumnos? Evaluación continua, ejercicios, examen, etc.

Resp: **Hacen un examen dedicado a la célula y el núcleo, y otro para los temas de Genética. El examen corresponde a un 90% de la nota y el 10% restante corresponde el grado de esfuerzo del alumno en actividades o participación en clase.**

8) ¿Cómo es el examen? ¿Un examen solo para los temas de Genética?

Resp: **El examen de Genética consta de una primera parte de preguntas conceptuales y otra de problemas. Valen las dos partes lo mismo.**

9) ¿Qué notas obtuvieron en estos temas? ¿Hubo diferencias significativas respecto a otros? ¿Qué peso tiene la nota de estos temas en la materia?

Resp: **Las notas son similares a las que obtienen en otros temas de la materia. Pues, más o menos, estos temas corresponden a un tercio del curso.**

10) ¿Qué actitud tienen los alumnos ante los temas de Genética? ¿Les gustan? ¿Les parecen especialmente difíciles? ¿Vienen ya con ideas preestablecidas? ¿Hay algún aspecto, o parte de la Genética que le cuesta más hacer entender a los alumnos?

Resp: **En general, se muestran muy interesados en estos temas. Sí les gustan. Uno de los conceptos que a veces les cuesta un poco entender es la meiosis, aunque tampoco excesivamente, no como en el caso de los alumnos de 3º de ESO a los que este proceso sí que les cuesta mucho, parece como si en 4º se produjera una especie de clic, de cambio en el cerebro de los alumnos, que hace que lo entiendan con mayor facilidad.**

Anexo 5

Entrevista a la profesora de Biología y Geología del IES B.

1) ¿En qué momento del curso se imparten los temas de Genética?

Resp: **Comenzamos al final del primer trimestre.**

2) ¿Cuántas sesiones de clase se dedican?

Resp: **En total, unas 10 clases.**

3) ¿Qué modelo/s didáctico/s utiliza? Funcionamiento general de la clase.

Resp: **Tengo preparadas las clases para impartirlas apoyándome en power-points, pasándome a la pizarra (tradicional) cuando es necesario explicar con más profundidad algún concepto. Los alumnos preguntan en el momento que no entienden algo.**

4) ¿Qué recursos utiliza? ¿Qué importancia le da a cada uno? (libro de texto, pizarra tradicional, pizarra digital, TIC, videos, películas...)

Resp: **Para los contenidos me baso fundamentalmente en el libro de texto (Los caminos del saber, ed. Santillana) y para dar las clases, utilizo mucho el proyector, sobre todo, para los power-point pero también para ponerles videos al finalizar el tema. Con los alumnos de 4º de ESO suelo alternar bastante entre las proyecciones (power-point) y la pizarra tradicional porque no aguantan mucho tiempo la atención y se aburren si la clase no tiene cierto dinamismo.**

5) ¿Qué actividades pone a los alumnos? ¿Problemas? ¿Cuándo? ¿Antes, durante o después de la explicación?

Resp: **Al empezar el tema les reparto una hoja de problemas que tengo yo preparada, ya que los problemas del libro no me gustan. A medida que vamos avanzando en el tema les voy mandando los ejercicios que ya pueden hacer. Siempre de menor a mayor dificultad.**

6) ¿Se realizan prácticas de laboratorio? ¿Prácticas con el ordenador? ¿Actividades fuera del aula?

Resp: **En los temas de Genética no realizamos ninguna práctica de laboratorio, tampoco actividades fuera del aula. En cuanto a trabajar con ordenadores, posiblemente más adelante porque ahora no disponemos de ellos.**

7) ¿Cómo evalúa a los alumnos? Evaluación continua, ejercicios, examen, etc.

Resp: **El examen es lo que más peso tiene, un 80% de la nota. El trabajo diario: libreta, ejercicios y preguntas en clase, un 10%. Y el 10% restante corresponde a la actitud que muestren en clase, comportamiento, interés, esfuerzo, etc.**

8) ¿Cómo es el examen? ¿Un examen solo para los temas de Genética?

Resp: **Sí, un examen para los temas de Genética. Lo que más valor tiene en el examen son los problemas, con un 70% de la nota. El restante 30% corresponde a definición de conceptos y preguntas de desarrollo.**

9) ¿Qué notas obtuvieron en estos temas? ¿Hubo diferencias significativas respecto a otros? ¿Qué peso tiene la nota de estos temas en la materia?

Resp: **No aprecio diferencias con respecto a otros temas de biología. La nota en estos temas corresponde más o menos a una tercera parte de la nota final.**

10) ¿Qué actitud tienen los alumnos ante los temas de Genética? ¿Les gustan? ¿Les parecen especialmente difíciles? ¿Vienen ya con ideas preestablecidas? ¿Hay algún aspecto, o parte de la Genética que le cuesta más hacer entender a los alumnos?

Resp: **La Genética en general les gusta, aunque también les resulta difícil. Les interesan estos temas y les gustan los ejemplos que utilizamos en los problemas porque los ven muy cercanos a su vida cotidiana. Algo que les cuesta especialmente entender es la herencia ligada al sexo.**