

Perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad en el aprendizaje de las ciencias

Universidad de Zaragoza. Facultad de Educación

Máster Aprendizaje a lo largo de la vida en contextos multiculturales

**Perspectiva Ciencia, Tecnología y
Sociedad en el aprendizaje de las ciencias**

Clones, ¿Gemelos de distinta edad?

Trabajo Fin de Máster

Curso 2012-2013

Autor: María Felipe Soler

Tutores: Rosario Fernández Manzanal

Santos Orejudo Hernández

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Universidad de Zaragoza. Facultad de Educación

Máster Aprendizaje a lo largo de la vida en contextos multiculturales

**Perspectiva Ciencia, Tecnología y
Sociedad en el aprendizaje de las ciencias**

Clones, ¿Gemelos de distinta edad?

Trabajo Fin de Máster

Curso 2012-2013

Autor: María Felipe Soler

Tutores: Rosario Fernández Manzanal

Santos Orejudo Hernández

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría expresar mi agradecimiento a Rosario Fernández Manzanal por su dedicación y apoyo a lo largo de este año. Gracias a ella, comenzó mi interés por la didáctica de las ciencias, especialmente por la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza. También quiero agradecer al Departamento de Didáctica de las Ciencias la posibilidad de realizar este trabajo.

No me quiero olvidar tampoco del profesor Santos Orejudo, coordinador del Máster de Aprendizaje a lo Largo de la Vida en Contextos Multiculturales y cotutor de este trabajo. Tanto él como el resto de profesores que han impartido docencia en este Máster, han logrado que me introdujera en la investigación en el campo de la educación. He de reconocer que no ha sido fácil dar los primeros pasos en esta área dada mi procedencia, las ciencias experimentales, pero gracias a la dedicación del equipo docente, el camino recorrido ha sido menos arduo.

Desde que comencé el Máster de Educación Secundaria Obligatoria, mi inquietud por la enseñanza de las ciencias me llevó a querer encaminar mi carrera profesional en esta dirección. Como profesora de Educación Secundaria de ciencias, considero necesario la realización de trabajos de investigación que nos sirvan a los docentes para la mejora de nuestra práctica diaria y en consecuencia para la adquisición de un mayor grado de conocimientos científicos por parte de nuestros alumnos.

Índice

RESUMEN.....	6
I FUNDAMENTACIÓN	
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Presentación.....	9
1.2. Problema / cuestiones de investigación.....	9
1.3. Revisión de la literatura/revisión de conocimientos	10
1.3.1. Introducción.....	10
1.3.2. Antecedentes históricos de la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad y de la didáctica de las ciencias.....	10
1.3.3. Papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad.....	13
1.3.4. La alfabetización científica como enfoque curricular.....	15
1.3.5. El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias...	18
1.3.6. Metodología Ciencia, Tecnología y Sociedad.....	19
1.3.7. Ciencia, Tecnología y Sociedad en España.....	19
1.3.8. El contexto escolar de este trabajo.....	19
1.4. Propósito.....	19
1.5. Relevancia social del problema objeto de estudio.....	20
CAPÍTULO 2. MÉTODO	
2.1. Introducción.....	21
2.2. Metodología cualitativa: estudio de caso.....	22
2.3. Sujetos/Participantes.....	22
2.4. Instrumentos.....	23
2.5. Procedimiento.....	25
2.6. Toma de datos.....	27
2.7. Análisis de datos.....	28

II RESULTADOS

CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....31

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN.....51

III REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas.....53

Resumen

En este trabajo, hemos querido profundizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias desde el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, que pretende formar a ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente, que sean capaces de tomar decisiones y de participar

de forma responsable en la sociedad actual. A partir de la puesta en práctica en el aula de la unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad, *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?*, hemos querido explorar qué y cómo aprenden un grupo de alumnos de 1º de Bachillerato de la asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo.

Palabras clave: Ciencia, Tecnología y Sociedad, ciudadanos alfabetizados, proceso de enseñanza-aprendizaje.

Abstract

The aim of this study is to go into detail about the science teaching and learning process from the perspective Science, Technology and Society whose purpose is to train citizens scientific and technologically literate, capable of making decisions and taking part in a responsible way in the current society. Through the put into practice in the classroom the teaching unit Science, Technology and Society, *Clones, ¿Are they twins with different age?*, we have wanted to explore what and how a group of students that study Science for the contemporary world learn science.

Key words: Science, Technology and Society, literate citizens, teaching and learning process.

I FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Capítulo 1. Introducción

1.1. Presentación

Nos hemos planteado este trabajo debido a que desde hace varios años trabajo como profesora de Secundaria de la Especialidad de Biología y Geología. En ese tiempo, me ha resultado de mucho interés el enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias y por ello, hemos querido profundizar en cómo aprenden los alumnos en la clase de ciencias utilizando esta metodología.

1.2. Problema/cuestiones de investigación

En este trabajo de investigación se pretende ahondar en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias desde la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad, que busca formar a ciudadanos para que sean capaces de tomar decisiones bien informadas y de actuar de manera responsable en la sociedad actual. Las unidades didácticas que siguen esta línea ponen énfasis en los conceptos, procedimientos y actitudes de la ciencia.

Mediante la puesta en práctica de *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?*, una unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad del proyecto *Más Ciencia* (2000) nos hemos planteado el siguiente problema: explorar qué y cómo aprenden los alumnos de un grupo de 1º de Bachillerato que cursa la asignatura de Ciencias para el Mundo Contemporáneo algunos contenidos de genética como heredabilidad o transmisión hereditaria y otros contenidos asociados como fecundación o clonación. El trabajo cooperativo y la realización de un debate público con opiniones a favor y en contra de la clonación constituyen las principales estrategias de esta unidad.

Para resolver este problema, nos hemos planteado las siguientes cuestiones:

1. Una unidad didáctica en la que los contenidos están seleccionados para tratar un tema de actualidad científica y social facilita la adquisición de los conceptos, procedimientos y actitudes científicas.
2. Una unidad didáctica en la que se propone la discusión en pequeños grupos facilita el empleo del lenguaje científico.
3. Una unidad didáctica en la que se proponen las aplicaciones tecnológicas de la ciencia facilita el establecimiento de relaciones entre la ciencia y la tecnología.
4. Una unidad didáctica en la que se plantea un debate público con opiniones a favor y en contra facilita la expresión de ideas científicas.

1.3. Revisión de la literatura/revisión de conocimientos

1.3.1. Introducción

“Con frecuencia, las publicaciones populares reflejan las actitudes públicas”

(López, 1998, p.41.)

Las aventuras de Tintín, una de las series más influyentes del siglo XX es un exponente de publicación que refleja la interacción que vamos a estudiar. Uno de los personajes principales de este cómic es el profesor Tornasol cuya evolución a lo largo de 24 álbumes constituye el cambio de la imagen pública sobre las interacciones de la ciencia, la tecnología y la sociedad. En su primera aparición en 1943 es un despistado y excéntrico inventor que produce artefactos con dudosa fiabilidad para después pasar a ser un científico excepcional con la creación del submarino y el generador de ultrasonidos, convirtiéndose en un eminente físico nuclear con el desarrollo del cohete lunar. Tintín y el resto de personajes atraviesa las décadas del siglo XX llegando incluso a reflejar conflictos bélicos como la Guerra del Chaco, el expansionismo nazi, la guerra fría o las guerrillas sudamericanas. En el decimoctavo álbum de la serie, “El Asunto Tornasol”, se refleja el ambiente de la guerra fría con una historia que transcurre principalmente en Suiza plasmando el conflicto entre dos bloques, representados por Borduria y Syldavia. El miedo de las grandes potencias mundiales por las armas de destrucción masiva hace que dirijan sus objetivos a la búsqueda de algún invento revolucionario que puede originar la mayor destrucción posible en el enemigo. Los dirigentes de Borduria, pendientes de los avances científicos del profesor Tornasol, deciden secuestrarle para obligarle a destinar sus descubrimientos a fines destructivos. Su dedicación al desarrollo de cohetes y armas al servicio de los países beligerantes provocan su retirada como científico destinando sus esfuerzos a creaciones menos arriesgadas.

1.3.2. Antecedentes históricos de la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad y de la didáctica de las ciencias.

La ciencia solo puede contribuir al mayor bienestar social si se olvida de la sociedad para buscar exclusivamente la verdad (Maxwell, 1984). Esta visión clásica de la ciencia, predominante hasta los años 70, buscaba la acumulación de conocimiento objetivo acerca del mundo. La política científico-tecnológica norteamericana estaba basada en un modelo lineal de desarrollo mostrando el carácter autónomo de la ciencia. Es a mediados de los años 50 cuando se plantea la necesidad de revisar esta política. En esa década, la URSS pone en órbita el Sputnik, el primer satélite artificial. Es entonces cuando surgen los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad presentando la ciencia como una actividad que no puede desligarse de la sociedad, es decir, de

los valores morales, convicciones religiosas, intereses profesionales, presiones económicas, etc...(López, 1988).

Ciencia, Tecnología y Sociedad es el nombre que recibe una línea de trabajo académico y de investigación, que tiene por objeto preguntarse por la condición social del conocimiento científico-tecnológico y sus repercusiones en los ámbitos económicos, sociales, ambientales y culturales de las sociedades occidentales (Orosio, 2002). Desde la segunda guerra mundial, existía una preocupación por la ciencia y la tecnología que creció en los sesenta, debido principalmente a la tensión internacional por la carrera armamentística y el deterioro del medioambiente (Walks y Rostum, 1990).

Los estudios Ciencia, Tecnología y Sociedad se han centrado principalmente en tres campos (González, López y Luján, 1996):

- a) En el de la investigación, a través de una visión socialmente contextualizada de la ciencia y la tecnología.
- b) En el de las políticas de ciencia y tecnología, defendiendo la participación pública en la toma de decisiones en el ámbito científico-tecnológico.
- c) En el educativo, con el fin de formar a ciudadanos alfabetizados científica y tecnológicamente capaces de tomar decisiones responsables.

En el ámbito educativo, las interacciones de la ciencia y la tecnología en la sociedad actual han dado lugar al desarrollo en muchos países de programas y materiales Ciencia, Tecnología y Sociedad en enseñanza secundaria y universitaria. Así, estos programas plantean una enseñanza de las ciencias más contextualizada y crítica. Esto implica por un lado cambios en los contenidos de la enseñanza de la ciencia-tecnología, y, por otro, cambios metodológicos y de actitudes. Estos cambios pretenden acercar la cultura humanística y la científico-tecnológica con el objetivo de alfabetizar en ciencia y tecnología a ciudadanos para que sean capaces de tomar decisiones con espíritu crítico y de fomentar la independencia de los expertos (Snow, 1964).

La educación Ciencia, Tecnología y Sociedad se ha desarrollado principalmente en la enseñanza secundaria y en la enseñanza universitaria a través de diferentes programas educativos puestos en práctica desde finales de los años 60. Son dos las asociaciones de profesores que han impulsado la educación Ciencia, Tecnología y Sociedad: la norteamericana Asociación Nacional de Profesores de Ciencias (National Science Teachers Association) y la Asociación Británica para la Enseñanza de la Ciencia (Association for Science Education).

A raíz de esta orientación han surgido tres modalidades principales de Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias y las humanidades: Ciencia, Tecnología y Sociedad como añadido curricular; Ciencia, Tecnología y Sociedad como añadido de materias; y ciencia-tecnología a través de Ciencia-Tecnología y Sociedad (González, López y Luján, 1996; Sanmartín, Cutcliffe, Goldman y Medina, 1992).

La primera modalidad consiste en la introducción en el currículo de una materia Ciencia, Tecnología y Sociedad en la que se aborden problemas sociales, ambientales, éticos, culturales, etc., planteados por la ciencia y la tecnología. Los objetivos de esta modalidad educativa consisten en que los alumnos adquieran un espíritu crítico sobre ciencia-tecnología. La segunda modalidad consiste en integrar en los temas tradicionales de las materias de ciencias añadidos Ciencia, Tecnología y Sociedad. Destacan proyectos como *Ciencia a través de Europa* y *SATIS* (Science and Technology in Society – Ciencia y Tecnología en Sociedad). El objetivo de esta modalidad es que los estudiantes tomen conciencia de las consecuencias sociales y ambientales de la ciencia y la tecnología. “Su ventaja más llamativa es que hace más interesantes y, por ello, proporciona un estímulo importante para el estudio de la ciencia y la formación de vocaciones” (López, 1998, p.43). La tercera modalidad consiste en transmitir mediante una perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad los contenidos de la enseñanza de la ciencia y la tecnología. Se toma un problema social y a partir del mismo se selecciona el conocimiento científico-tecnológico para que el alumno sea capaz de entender un problema o tomar una decisión relacionada con la ciencia-tecnología.

No podemos atribuir a un solo factor la aparición en su día del enfoque Ciencia, Tecnología y Sociedad, sino que son varios los factores que explican su origen y su posterior desarrollo en sistemas educativos de diferentes países (Pardo, 1992). Uno de los principales factores es la insatisfacción con el sistema de educación científica tradicional, al cual se atribuyen gran número de deficiencias en sus resultados (Pardo, 1992):

- a) Actitudes negativas de los alumnos hacia la ciencia crecientes a lo largo de su escolarización
- b) Elevados niveles de fracaso escolar en los rendimientos académicos en el área científica.
- c) Excesivo énfasis del currículo científico en los contenidos conceptuales.
- d) Los alumnos adquieren una imagen errónea y deformada de la ciencia.

La perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad para la enseñanza de las ciencias se fundamenta en varios principios, entre los que destacan, según Pardo (1992) los siguientes :

- a) Dotar de una mayor importancia al aspecto social del currículo.

- b) Prestar una mayor atención a las actitudes, que hasta ahora se centraba en los contenidos conceptuales y procedimentales.
- c) Otorgar una mayor importancia al desarrollo social del alumno, que constituye una de las finalidades de la educación científica para que este pueda integrarse en una sociedad industrial y tecnificada.

1.3.3. Papel de la ciencia y la tecnología en la sociedad

La ciencia y la tecnología han tenido y tienen un papel en la sociedad que resulta incuestionable (Gutiérrez, Gómez & Martín-Díaz, 2001). Podemos remontarnos a la Prehistoria para recordar que el desarrollo de la agricultura originó el periodo neolítico. Posteriormente, la Revolución Industrial originó una nueva clase social: el proletariado. Actualmente, vivimos rodeados de avances científicos y tecnológicos que originan importantes cambios sociales (Gutiérrez et al. 2001).

En la sociedad en la que vivimos, los ciudadanos consideran que no disponen de los conocimientos necesarios para tomar decisiones acerca de la ciencia (Gutiérrez et al. 2001) aunque hay que señalar que en los últimos años son muchos los ciudadanos que manifiestan sus ideas en problemas medioambientales, alimenticios o de salud. Este interés que presenta la ciudadanía sobre los problemas científico-tecnológicos no ha llevado a que desde los ámbitos escolares y de la investigación científica se preste más atención a la educación y divulgación científica (Martín-Díaz, Gómez y Gutiérrez, 2000).

Marco-Stefiel, en el prólogo de Aguilar (1999) habla del significado que para él tiene la educación científica.

“Formar ciudadanos científicamente cultos no significa hoy dotarles solo de un lenguaje, el científico, -en sí ya bastante complejo- sino enseñarles a desmitificar y decodificar las creencias adheridas a la ciencia y a los científicos, prescindir de su aparente neutralidad, entrar en las cuestiones epistemológicas y en las terribles desigualdades ocasionadas por el mal uso de la ciencia y sus condicionantes socio-políticos”.

Esta educación científica se adquiere en la escuela así como en los medios de comunicación. Centrándonos en primer lugar en la escuela, las finalidades de la enseñanza de las ciencias han ido variando a lo largo del tiempo. Durante muchos años, se consideró que la finalidad de la enseñanza de las ciencias en la Educación Secundaria era formar futuros científicos. Sin embargo, a día de hoy, Gutiérrez et al. (2001) consideran que la finalidad de esta enseñanza debe ser educar científicamente a los ciudadanos para que adquieran conciencia de los

problemas socio-científicos y de la capacidad que tienen para actuar sobre ellos. El enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad parece el adecuado para que la ciudadanía adquiriera una cultura científica.

Las nuevas revoluciones científicas y el alcance de los últimos descubrimientos científicos y tecnológicos hacen necesario tener una ciudadanía con una formación científica y tecnológica básica (Marco-Stefiel, 2001). En décadas anteriores, la participación en temas científicos era considerada una tarea dirigida únicamente a los científicos. Sin embargo, hoy en día se requiere que los ciudadanos muestren su opinión en relación a temas que les afectan.

Aunque la ciencia, la tecnología y la sociedad son conceptos diferentes, existen interrelaciones entre ambas, considerándose varios sistemas: el sistema tecno-científico, el socio-científico y el socio-tecnológico.

Nos centraremos en primer lugar en el sistema tecno-científico. A pesar de que la ciencia y la tecnología tienen diferente naturaleza, son muchas las conexiones entre estas dos entidades dependientes la una de la otra. Es a partir del Renacimiento cuando los lazos entre ciencia y tecnología empiezan a ser más fuertes, construyéndose el proyecto de la tecnociencia (Santos, 2001). Bacon, Descartes, Copérnico y Galileo introducen la necesidad de que la ciencia tenga una aplicación práctica posterior. En la investigación científica actual, la ciencia y la tecnología son entendidas como entidades relacionadas. La escuela no puede estar al margen de la interdependencia entre la ciencia y la tecnología.

La ciencia no se relaciona únicamente con la tecnología, sino también con la sociedad. Los desarrollos científicos y tecnológicos tienen repercusiones culturales, éticas, filosóficas, políticas, económicas y educativas y es por ello que no podemos ignorarlo (Santos, 2001).

La técnica también está fuertemente vinculada a la sociedad. De hecho, las nuevas tecnologías han cambiado la forma de entender la realidad. Los productos resultantes de la actividad tecnológica no tienen solo que funcionar correctamente sino que también tienen que atender a una serie de condiciones sociales como puede ser el impacto ambiental, el coste, las preferencias estéticas, las exigencias ergonómicas, la extensión del mercado... (Santos, 2001).

De las relaciones entre la ciencia y la tecnología, la ciencia y la sociedad y por último la tecnología y la sociedad surge la dimensión Ciencia, Tecnología y Sociedad. Esta perspectiva, al contrario de la concepción de enseñanza de la ciencia pura, siempre tiene en cuenta la tecnología y la sociedad. Este enfoque pretende que los ciudadanos estén alfabetizados científica y tecnológicamente para poder vivir en la sociedad actual. Este objetivo viene siendo reclamado

desde hace muchos años por los movimientos humanistas de la educación científica (Santos, 2001).

Para que se desarrolle una ciudadanía responsable y preparada para tratar problemas científicos y tecnológicos, se necesita un currículo de ciencias que no se quede en el aprendizaje de conceptos y de teorías, sino que establezca relaciones con cuestiones sociales, éticas, tecnológicas, cognitivas, comunicativas y comportamentales (Santos, 2001). Se requiere que la ciencia y la tecnología se introduzcan en la vida de los ciudadanos.

1.3.4. La alfabetización científica como enfoque curricular

En la didáctica de las Ciencias existen tres preguntas clásicas y siempre actuales: ¿por qué enseñar ciencias?, ¿qué ciencia enseñar? y por último, ¿cómo enseñarla? (Lucas, 1993).

Desde la Didáctica de las Ciencias, se plantea la necesidad de que todos los ciudadanos adquieran una alfabetización científica y tecnológica que les capacite para intervenir en los procesos de toma de decisiones que se dan en las sociedades democráticas actuales (Prieto, España y Martín, 2012). Diariamente, como ciudadanos nos vemos inmersos en situaciones en las que debemos tomar decisiones en temas relacionados con la ciencia y la tecnología en el contexto de problemas actuales con repercusiones a nivel individual y colectivo. Resulta necesario por tanto contar con una ciudadanía científicamente y tecnológicamente alfabetizada por razones de carácter económico, político-social, cultural y funcional (Fourez, 1994; Millar, 1996; DeBoer, 2000; Ryder, 2001; Bybee y Fuchs, 2006).

Las razones de carácter económico se basan en la certeza de que para asegurar el desarrollo de un país, los programas educativos tienen que estar dirigidos tanto a mejorar la alfabetización científica de los ciudadanos como a la preparación de científicos y tecnólogos (Prieto, España, Martín, 2012). Las razones de carácter cultural hacen referencia al derecho de cada persona a disfrutar del conocimiento científico-tecnológico (Prieto, España y Martín, 2012). Por último, las razones de carácter funcional que permiten que nos movamos en el mundo tomando decisiones responsables sobre los sucesos que se producen en el mismo. Para ello, se necesitan cambios importantes en la enseñanza clásica de las ciencias que tienen implicaciones en cómo se seleccionan los contenidos, cómo se estructuran y cómo se trabajan en el aula (Ratcliffe y Millan, 2009).

Jenkins (2009) hace hincapié, por una parte, en la necesidad de considerar la ciencia y la tecnología como dos sistemas inseparables, y por otra, en la necesidad de seleccionar problemas que reflejen esa realidad. Por su parte, Hodson (2003) señala la necesidad de incluir en el

currículum de ciencias y tecnología el análisis de algunos de los desafíos que tiene la sociedad actualmente.

La perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad en el ámbito educativo exige interdisciplinaridad en los contenidos, inclusión de conocimientos procedentes de los contextos sociales así como el análisis de problemas de actualidad (Prieto, España y Martín, 2012). En relación al cómo enseñar, partir de situaciones reales permite que los estudiantes pongan en práctica actitudes y valores que son importantes en los procesos de toma de decisiones. Estos problemas que relacionan la ciencia, la tecnología y la sociedad en los que están implicados los valores y la ética se les suele denominar “problemas socio-científicos” (España y Prieto, 2009 y 2010). La controversia de estos problemas constituye el escenario para la realización de debates (Zeidler y Sadler, 2008; Prieto y España, 2010). El consumo de alimentos y de energía son dos ejemplos de estos problemas (Prieto, España y Martín, 2011). En los últimos años, el debate se ha centrado en los alimentos modificados genéticamente y sus efectos sobre la salud humana (Muñoz, 2002). El problema de la clonación y la ingeniería genética, central en este TFM, es otro de los asuntos científicos más debatidos tanto en niveles académicos como en la sociedad.

“La rapidez con que se han ido sucediendo las nuevas revoluciones científicas y la trascendencia de los descubrimientos científicos y tecnológicos recientes, plantean la necesidad de una ciudadanía científicamente culta y con hábitos adquiridos de aprendizaje permanente” (Marco-Stiefel, 2001).

En décadas anteriores, la alfabetización científica era considerada tarea de los científicos mientras que hoy en día se requiere que los ciudadanos estén también alfabetizados científicamente. El término *alfabetización científica* fue utilizado por primera vez por Paul deHart Hurd como objetivo para la enseñanza de las ciencias en 1958. A Hurd le interesaba que los estudiantes tuvieran una formación científica que les permitiera entender los descubrimientos que se estaban produciendo así como que siguieran aprendiendo.

La alfabetización requiere un cambio de las metodologías de enseñanza tradicionales a favor de otras más inductivas. Las lecturas de actualidad en las que aparecen conceptos, conocimientos y las repercusiones de los mismos permiten un aprendizaje en contexto (Marco-Stiefel, 2001). Para favorecer la alfabetización científica en el ámbito escolar, concretamente en el periodo de la Enseñanza Secundaria Obligatoria, las opciones son las siguientes (Marco-Stiefel, 2001):

a) Estudiar en el aula temas de actualidad científica que sean atractivos por su significatividad, su repercusión humana y social, su carácter de revolución científica o su originalidad. Así

mismo, también resultan de interés aquellos temas que provoquen controversia en torno al uso/abuso de la investigación con fines humanos y sociales.

b) Incorporar la historia de la ciencia en el currículo de ciencias.

Siguiendo con el discurso de Marco-Steifel (2001), se requiere que los ciudadanos del siglo XXI estén alfabetizados científica y tecnológicamente, algo que no se alcanza únicamente a través de conocimientos teóricos sino que se necesita un clima estimulante que fomente el aprendizaje así como un profesorado dispuesto a utilizar nuevas metodologías.

Para que los ciudadanos sean responsables y sepan tomar decisiones en torno a problemas que tienen dimensiones científicas y tecnológicas se requiere un currículo que no se centre únicamente en el aprendizaje de conceptos y teorías sino que debe intentar entablar relaciones entre las ciencias naturales y los campos social, tecnológico, cognitivo, ético y comunicativo (Santos, 2001).

A mediados de los 80, la alfabetización científica aparece como un objetivo para las décadas siguientes. Es entonces cuando la Royal Society de Londres publica un informe en el que anima a que las fuerzas sociales trabajen para alcanzar este objetivo. Posteriormente, en 1992, aparece en Londres una revista, *Public Understanding of Science*, en la que se empezó a tratar el tema de la alfabetización científica.

El *Proyecto 2061-Ciencia para todos los americanos* es otra de las publicaciones que nacieron con el objetivo de formar ciudadanos americanos científicamente cultos. Este proyecto apareció en los años 80 con el objetivo de formar científicamente a ciudadanos americanos. Más reciente es el proyecto *Beyond 2000-Science Education for the Future*, realizado por la Nuffield Foundation, que establece lo siguiente:

“El currículo de ciencias de 5 a 16 años debería concebirse principalmente como un curso para favorecer una alfabetización científica generalizada, puesto que ésta es necesaria para todos los jóvenes que crezcan en nuestra sociedad, cualesquiera que sean sus aspiraciones de carrera y de aptitudes...El currículo de ciencias debería suministrarles suficiente comprensión y conocimientos científicos como para leer artículos de ciencias en los periódicos, seguir programas de televisión o seguir con interés los nuevos avances científicos” (Millar y Osborne, 1998).

1.3.5. El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad en la enseñanza de las ciencias

A mediados del siglo pasado, el desarrollo de las teorías atómicas y el uso de la energía nuclear con fines bélicos acabaron con la supuesta neutralidad de la ciencia. Se plantea en los

años 60 la necesidad de relacionar la ciencia y la sociedad. En los años 70, se planteó en los currículos una alfabetización científica enfocada a la formación de futuros científicos. En los años 80, los currículos diseñados se centran en que los alumnos adquieran conocimientos científicos para que sean capaces de tomar decisiones personales y sociales (NSTA, 1982). Es entonces cuando aparece con fuerza el movimiento Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS).

SATIS (*Science and Technology in Society*) y APQUA (*Aprendizaje de los Productos Químicos, sus Usos y Aplicaciones*) son dos de los proyectos CTS extranjeros que más influencia han tenido en nuestro país en la enseñanza secundaria. El SATIS es un proyecto CTS promovido por la asociación inglesa para la enseñanza de las ciencias (ASE). Consta de una colección de 120 unidades didácticas agrupadas en 12 volúmenes, algunas de las cuales han sido traducidos. También existe un *Early SATIS* (8-14) y SATIS 16-19.

SATIS 16-19 es uno de los proyectos curriculares en el que se plasmó los enfoques propuestos por investigadores ingleses o americanos *Ciencia-Sociedad* o *Ciencia-Tecnología y Sociedad* (Yager, 1984; Aikenhead, 1985 y Salomon, 1988). *SATIS 16-19* y otros proyectos curriculares diseñados con este enfoque tenían dos propósitos: por una parte acercar la ciencia a los problemas de actualidad y por otra parte aportar una visión actualizada acerca de la *naturaleza de la ciencia* (Salomon, 1994).

El propósito de la educación Ciencia, Tecnología y Sociedad es promover la alfabetización en ciencia y tecnología, de forma que los ciudadanos estén capacitados para participar en el proceso de toma de decisiones y se fomente la intervención de los ciudadanos en la resolución de problemas relacionados con la ciencia y la tecnología en nuestra sociedad (Membiela, 2001). El movimiento Ciencia, Tecnología y Sociedad surgió en los años sesenta y setenta en las universidades y alcanzó la educación secundaria en la década de los ochenta.

1.3.6. Metodología Ciencia, Tecnología y Sociedad

No se puede decir que haya estrategias de enseñanzas exclusivas del enfoque CTS, pero si se puede señalar que esta perspectiva utiliza metodologías tales como el trabajo en pequeños grupos, el aprendizaje cooperativo, las discusiones centradas en los estudiantes, la resolución de problemas, las simulaciones y los juegos de roles, las tomas de decisiones así como el debate y las controversias (Ainkenhead, 1988; Solomón, 1989).

Para conseguir que los alumnos estén alfabetizados científicamente se requiere que haya un cambio en las metodologías de enseñanza. Marco-Stefiel (2001) plantea un aprendizaje en contexto, a través de lecturas de actualidad científica. Las opciones que plantea Marco-Stefiel

(2001) para favorecer la alfabetización científica en el ámbito escolar pasan por incluir la *historia de la ciencia* en el currículo de ciencias así como por trabajar temas de actualidad científicos.

1.3.7. Ciencia, Tecnología y Sociedad en España

El proyecto SATIS es el que se tomó como referencia para la elaboración de las unidades didácticas del proyecto Más Ciencia. Presenta dos grandes bloques, *Biotechnología* y *Materiales de la Química*, con seis y ocho unidades, respectivamente. En estas unidades, se parte de un problema científico o social significativo con el objetivo de despertar el interés de los alumnos prestando especial atención a la utilización de metodologías participativas. Por otra parte, se incide en los contenidos referidos a procedimientos y actitudes. La unidad que se ha empleado para la investigación en este TFM forma parte de Más Ciencia.

1.3.8. El contexto escolar de este trabajo de investigación

El contexto curricular en el que tiene lugar esta investigación es el Bachillerato. Junto con la formación profesional de grado medio, las enseñanzas profesionales de artes plásticas y diseño de grado medio y las enseñanzas deportivas de grado medio constituyen la educación secundaria postobligatoria. El Bachillerato, tiene como finalidad proporcionar a los alumnos formación, madurez intelectual y humana, conocimientos y habilidades que les permitan desarrollar funciones sociales e incorporarse a la vida activa con responsabilidad y competencia. Así mismo, capacitará a los alumnos para acceder a la educación superior.

1.3. Propósito

El objetivo principal de este trabajo es conocer qué y cómo aprenden los alumnos de una clase de Ciencias para el Mundo Contemporáneo que cursa 1º de Bachillerato con la utilización de una unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad que recibe el nombre de *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?* (Más Ciencia, 2000)

La unidad didáctica tiene una duración de cuatro sesiones en las que utilizando la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad los alumnos construyen conocimientos de genética y clonación mediante el estudio de un caso ficticio sobre la clonación de las personas.

Las cuatro sesiones requieren un papel activo por parte del alumnado, quien a partir de diferentes bloques de actividades, tiene que: 1) conocer la técnica de la clonación de mamíferos así como responder a preguntas sobre la clonación de personas; 2) conocer la influencia del

ambiente en la manifestación de los caracteres biológicos; 3) conocer la aplicación de la clonación de medicina; 4) debatir sobre las implicaciones éticas y sociales de la clonación en relación al conocimiento adquirido a lo largo de las sesiones. Los objetivos de investigación que proponemos en este estudio son:

1. Examinar la capacidad de adquirir conceptos, procedimientos y actitudes científicas en genética y clonación por parte del alumnado a partir de una unidad Ciencia, Tecnología y Sociedad en la que se trabaja en pequeños grupos.
2. Explorar cómo los alumnos utilizan el conocimiento aprendido a lo largo de las cuatro sesiones para argumentar acerca de las implicaciones éticas y sociales de la clonación.
3. Conocer las dificultades que presenta el alumnado en la expresión de ideas científicas tomando como referencia los conocimientos adquiridos en la unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad.

Los presupuestos de partida que nos hemos planteado son los siguientes:

1. Una unidad didáctica en la que los contenidos están seleccionados para tratar un tema de actualidad facilita la adquisición de los conceptos, procedimientos y actitudes científicas.
2. Una unidad didáctica en la que se propone la discusión en pequeños grupos facilita el empleo del lenguaje científico.
3. Una unidad didáctica en la que se plantea un debate público con opiniones a favor y en contra garantiza la expresión de ideas científicas.

1.4. Relevancia social del problema

Si ponemos el foco en los conocimientos de Biología, los que más repercusión social tienen son los relacionados con la genética. Muestra de ello son las innumerables noticias que aparecen frecuentemente en los medios de comunicación. Una fecha histórica en la trascendencia social de los avances científicos fue la del día 23 de febrero de 1997, cuando se dio a conocer el nacimiento de la oveja Dolly, el primer mamífero obtenido por clonación, ocupando portadas de periódicos de todo el mundo. Dolly nació meses antes de la publicación de la noticia, concretamente el 5 de julio de 1996 en el Instituto Roslin de Edimburgo de la mano de los científicos Ian Wilmut y Keith Campbell. La clonación de Dolly suscitó una gran controversia ética en la sociedad por la posibilidad de utilizar esta técnica para clonar embriones humanos.

Más de 15 años después del nacimiento de la oveja Dolly, concretamente el 15 de mayo de 2013, otra noticia relacionada con la clonación apareció en los medios de comunicación: un grupo de científicos estadounidenses consiguió crear células embrionarias humanas mediante la técnica de la clonación. Esta aplicación de la clonación, conocida con el nombre de clonación terapéutica, permite obtener células madre a partir de un embrión para aplicarlas posteriormente en medicina para la creación de tejidos u órganos dañados. Esta noticia abrió de nuevo el debate sobre si este avance científico podría ser el primer paso para la clonación reproductiva, es decir, la clonación de seres humanos. El artículo publicado el día 15/05/13 en la revista *Cell*, de la que posteriormente se hicieron eco medios de comunicación de todo el mundo, recogía el siguiente titular: “Células madre embrionarias humanas obtenidas por transferencia nuclear de células somáticas”. Al día siguiente, la mayoría de periódicos españoles hicieron hincapié en la posibilidad de una futura clonación humana. El titular de *El País* era el siguiente: “Más cerca de la clonación humana. Científicos de Oregón consiguen células madre con la técnica que creó Dolly”. El titular de otro periódico de tirada nacional, *ABC*, era diferente: “Primera clonación de células embrionarias de seres humanos”

La unidad didáctica que se ha puesto en práctica en una clase de la asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo en el curso 1º de Bachillerato pretende trasladar estas implicaciones éticas y sociales de la clonación al aula para la alfabetización científica y tecnológica del alumnado.

Capítulo 2. Método

2.1. Introducción

Este capítulo aborda la metodología, que se enmarca en los estudios cualitativos. En primer lugar se trata la metodología cualitativa y sus objetivos, para posteriormente centrarnos en la estrategia utilizada en este trabajo de investigación, el estudio de caso. En segundo lugar, se trata el análisis del discurso, que es el método utilizado en este estudio, en el que se analiza el discurso del alumnado. En la tercera parte, se caracteriza la muestra, sujetos, contexto y tarea. En la cuarta parte, se aborda la toma de datos y en la última, el análisis de los mismos y las herramientas utilizadas.

2.2. Metodología cualitativa: estudio de caso

Esta opción metodológica tiene como objetivo comprender cómo las personas viven, experimentan y construyen los significados de la realidad en la que se encuentran (Schwandt, 1994). Se caracteriza, según Latorre, Del Rincón y Arnal (2005) por ser:

- 1) Holístico: estudia los seres humanos y su ambiente en toda su complejidad.
- 2) Desde la “teoría fundamentada” (grounded theory) las categorías se construyen a partir de las relaciones que se establecen entre los datos y la literatura.
- 3) Contextual, ya que se pretende comprender los fenómenos dentro de sus referencias espacio-temporales y de su contexto.

En este trabajo, se utiliza el estudio de caso como estrategia principal. Yin (1994) define el estudio de caso como indagación empírica que investiga un fenómeno actual en su auténtico contexto, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y el contexto no son claramente evidentes.

En este estudio, el objetivo es conocer qué y cómo aprenden los alumnos de 1º de Bachillerato con la utilización de una unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad. Esta investigación se realiza en una clase de la asignatura Ciencias para el Mundo Contemporáneo, por lo que se trata de un estudio de aula. Debido a que el objetivo es comprender qué y cómo aprenden los alumnos, el análisis se centra en el discurso escrito producido por los alumnos en una prueba de conocimientos. Para ello, utilizamos la metodología de análisis del discurso cuyo objetivo es comprender los significados construidos por los participantes (Gee, 2005).

2.3. Sujetos/Participantes

La elección de los estudiantes que participan en este trabajo ha estado condicionada por dos factores:

- 1) El objetivo principal del estudio, conocer qué y cómo aprenden los alumnos en la clase de ciencias con la utilización de una unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad que recibe el nombre de *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?* Consideramos que 1º de Bachillerato era el curso más apropiado para llevar a cabo la intervención por la siguiente razón:

En este curso se imparte la materia Ciencias para el mundo contemporáneo, en la que se trabajan cinco bloques de contenidos. Centrándonos en el tercer bloque *Vivir más, vivir mejor*, se tratan entre otros, los siguientes contenidos: La clonación y sus aplicaciones.

2) La colaboración del profesorado. Era necesaria la participación de un profesor que estuviera dispuesto a poner en práctica la unidad *Ciencia, Tecnología y Sociedad*, que requiere un papel más activo del alumnado que lo que suele ser habitual en una clase de ciencias.

Los participantes son 23 alumnos y su profesora de un instituto de Zaragoza. Tanto los alumnos como la docente que aparecen en el estudio conservan el anonimato, siendo todos los nombres ficticios.

En el instituto en el que se llevó a cabo el estudio, la toma de datos se realizó en abril de 2013. La profesora que participó en el estudio es licenciada en Ciencias Químicas y pertenece al departamento de Física y Química. Considero importante señalar que los alumnos están cursando la modalidad de Ciencia y Tecnología en 1º de Bachillerato.

2.4. Instrumentos

La unidad didáctica que se implementó en el aula pertenece al proyecto citado *Más Ciencia*, que recoge 14 unidades didácticas Ciencia, Tecnología y Sociedad.

La unidad *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?* pertenece al bloque de Biotecnología y está organizada para ser impartida en cuatro sesiones.

A partir de un caso de clonación no consentida, se trabajan tres bloques de contenidos:

Parte A: ¿Cómo se producirá la clonación de Anselmo?

Parte B: ¿Serán Anselmo y Mikel como hermanos gemelos? Cuando crezca Mikel, ¿será un buen jugador de fútbol como Anselmo?

Parte C: ¿Qué aplicaciones puede tener la clonación en medicina? ¿Qué razones dan algunas personas para estar a favor o en contra de la clonación?

El caso de clonación no consentida que marca el inicio de la unidad didáctica tiene como protagonista a Anselmo, un jugador de fútbol de 24 años y de fama internacional que acaba de ser contratado temporalmente en un país europeo. Anselmo acude a hacerse una revisión médica a un hospital al que no ha acudido nunca. Al cabo de unas horas, los análisis muestran su buen estado de salud. Lo que desconoce Anselmo es que una parte de la muestra de su sangre es recogida en un tubo de ensayo y trasladada por un técnico de laboratorio a una clínica donde trabaja un médico amigo, experto en clonación de seres humanos.

Este médico extrae los glóbulos blancos de la muestra original y los coloca en una cápsula que contiene una mezcla de nutrientes y factores de crecimiento que van a permitir que los

glóbulos blancos crezcan y se multipliquen en millones de células idénticas, todas ellas preparadas y listas para la clonación.

El técnico de laboratorio y el médico se plantean la posibilidad de clonar a Anselmo por una alta suma de dinero. Una pareja, preocupada por no tener descendencia, considera la oferta y opta por la clonación de Anselmo. Además, espera que este hijo, al que llamará Mikel, sea también un futbolista de fama internacional.

En la parte A, se presenta la técnica de la clonación de mamíferos y se plantean preguntas sobre la clonación de las personas a los grupos de trabajo:

P1. Para la clonación de Anselmo, ¿qué células serán necesarias?

P2. ¿Nacerá un varón como desean los padres que han decidido la clonación de Anselmo?

P3. ¿Dónde se desarrollará el embrión que dará origen a Mikel?

En la parte B, se plantean cuestiones sobre la heredabilidad y la influencia del ambiente en la manifestación de los caracteres. A continuación, se plantean dos preguntas:

P4. En una entrevista a F. Jacob, genetista y premio Nobel, le preguntaron si dependemos por completo de nuestros genes. Jacob contestó: “No, ciertamente no todo es genético. Cuando un niño nace su capacidad de hablar es genética, pero los genes no pueden decidir si hablará una determinada lengua.” ¿Podrías poner otros ejemplos similares referidos a otros caracteres humanos?

P5. Cuando Mikel tenga 24 años, ¿será exactamente igual y tendrá el mismo éxito en el fútbol que Anselmo? Busca dos argumentos para exponer tu opinión sobre este apartado.

En la parte C, se presenta una aplicación de la clonación en medicina y se abordan las implicaciones éticas y sociales de la clonación. A continuación, se lleva a cabo un debate con posiciones a favor y en contra de la clonación. Las cuestiones que se trabajan en el debate son las siguientes:

P6. Si la clonación, técnica y legalmente, fuera posible, ¿estarías de acuerdo con tener un hermano clónico?

P7. ¿Hay alguna situación en la que te parezca permisible la clonación? Si así fuera, comenta las circunstancias de la misma.

Los objetivos de esta unidad son los siguientes:

- 1) Complementar trabajos sobre reproducción humana y biotecnología.

- 2) Conocer las técnicas que se utilizan en la clonación de mamíferos.
- 3) Desarrollar la conciencia sobre los problemas que plantea la clonación.
- 4) Proporcionar oportunidades para desarrollar habilidades de comprensión y aplicación de conocimientos
- 5) Proporcionar oportunidades para participar en debates utilizando un lenguaje con contenido científico.

Después de poner en práctica la unidad, se realizó una prueba de conocimientos a los estudiantes.

2.5. Procedimiento

Antes de comenzar a trabajar la unidad didáctica en el aula, hicimos una breve presentación a los alumnos de la metodología que íbamos a utilizar a lo largo de cuatro sesiones y les explicamos los contenidos y las actividades que íbamos a realizar a lo largo de las mismas. A continuación, organizamos a los 23 alumnos en 6 grupos, todos ellos con cuatro alumnos excepto un grupo que estaba formado únicamente por tres alumnos. Una vez formados los grupos de trabajo, se pidió a los alumnos que nombraran por consenso un portavoz en cada grupo con el objetivo de que representara las ideas del grupo a lo largo de las cuatro sesiones de trabajo.

Una vez organizada la clase en los 6 grupos de trabajo, se entregó un dossier de trabajo con la unidad didáctica a cada una de los alumnos. A continuación, la profesora explicó a los alumnos el caso de clonación no consentida que da comienzo a la unidad didáctica *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?* Una vez terminada la explicación, la profesora describió los tres bloques de contenidos que se iban a trabajar a lo largo de las cuatro sesiones procediendo a comenzar por el primero de ellos.

Esta primera parte, *¿Cómo se producirá la clonación de Anselmo?*, pretende que los alumnos conozcan la técnica de la clonación a partir del caso del primer mamífero nacido de este modo. La profesora, a lo largo de quince minutos, explicó cómo se produjo la clonación de la oveja Dolly resolviendo a su vez las dudas y preguntas de los alumnos. Una vez terminada la explicación y la resolución de dudas, se pidió a los alumnos que trabajaran las preguntas P1, P2 y P3, mencionadas anteriormente. Durante 10 minutos, los alumnos trabajaron en la resolución de las preguntas en sus correspondientes grupos de trabajo, planteando a su vez nuevas dudas y

cuestiones a la profesora. Una vez finalizado el tiempo establecido para la resolución de las preguntas, el portavoz de cada grupo puso en común las respuestas, siendo el profesor el que realizó algunas aclaraciones y puntualizaciones a las respuestas de los alumnos. De esta forma finalizó la primera sesión.

La segunda sesión comenzó con una recapitulación de la sesión anterior recordando las ideas más importantes. A continuación, la profesora explicó a los alumnos el nuevo bloque de contenidos que se iban a trabajar durante la sesión. Esta segunda parte, *¿Serán Mikel y Anselmo como hermanos gemelos?*, pretende que los alumnos conozcan el concepto de heredabilidad así como la influencia del ambiente en la manifestación de los caracteres biológicos. La profesora, a lo largo de 5 minutos, explicó los conceptos de genotipo y ambiente y su influencia en el fenotipo, resolviendo así mismo las cuestiones que plantearon los alumnos. Una vez terminada la explicación, se pidió a los alumnos que trabajaran la pregunta P4, mencionada anteriormente. Durante 5 minutos, los alumnos trabajaron en la resolución de la pregunta en sus correspondientes grupos de trabajo. Una vez finalizado el tiempo establecido, el portavoz de cada grupo puso en común la respuesta a la pregunta, recibiendo las explicaciones pertinentes por parte del profesor. A continuación, la profesora explicó durante 5 minutos la influencia del ambiente en la manifestación de los caracteres biológicos en el caso hipotético de Anselmo y Mikel. Una vez finalizada la explicación, los alumnos trabajaron la pregunta P5, mencionada anteriormente. De igual forma que para las anteriores preguntas, los alumnos tuvieron 5 minutos para su resolución y posteriormente pusieron en común las respuestas. En la última parte de la sesión, los alumnos visualizaron un fragmento de diez minutos de una película llamada *Los niños del Brasil*. Se escogió esta película ya que narra la historia de una organización de antiguos nazis que pretenden clonar a Hitler. Para realizar esta misión, cuentan con la ayuda de un doctor que logra crear 94 clones de Hitler. Consciente de la influencia del ambiente y la genética en la manifestación de los caracteres biológicos, intenta recrear el ambiente en el que creció Hitler dando a los niños resultantes de la clonación a familias que reunieran características parecidas a la familia de Adolf Hitler. A continuación, la profesora comentó con los alumnos el fragmento transmitiéndoles la importancia del ambiente en la manifestación de los caracteres. De esta forma finalizó la segunda sesión.

La tercera sesión comenzó con una recapitulación de la sesión anterior con objeto de que los alumnos recordaran los conocimientos trabajados. A continuación, la profesora explicó a los alumnos el nuevo bloque de contenidos que se iban a trabajar durante la sesión. Esta tercera parte, *¿Qué aplicaciones puede tener la clonación en medicina?* pretende que los alumnos conozcan las aplicaciones de la clonación en medicina así como las implicaciones éticas y

sociales de la clonación. La profesora, a lo largo de 5 minutos, explicó el uso de la clonación para reparar tejidos enfermos o dañados así como las regulaciones legales que existen en relación a la clonación, haciendo hincapié en las repercusiones que esta técnica conlleva. A continuación, se visualizó durante 20 minutos un fragmento de un documental que recogía declaraciones de expertos en materia de clonación, con posiciones a favor y en contra de esta técnica aportando los argumentos pertinentes. A continuación, se explicó a los alumnos que en la siguiente y última sesión se realizaría un debate con posiciones a favor y en contra de la clonación. Para ello, acordamos que 3 de los 6 grupos defenderían la posición a favor mientras que los otros 3 grupos defendería la posición en contra. Con ayuda de las declaraciones de los expertos recogidas en el documental así como con las opiniones de científicos, filósofos y escritores recogidas en el dossier entregado a los alumnos, éstos prepararon en los grupos correspondientes la posición que les tocaba defender. De esta forma finalizó la tercera sesión.

La cuarta sesión comenzó de nuevo con una recapitulación de la sesión anterior. Posteriormente, los alumnos tuvieron 15 minutos para seguir preparando los argumentos de la posición a defender en el debate. Una vez finalizado el tiempo acordado, los portavoces de cada grupo se colocaron de pie con objeto de iniciar el debate. Las dos cuestiones que dieron comienzo al debate fueron la P6 y la P7, comentadas anteriormente. A partir de ellas, los alumnos defendieron la posición que habían trabajado en los grupos aportando los argumentos correspondientes. De esta forma finalizó la cuarta y última sesión.

Días más tarde, se realizó la prueba de conocimientos.

2.6. Toma de datos

Después de poner en práctica en el aula la unidad didáctica Ciencia, Tecnología y Sociedad, *Clones, ¿Gemelos de distinta edad?*, se procedió a pasar a los alumnos una prueba para conocer los conocimientos científicos adquiridos en relación a la unidad didáctica. Esta prueba de conocimientos constaba de tres preguntas. La primera de ellas, que contenía cuatro subpreguntas pretendía que los alumnos pusieran en práctica los conocimientos adquiridos en relación a la técnica de la clonación, mientras que la segunda, que contenía tres subapartados, buscaba que el alumnado pusiera en práctica los conocimientos adquiridos en relación al concepto de heredabilidad. Por último, la tercera pregunta pretendía que los alumnos defendieran como ciudadanos su posición en relación a la clonación reproductiva aportando argumentos a favor o en contra de la misma.

2.7. Análisis de datos

Las respuestas de los alumnos a las preguntas recogidas en la prueba de conocimientos se analizaron con el programa Atlas.ti, una herramienta informática que facilita el análisis de una gran cantidad de datos textuales. Al realizar el análisis con este programa, nos movemos en dos niveles, el nivel textual y el nivel conceptual. El primero de ellos nos permite buscar, recuperar y organizar la información mientras que el segundo de ellos, nos permite establecer relaciones entre los elementos existentes.

Para el análisis de los datos, hemos tomado como referencia la “Grounded Theory” (Glasser y Strauss, 1967), también conocida como Teoría Fundamentada. Permite generar teoría explicativa a partir de datos empíricos construyendo teorías, hipótesis y conceptos a partir de los datos existentes y no de otras investigaciones o de marcos teóricos existentes. Las dos estrategias que utiliza la “Grounded Theory” es el método comparativo constante, que permite analizar datos con el objetivo de desarrollar conceptos y el muestreo teórico. A partir de estos datos van emergiendo significados, lo que nos permite profundizar en el fenómeno estudiado.

El proceso se inicia con la identificación de códigos a partir de la información recogida, proceso en el que el investigador debe comprobar que la comparación constante se lleva a cabo. Llega un momento en el que ya no surgen nuevas evidencias, llegando así a la saturación teórica. Los conceptos que van emergiendo a lo largo del proceso se agrupan en categorías descriptivas que posteriormente sufren un proceso de análisis.

Si nos centramos en las respuestas de los alumnos a la prueba de conocimientos realizada, del análisis de las mismas fueron emergiendo diferentes categorías. De las respuestas a la primera y segunda pregunta planteada, las categorías que emergieron del análisis fueron las siguientes:

1. Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales.
 2. Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones.
 3. Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados
1. La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.
 2. Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados

De las respuestas a la tercera y última pregunta, las categorías que emergieron del análisis fueron otras, y se indican a continuación:

1. Toma posición pero no relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad.
2. Toma posición relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad.

II RESULTADOS

Capítulo 3. Resultados

En este capítulo se abordan los resultados de la prueba de conocimientos realizada a 23 alumnos (Ver anexo 1 y 2). Este estudio utiliza una metodología cualitativa, que se centra en el análisis de las respuestas de los alumnos.

A continuación, se muestran dos tablas que recogen las categorías que emergieron del proceso de análisis. De las respuestas a la primera y segunda pregunta, emergieron cuatro categorías, que se indican en la siguiente tabla:

NIVEL	CATEGORÍA
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.
3	Responde a la pregunta pero no da argumentos ni explicaciones.
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales.

De las respuestas a la tercera pregunta, emergieron dos categorías, que se indican en la siguiente tabla:

NIVEL	CATEGORÍA
1	Toma posición relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad
2	Toma posición pero no relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad

Las respuestas al primer apartado de la primera pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	2 (8,7%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco	5 (21,7%)

	elaborados.	
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	7 (30,4%)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	9 (39,1%)

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. Es decir, se explica qué células serán necesarias para la clonación de Anselmo utilizando el lenguaje científico y argumentando correctamente. En las respuestas en esta categoría se explica que las células necesarias para la clonación son las células somáticas de Anselmo y células reproductoras femeninas u ovocitos. En las respuestas en esta categoría se utilizan para la justificación conceptos como información genética, material genético o embrión. En ella se sitúan un 8,7% de las respuestas. A continuación, se indican las respuestas:

Alumno 9: “Serán necesarias una célula diferenciada de Anselmo y un óvulo de Paula o de una mujer donante. Porque en la célula diferenciada se encuentra la información genética de Anselmo y la reproductora es necesaria para que se forme el embrión”.

Alumno 11: “Un óvulo y una célula diferenciada (somática). La célula somática la pone el clonado porque contiene toda la información genética mientras que el óvulo sirve para que el nuevo individuo nazca”.

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados

En esta categoría se sitúan las respuestas que identifican las células somáticas de Anselmo y las células reproductoras femeninas como las células necesarias para la clonación. Respecto a la categoría “La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico”, los argumentos están menos

elaborados. En ella se sitúa un 21,7% de las respuestas. A continuación se indican algunas de las respuestas:

Alumno 15: “Se necesitará una célula somática de Anselmo que contenga toda su información genética a la que se le extraerá esta y un óvulo de la madre receptora al que se le vaciará el núcleo para introducirle el de la célula de Anselmo”

Alumno 17: “Serán necesarias una célula somática diferenciada de Anselmo (para que contenga su material genético) y un óvulo donante en el que introducirá la información genética de Anselmo.

Responde a la pregunta pero no da argumentos ni explicaciones

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica qué células serán necesarias para la clonación de Anselmo pero no se aportan argumentos ni explicaciones. En ella se sitúa el 30,4% de las respuestas. A continuación se indican algunas de las respuestas:

Alumno 7: “Se necesitará una célula diferenciada del ser que se quiere clonar, en este caso el del futbolista y un óvulo de una mujer que puede ser la madre o una madre adoptiva”.

Alumno 10: “Se necesita una célula somática de Anselmo (un glóbulo blanco por ejemplo) y un óvulo (de quién sea, da igual).

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica qué células serán necesarias para la clonación de Anselmo pero aparecen errores conceptuales. En algunas de ellas, se identifican únicamente las células somáticas de Anselmo como las células necesarias para la clonación de Anselmo sin mencionar las células reproductoras femeninas. También hay un alumno que menciona los glóbulos rojos como las células necesarias mientras que otros explican que los glóbulos blancos de Anselmo serán fecundados. En esta categoría, que es la más frecuente, se sitúa el 39,1% de las respuestas. A continuación, se indican algunas de las respuestas:

Alumno 12: “Serán necesarias algunas células ya diferenciadas como por ejemplo los glóbulos rojos”

Alumno 22: “Los glóbulos blancos se extraerán de la muestra de sangre de Anselmo. A partir de ahí se tendrán que fecundar”

Alumno 23: “Somáticas, ya que son diferenciadas y ya están desarrolladas por completo”

En resumen, en primer lugar, si contemplamos las tres primeras categorías podríamos considerar que un 60,8% de las respuestas identifican las células necesarias para la clonación de Anselmo. En segundo lugar, en un 8,7% de las respuestas, los estudiantes responden a la pregunta con argumentos correctos que se adecúan al significado científico. El hecho de que solo dos estudiantes fueran capaces de argumentar correctamente que las células necesarias para la clonación de Anselmo son las células somáticas de éste y las células reproductoras femeninas, muestra que aún siendo esencial para comprender el proceso de clonación, son muy pocos los alumnos que lo establecen.

En tercer lugar, un 21,7% de las respuestas identifican correctamente las células somáticas y las células reproductoras como las células necesarias para la clonación de Anselmo pero los argumentos son poco elaborados.

En cuarto lugar, un 30,4% de las estudiantes identifican las células necesarias para la clonación de Anselmo pero no son capaces de aportar argumentos ni explicaciones.

En quinto lugar, un 39,1% de las respuestas, es decir más de un tercio de los estudiantes entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales. La no identificación de las células reproductoras femeninas, la identificación de los glóbulos rojos como células necesarias en el proceso de clonación así como la introducción de procesos como la fecundación ponen de manifiesto que un alto porcentaje de los alumnos no han comprendido el proceso de la clonación humana.

Las respuestas al segundo apartado de la primera pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	17 (73,9%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	1 (4,3%)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	0 (0%)

4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	5 (21,7%)
---	---	-----------

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. Es decir, se explica el proceso que se llevaría a cabo para clonar a Anselmo utilizando el lenguaje científico y argumentando correctamente. En las respuestas en esta categoría se explican las fases de las que debería constar el proceso de clonación de Anselmo y se utilizan para la justificación procesos como la obtención de las células somáticas de Anselmo, obtención de las células reproductoras, extracción del núcleo de las células reproductoras, unión de cada una de las células reproductoras con cada uno de los glóbulos blancos, incubación de las células resultantes para la obtención de embriones y transferencia de los embriones al útero de una mujer. En ella se sitúan un 73,9% de las respuestas. A continuación, se indican las respuestas:

Alumno 16: *“Primero se extraerán de la sangre de Anselmo glóbulos blancos y se les apartarán materiales para crecer y desarrollarse, es decir se obtendrán células somáticas, con material genético de Anselmo. A continuación, del óvulo de una mujer se le extraerá el material genético por aspiración y se producirá la fusión de ambas células por un impulso eléctrico, dando lugar a una célula reproductora con material genético de una célula somática de Anselmo que daría lugar a un embrión, que sería implantado en el útero de una mujer, no necesariamente de Paula, y se desarrollaría hasta dar lugar a un nuevo individuo con idéntico material genético que Anselmo”*

Alumno 18: *“Para llevar a cabo la clonación de Anselmo, cogeríamos células adultas de éste y ovocitos. A los ovocitos se les extraería el núcleo por aspiración y, mediante descargas eléctricas, se fusionarían con las células adultas de Anselmo. De esta manera obtendríamos ovocitos con la información genética de Anselmo. Estos ovocitos se desarrollarían en el laboratorio para formar un embrión. Luego el embrión se implantaría en un útero, donde se desarrollaría hasta que naciera un clon genéticamente idéntico”*

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados

En esta categoría se sitúan las respuestas en las que se explica el proceso que se llevaría a cabo para clonar a Anselmo con argumentos correctos pero poco elaborados. En esta categoría, que es la menos frecuente, se sitúa el 4,3% de las respuestas.

Alumno 12: *“Dichas células obtenidas de Anselmo se inyectarían en un óvulo sin núcleo y a partir de aquí comenzaría el desarrollo embrionario del mismo”*.

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica el proceso que se llevaría a cabo para clonar a Anselmo pero aparecen errores conceptuales. En una de ellas, no se explica que la extracción del núcleo de las células reproductoras es una fase necesaria para llevar a cabo la clonación de Anselmo. También hay un alumno que no menciona las células reproductoras femeninas como necesarias en el proceso de clonación mientras que otros explican que los glóbulos blancos son fecundados. En esta categoría se sitúa el 21,7% de las respuestas. A continuación, se indican algunas de las respuestas:

Alumno 4: *“Se coge la célula de Anselmo y la introducimos en el óvulo de la madre, Paula. La fusión al introducirlo se produce en el laboratorio”*

Alumno 13: *“Extraeríamos el núcleo perteneciente a la célula somática de Anselmo. Después, extraeríamos el núcleo del óvulo que va a ser fecundado. Inyectaríamos el núcleo de la célula somática en el óvulo y lo implantaríamos en la futura madre”*

Alumno 22: *“Anselmo se hace un análisis de sangre, se coge una pequeña muestra de esa sangre y se guarda en un tubo. Se sacan los glóbulos blancos que se mezclarán con unos nutrientes. Todo eso se desarrollará en el interior de la madre y a los 9 meses saldrá el clon”*

En resumen, en primer lugar, si contemplamos las dos primeras categorías podríamos considerar que un 78,2% de las respuestas explican correctamente cómo se produciría la clonación de Anselmo. En segundo lugar, en un 73,9% de las respuestas, los estudiantes utilizan argumentos correctos que se adecúan al significado científico. El hecho de que casi las tres cuartas partes de los estudiantes fueran capaces de establecer las fases que tendrían lugar en el caso de que la clonación de Anselmo se llevara a cabo, muestra que los alumnos comprendieron la técnica de la clonación.

En tercer lugar, un 21,7%, es decir 5 alumnos entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales. La no identificación de las células reproductoras femeninas, la no identificación de la fase de extracción del núcleo de las células reproductoras femeninas así como la introducción de procesos como la fecundación son errores conceptuales que revelan que en algunos casos el proceso de la clonación humana no ha sido entendido.

Las respuestas al tercer apartado de la primera pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	12 (52,2%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	6 (26,1%)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	2 (8,7%)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	3 (13%)

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica que el útero de Paula podría albergar un embrión cuyo posterior desarrollo daría lugar a Mikel utilizando el lenguaje científico y

argumentando correctamente. En las respuestas en esta categoría se utilizan para la justificación conceptos como embrión, útero, genes y ADN. En ella se sitúan el 52,2% de las respuestas:

Alumno 6: *“Paula dará a luz a Mikel, un nuevo individuo que tendrá la misma información genética que Anselmo pero eso no quiere decir que vaya a ser exactamente igual física y psicológicamente. Si que dará a luz a Mikel ya que se extrajo una célula somática de Anselmo y el embrión se ha desarrollado correctamente en el útero de Paula pero en la actualidad esta técnica no se puede llevar a cabo”*.

Alumno 18: *“Sí. Una vez desarrollado el embrión en el laboratorio, se le podría implantar a Paula en su útero donde se desarrollaría completamente y daría a luz a Mikel. Aunque Paula tuviera a Mikel durante nueve meses, éste no tendría ninguna característica de la madre, ya que la información genética que lleva es la de Anselmo”*

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica que el útero de Paula podría albergar un embrión utilizando argumentos correctos pero poco elaborados. En ella se sitúan el 26,1% de las respuestas.

Alumno 2: *“Sí, sería un embarazo normal. Y salvo complicaciones Mikel nacería perfecto y con las características de Anselmo”*

Alumno 21: *“Sí porque los embriones se introducen en el útero materno”*.

Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica que Paula podría dar a luz a Mikel pero no aporta argumentos ni explicaciones. En ella se sitúan el 8,7% de las respuestas:

Alumno 4: *“Sí”*

Alumno 11: *“Por supuesto, cualquier mujer podría dar a luz a Mikel”*

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica que Paula podría dar a luz a Mikel pero aparecen errores conceptuales. En algunas de ellas explican que el óvulo fecundado se introduce en Paula mientras que otro alumno menciona que la técnica de la clonación humana se está perfeccionando actualmente. En ella se sitúan el 13% de las respuestas:

Alumno 14: *“Si el óvulo ya fecundado se le introdujera a Paula, esta podría ser capaz de parir ella a Mikel, siempre que no tuviera problemas físicos que se lo imposibilitaran”.*

Alumno 22: *“Como en todo, siempre hay riesgos pero si todo el proceso se realiza bien, Paula podría dar a luz a Mikel. Como aún no está perfeccionado del todo caben riesgos de aborto y además de momento no está legalizado. Pero si que se podrá llegar a dar a luz a Mikel”.*

En resumen, en primer lugar, si contemplamos las dos primeras categorías podríamos considerar que un 78,3% de las respuestas explican correctamente que cualquier mujer fértil podría albergar el embrión resultado del proceso de clonación. En segundo lugar, en un 52,2% de las respuestas, los estudiantes utilizan argumentos correctos que se adecúan al significado científico. El hecho de que más de la mitad de los estudiantes fueran capaces de argumentar correctamente que Paula podría dar a luz a Mikel, muestra que una amplia mayoría de los alumnos comprendieron la técnica de la clonación humana.

En tercer lugar, un 13%, es decir 3 alumnos entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales. La afirmación de que la técnica de la clonación se está perfeccionando actualmente así como la introducción de procesos como la fecundación son errores conceptuales que revelan que algunos alumnos no han comprendido el proceso de la clonación humana.

Las respuestas al cuarto apartado de la primera pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	1 (4,3%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	16 (69,6%)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	3 (13%)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma	3 (13%)

	con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	
--	---	--

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica la clonación terapéutica como una aplicación de la clonación utilizando lenguaje científico y argumentando correctamente. En las respuestas en esta categoría se utilizan para la justificación conceptos como regeneración de tejidos y órganos dañados, célula embrionaria, material genético y rechazo. En ella se sitúa el 4,3% de las respuestas:

Alumno 16: *“La clonación podría ser utilizada en un futuro para regenerar tejidos y órganos dañados de una persona con las mismas células sin riesgo de rechazo por parte de esa persona, ya que si se obtuviese una célula embrionaria de la clonación de una célula adulta, con su mismo material genético, podría dar lugar a cualquier tejido que no originaría rechazo al sustituirlo por el dañado de la persona”.*

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica la clonación terapéutica como una aplicación de la clonación pero con argumentos poco elaborados. En esta categoría, que es la más frecuente, se sitúa el 69,6% de las respuestas:

Alumno 2: *“Actualmente se está investigando la clonación de células embrionarias para que formen ciertos órganos. Ya que si fuera así, para los trasplantes sería un gran avance ya que no se produciría rechazo al ser tus propias células. Aun no se ha podido conseguir que formen todo tipo de órganos, pero en un futuro muy cercano, espero, si que se podrán clonar. Y esto ayudaría no solo a los trasplantes, sino a curar enfermedades como el cáncer o las quemaduras en la piel. Ya que podrían regenerar cualquier tejido”*

Alumno 5: *“Sí, la clonación terapéutica. Para clonar órganos para hacer trasplantes y colocar el órgano de nuevo sano”.*

Responde a la pregunta pero no da argumentos ni explicaciones.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se identifica la clonación de tejidos como una aplicación de la clonación humana pero no se dan argumentos ni explicaciones. En esta categoría se sitúa el 13% de las respuestas:

Alumno 3: *“La clonación de tejidos para un trasplante, para la clonación de un niño que ha muerto y su madre lo quiere de vuelta”*

Alumno 20: *“Por ejemplo para curar enfermedades o trasplantar tejidos...Trasplantes de órganos”*

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se identifica la clonación de tejidos como una aplicación de la clonación pero aparecen errores conceptuales. En estas respuestas, se comprueba que algunos alumnos no han comprendido el significado que tiene la clonación terapéutica. En esta categoría se sitúa el 13% de las respuestas.

Alumno 4: *“Tejidos dañados, trasplante de una célula de un tejido a otra persona. Trasplantar o coger tejidos de una parte de tu cuerpo que la necesitas en otra parte”.*

Alumno 21: *“Puede servir como cura de enfermedades, también como creación de un donante cuyos órganos serán perfectamente compatibles con los de su clon. Recreación de personas queridas fallecidas, en un caso extremo”.*

En resumen, en primer lugar, si contemplamos la primera categoría, observamos que únicamente se incluyen un 4,3% de las respuestas. El hecho de que solo un alumno fuera de capaz de explicar con argumentos elaborados que una aplicación alternativa a la clonación reproductiva es la clonación terapéutica, muestra que aún siendo una cuestión de actualidad científica y social, la amplia mayoría de los alumnos no es capaz de argumentar correctamente haciendo uso del lenguaje científico.

En segundo lugar, en un 69,6% de las respuestas, los estudiantes utilizan argumentos correctos pero poco elaborados. El hecho de que casi las tres cuartas partes de los estudiantes fueran capaces de identificar la clonación terapéutica como una aplicación alternativa a la clonación reproductiva, muestra que los alumnos comprendieron el concepto de clonación terapéutica.

En tercer lugar, un 13%, es decir 4 alumnos identifican la clonación terapéutica como una alternativa a la clonación reproductiva, pero no son capaces de aportar argumentos ni explicaciones. En cuarto lugar, un 13%, es decir 4 alumnos entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales. Estos datos revelan que en algunos casos la clonación terapéutica como alternativa a la clonación reproductiva no ha sido entendida.

Las repuestas al primer apartado de la segunda pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	9 (39,1%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	2 (8,7)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	0 (0)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	12 (52,2)

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.

Las repuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. Es decir, se explica qué factores condicionan la manifestación de los caracteres biológicos utilizando el lenguaje científico y argumentando correctamente. En las repuestas en esta categoría se explica que el genotipo y el ambiente son los factores que condicionan la manifestación de los caracteres

biológicos o fenotipo. En ella se sitúan el 39,1% de las respuestas. A continuación, se indican las respuestas:

Alumno 9: *“El genoma y el ambiente condicionan la manifestación de los caracteres biológicos o fenotipo”*

Alumno 12: *“Los caracteres biológicos de un ser vivo son una mezcla de sus características genéticas (su genoma) y el ambiente en el que se desarrolla dicho ser vivo. Fenotipo= genotipo + ambiente”*

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica que tanto el ambiente como los genes condicionan el fenotipo de una persona con argumentos poco elaborados. En esta categoría se sitúan el 8,7% de las respuestas. A continuación, se indican las respuestas:

Alumno 20: *“Factores biológicos como los caracteres heredados de los progenitores. También pueden influir en parte los ambientes, de tu entorno”.*

Alumno 22: *“El ambiente en el que vives es muy importante para desarrollar unas cualidades u otras. También influyen un poco los genes, pero el ambiente los determina rotundamente. Los gustos, tus habilidades, tu forma de ser, cambia dependiendo del ambiente...”*

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica los factores que condicionan la manifestación de los caracteres biológicos con errores conceptuales. En la mayoría de ellas, se identifica únicamente el ambiente como el factor que condiciona la manifestación del fenotipo sin mencionar el genotipo. Otro alumno explica que las características físicas de una persona vienen condicionadas por los genes mientras que las características psicológicas se deben al ambiente. En esta categoría se sitúan el 52,2% de las respuestas. A continuación, se indican las respuestas:

Alumno 2: *“El ambiente en el que hayan crecido y vivan. Porque eso condiciona su forma de ser, de comportarse...las personas que los hayan criado, dónde, si les han inculcado unos valores u otros...”*

Alumno 8: "La manifestación de los factores biológicos dependen del ambiente en el que se han criado, ya que según el ambiente que hayas vivido, actuarás y desarrollarás unas cosas u otras".

En resumen, en primer lugar, si contemplamos la primera categoría, observamos que un 39,1% de los alumnos son capaces de argumentar correctamente y haciendo uso del lenguaje científico los factores que condicionan la manifestación de los caracteres biológicos. El hecho de que más de un tercio de los alumnos fuera de capaz de explicar con argumentos elaborados que el ambiente y el genotipo son los factores que condicionan la manifestación de los caracteres biológicos, muestra que un gran número de los alumnos es capaz de argumentar correctamente haciendo uso del lenguaje científico.

En segundo lugar, en un 8,7% de las respuestas, los estudiantes utilizan argumentos correctos pero poco elaborados. En tercer lugar, un 52,2%, es decir más de la mitad de los alumnos entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales, concretamente los alumnos únicamente el ambiente como el factor que condiciona las características de una persona, olvidando la influencia del genotipo. Estos datos revelan que en muchos casos la influencia conjunta del ambiente y el genoma en los caracteres biológicos que se desarrollan en una persona no ha sido entendida.

Las respuestas al segundo apartado de la segunda pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	6 (26,1%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	13 (56,5%)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	1 (4,3%)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma	12 (52,2)

	con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	
--	---	--

Con el fin de identificar las categorías, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las respuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica con argumentos elaborados y haciendo uso del lenguaje científico que Luis y Ángel serán idénticos genéticamente pero su fenotipo será diferente debido a la influencia del ambiente. En las respuestas en esta categoría se utilizan para la justificación conceptos como genotipo, ambiente, fenotipo y ADN. En ella, se sitúan el 26,1% de las respuestas:

Alumno 1: “Su genotipo será prácticamente idéntico porque tendrán los mismos genes, ya que provienen de los mismos padres, pero su fenotipo no tiene por qué ser el mismo. Al ser separados al nacer, habrán sido influidos por ambientes diferentes, y este ambiente habrá determinado su desarrollo. Pueden tener, por ejemplo, diferente estatura, peso o color de piel. Seguramente sus gustos serán parecidos porque son heredables, como por ejemplo jugar a fútbol, pero si uno de ellos no poseía de las instalaciones necesarias o no lo ha practicado, no tiene que jugar como el otro hermano”

Alumno 16: “Su genotipo, material genético, será idéntico pues son gemelos, aunque pueden tener algún alelo distinto. Pero su fenotipo, manifestación del genotipo, no será exactamente igual ya que han podido vivir en ambientes distintos y por ejemplo su estatura, peso o tez de la piel puede ser distinta y pueda tener gustos, aficiones o pensar de forma distinta según como hayan sido educados”.

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se explica con argumentos correctos poco elaborados que el ambiente provocará que Luis y Ángel no sean idénticos. En ella, se sitúan el 56,5% de las respuestas:

Alumno 10: *“No, ya que han vivido en ambientes distintos y posiblemente hayan tenido diferentes estilos de vida y experiencias”.*

Alumno 12: *“Físicamente, serán bastante parecidos, casi idénticos (pueden tener alguna pequeña diferencia física). Sin embargo, pueden tener una forma de pensar y un carácter completamente distintos, debido al ambiente, y haber desarrollado unas habilidades físicas e intelectuales que no tengan nada que ver”*

Responde a la pregunta pero no da argumentos ni explicaciones

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se identifica que Luis y Ángel no serán idénticos pero no se aportan argumentos ni explicaciones. En ella, se sitúan el 4,3% de las respuestas:

Alumno 5: *“No tiene por qué, respecto a gustos, a uno le puede gustar el fútbol y a otro no, o un tipo de música, o la religión, los ideales morales y políticos, el modo de vivir, de comportarse...y físicamente uno puede llevar el pelo largo, el otro corto, pueden haber perdido una oreja, o que uno vaya en silla de ruedas por un accidente, puede uno haber usado brackets y el otro no...”*

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales.

En esta categoría se incluyen aquellas respuestas en las que se identifica que Luis y Ángel no serán idénticos pero aparecen errores conceptuales. Uno de los alumnos explica que las características físicas de los dos hermanos gemelos serán iguales mientras que el ambiente habrá hecho que sus características psicológicas sean diferentes. Otro de los alumnos explica que Luis y Ángel tendrán algunos genes comunes y otro explica que existen caracteres que se originan con el paso del tiempo. En ella se sitúa el 13% de las respuestas:

Alumno 20: *“No tiene por qué. Físicamente pueden ser distintos pero tendrán unos genes comunes”.*

Alumno 21: *“Físicamente sí pero psicológicamente pueden ser muy distintos, depende del ambiente donde hayan crecido”.*

En resumen, en primer lugar, si contemplamos la primera categoría, observamos que un 26,1% de los alumnos son capaces de argumentar correctamente y haciendo uso del lenguaje científico que Luis y Ángel tendrán el mismo genotipo mientras que el fenotipo será diferente porque el ambiente en el que se han desarrollado ambos no es el mismo. En segundo lugar, en

un 56,5% de las respuestas, los estudiantes respondieron correctamente a la pregunta formulada pero con argumentos poco elaborados. El hecho de más de las tres cuartas de los alumnos fuera capaz de explicar que Luis y Ángel no serán idénticos, muestra que un gran número de los alumnos entiende la influencia conjunta del ambiente y del genotipo en el desarrollo de los caracteres biológicos.

En tercer lugar, en un 4,3% de las respuestas, no se utilizaron argumentos. En cuarto lugar, un 13% de las respuestas, es decir 3 alumnos entienden la pregunta y expresan el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales, concretamente uno de ellos argumenta de forma errónea que las características físicas de Luis y Ángel serán iguales mientras que las características psicológicas serán diferentes.

Las respuestas al tercer apartado de la segunda pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.	5 (21,7%)
2	Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados.	17 (74%)
3	Responde a la pregunta, pero no da argumentos ni explicaciones	0 (0%)
4	Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales	1 (4,3%)

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

La explicación y los argumentos están bien elaborados. El lenguaje es correcto y las repuestas se adecúan al significado científico.

Las respuestas que pertenecen a esta categoría son las mejores, en lo que se refiere a la utilización del lenguaje científico y al uso de argumentos científicos. En esta categoría se

incluyen aquellas respuestas en las que se explica con argumentos elaborados y haciendo uso del lenguaje científico que a pesar de que Ángel y Luis son genéticamente iguales, el ambiente en el que se hayan desarrollado determinará su decisión para estudiar una carrera u otra. En las respuestas en esta categoría se utilizan para la justificación conceptos como ambiente, potencial y genoma. En ella, se sitúan el 21,7% de las respuestas:

Alumno 1: *“Luis puede que sea igual que su hermano Ángel, pero por mucho que a este se le de bien, si nunca ha practicado las asignaturas de ciencias o si no ha tenido la oportunidad de ir a una Universidad, no tiene por qué estar estudiando eso. Pero probablemente tenga ese talento. Todo depende del ambiente por el que haya sido influido”*.

Alumno 9: *“No, no tiene por qué, Luis puede tener un potencial parecido al de Ángel para esas asignaturas, pero habrá desarrollado otros gustos según el ambiente en el que viva, por lo tanto no habrá desarrollado ese potencial y no será igual de bueno”*.

Explica la pregunta con argumentos correctos pero poco elaborados

En esta categoría se explica con argumentos correctos pero poco elaborados que el ambiente determinará si Ángel y Luis estudian la misma carrera. En ella se sitúan el 74% de las respuestas:

Alumno 7: *“No, puede dar la casualidad de que sí, pero lo más seguro es que no porque se habrán criado en lugares diferentes con diferentes entornos e influencias y probablemente tengan gustos diferentes y no estudien lo mismo o que a Luis no se le den tan bien las ciencias como a su hermano y se le den mejor las letras ya que por ejemplo desde pequeño leía mucho”*

Alumno 19: *“No, porque según donde hayan vivido habrán adquirido unas facultades y gustos distintos. Su hermano Luis estará estudiando lo que a él le guste y se le dé bien, pero no tendrá por qué ser Químicas”*.

Entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales

En esta categoría, en la que se sitúa únicamente el 4,3% de las respuestas, se explica la pregunta con errores conceptuales. El alumno cuya respuesta se incluye en esta categoría explica que la aptitud para la ciencias no está determinada genéticamente, sino que viene determinada por el ambiente.

Alumno 3: *“Luis no tiene porque ser bueno en ciencias ni estudiar Químicas, ya que esto son caracteres adquiridos al nacer ni lo llevan codificados en su ADN, que es el mismo, sino que se van adquiriendo a medida que creces, según la situación y agentes que te rodean. Ellos al vivir separados no crecieron en el mismo ambiente, sino que cada uno vivió cosas muy distintas y esto les hace ser de una manera u otra”.*

En resumen, en primer lugar, si contemplamos la primera categoría, observamos que un 21,7% de los alumnos son capaces de argumentar correctamente y haciendo uso del lenguaje científico que a pesar de que Luis y Ángel tendrán el mismo genotipo, el ambiente habrá determinado sus decisiones en cuanto a los estudios a realizar. En segundo lugar, en un 74% de las respuestas, los estudiantes respondieron correctamente a la pregunta formulada pero con argumentos poco elaborados. El hecho de más de las tres cuartas de los alumnos fuera capaz de explicar que Luis y Ángel no tienen por qué haber estudiado la misma carrera a pesar de tener el mismo genotipo, muestra que la mayoría de los alumnos entienden la influencia del ambiente en el fenotipo.

En tercer lugar, un 4,3% de las respuestas, es decir 1 alumno entiende la pregunta y expresa el significado de la misma con palabras correctas pero aparecen errores conceptuales, concretamente argumenta de forma errónea que la aptitud para las ciencias no está determinada por el ambiente.

Las respuestas a la tercera pregunta se distribuyen en las siguientes categorías:

NIVEL	CATEGORÍA	RESPUESTAS (%) N=23
1	Toma posición relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad	5 (21,7%)
2	Toma posición pero no relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad	17 (74%)

Con el fin de identificar las categorías señaladas, a continuación se exponen algunos ejemplos de cada categoría.

Toma posición relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad

En esta categoría, en la que se sitúa el 8,7% de las respuestas, se toma posición con argumentos a favor y en contra de la clonación y el alumno relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad. Estas son algunas de las respuestas:

Alumno 2: “Desde mi punto de vista, la clonación tiene partes buenas y partes malas. Aunque creo que hay más argumentos en contra que a favor. Me parece bien que se use la clonación para ayudar a las personas con problemas en algunos órganos y que así no tengan problemas a la hora de un trasplante y que sirva para curar enfermedades como el cáncer. También para la clonación de algunos animales extintos, como los mamuts, de los que se conservan muestras de material genético y se podrían introducir en madres elefantes para que les dieran a luz, ya que son animales muy parecidos y los periodos de gestación serían parecidos. Pero de lo que estoy en contra es de la clonación total de las personas. Ya que las personas somos únicas e inigualables y no se debería jugar con ellas. Todavía menos ahora que las técnicas de clonación no están muy depuradas y la mayoría de las ovejas que se pretendían clonar solo nació Dolly de casi 270 células que se intentaron. Aparte no tendría mucha utilidad el clonar a las personas, ya que el ambiente en el que se desarrollará sería diferente a la persona que queríamos clonar. No sería moralmente ético”.

Alumno 3: “Yo estoy a favor de la clonación terapéutica, por ejemplo de tejidos y órganos que se utiliza para salvar vidas, lo que no estoy de acuerdo es en clonar a una persona para ser utilizada, es decir, para investigar o porque quieres que tenga unas determinadas características, ya que una persona por el simple hecho de ser una persona tiene una dignidad que está por encima de cualquier cosa. Además, si se clonaran personas, estas perderían su individualidad como tales y su singularidad y poco a poco perderíamos variabilidad genética, nos pareceríamos los unos a los otros. Además esta técnica es muy cara y no sería equitativa para todas las personas que la desearan”.

Toma posición pero no relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad

En esta categoría, en la que se sitúa el 91,3% de las respuestas, se toma posición con argumentos a favor y en contra en la clonación pero el alumno no relaciona la ciencia, la técnica y la sociedad. Estas son algunas de las respuestas:

Alumno 8: “Yo pienso que la clonación reproductiva no debería dejar hacerse, ya que pueden haberte clonado sin tu consentimiento, aparte de perder la singularidad como persona, por lo que estoy en contra. Pero la clonación terapéutica una vez que esté bien estudiada y pueda realizarse me parecerá bien, ya que mucha gente se puede quedar esperando años a que puedan donarle un

órgano o unos tejidos que tiene dañados y mucha gente muere por no llegar a conseguirlo o porque el cuerpo rechaza el órgano que le han trasplantado, de forma que si te clonan tu órgano o tus tejidos dañados, no causaría rechazo y podrían salvarse muchas vidas.”

Alumno 19: “Yo estoy en contra de que se clonen humanos porque son seres humanos que razonan, en el caso de animales no veo ningún inconveniente ya que no hay por medio sentimientos por parte de una persona sobre ese animal ni estás quitando derechos a una persona por copiar su imagen. Creo que tiene una parte buena si se consiguiera utilizar con fines terapéuticos y ayudar a las personas. Estoy a favor de que se clonen órganos que puedan salvar la vida de una persona. Pero totalmente en contra de clonar a un ser humano completamente, ya que sería para utilizarla. Si alguien quiere tener un hijo puede adoptar y no clonar porque es egoísta. Clonar a una persona es jugar con la imagen de alguien y con los sentimientos de la persona que se clona”

En resumen, en primer lugar, si contemplamos la primera categoría, observamos que un 91,3% de los alumnos toman posición en relación a la clonación, pero no dan argumentos relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad. En segundo lugar, en un 8,7% de las respuestas, los alumnos toman posición relacionando la ciencia, la técnica y la sociedad. El hecho de que todos los alumnos se posicionaran a favor o en contra de la clonación ofreciendo argumentos científicos y haciendo uso del lenguaje científico, muestra que la metodología y los contenidos trabajados en clase permitieron que los alumnos aprendieran a defender su postura en relación a la clonación. Por otra parte, fueron tan solo dos alumnos los que utilizaron argumentos científicos, técnicos y sociales.

Capítulo 4. Discusión

Más de la mitad de los alumnos sabe reconocer las células necesarias en el proceso de clonación de Anselmo, pero tan solo dos de ellos utilizan argumentos elaborados en su explicación y sus respuestas se adecúan al significado científico. Considero importante señalar que a pesar de que trabajamos en clase cómo se llevaría a cabo el proceso de clonación de Anselmo, aproximadamente un tercio de los alumnos no aportan argumentos ni explicaciones a la pregunta. Por otra parte, un amplio porcentaje de los alumnos responde a la pregunta con errores conceptuales, algunos de ellos identificando únicamente las células somáticas de Anselmo como células necesarias en el proceso de clonación mientras que otros introducen de forma errónea el concepto de fecundación como proceso necesario para llevar a cabo la

clonación de Anselmo. A partir de estas respuestas, podemos interpretar que son varios los alumnos que no han conseguido entender que para llevar a cabo una clonación de un ser humano son necesarias células somáticas de la persona que se desea clonar y células reproductoras femeninas que albergarán la información genética de dicha persona, sin la intervención de células reproductoras masculinas. Esta interpretación nos lleva a pensar que es necesario trabajar con más claridad en el aula la diferencia que hay entre el proceso de clonación reproductiva y la fecundación y quizá haya que dedicar más tiempo a trabajar este tipo de trabajos.

Respecto a la siguiente pregunta, casi las tres cuartas partes de los alumnos, explicaron correctamente cómo se llevaría a cabo el proceso de clonación de Anselmo, identificando las fases de las que consta. Por el contrario, son varios los alumnos que incluyen en sus respuestas errores conceptuales, muchos de ellos son repetición de los cometidos en la pregunta anterior. A partir de estas respuestas, podemos interpretar que son varios los alumnos que no han conseguido entender las fases que se tienen que seguir para llevar a cabo un proceso de clonación.

Si nos centramos en el tercer y último apartado de la primera pregunta, una amplia mayoría de los alumnos explicaron correctamente y haciendo uso del lenguaje científico que cualquier mujer fértil podría albergar el embrión resultante del proceso de clonación. Por el contrario, son varios los alumnos que incluyen en sus respuestas errores conceptuales cometidos en las preguntas anteriores.

Respecto al último apartado de la primera pregunta, la gran mayoría de los alumnos supieron reconocer la clonación terapéutica como una de las aplicaciones de la clonación, si bien solo uno de ellos utilizó argumentos elaborados e hizo un buen uso del lenguaje científico. Por otra parte, son varios los alumnos que cometen errores conceptuales al explicar la clonación terapéutica en sus respuestas. A pesar de ello, a partir de las respuestas realizadas, podemos interpretar que en general los alumnos entendieron el concepto de clonación terapéutica.

En relación a la comprensión de los factores que influyen en la manifestación de los caracteres biológicos, más de un tercio de los alumnos argumentaron correctamente y haciendo un buen uso del lenguaje científico que el genotipo y el ambiente condicionan la expresión del fenotipo. En cambio, un amplio porcentaje de los alumnos únicamente identifica el ambiente olvidando el genotipo en su respuesta. A partir de estas respuestas, podemos interpretar que son muchos los alumnos que no han conseguido entender la influencia conjunta del genotipo y del ambiente en el desarrollo de los caracteres biológicos.

Cuando a los alumnos se les plantea una pregunta menos teórica, una gran mayoría es capaz de responder correctamente y utilizando el lenguaje científico adecuado. Más de las tres

cuartas partes de los alumnos entendieron que Luis y Ángel serán idénticos genéticamente pero el ambiente será diferente condicionando por lo tanto sus decisiones en la elección de la carrera a estudiar. A partir de estas respuestas, podemos interpretar que cuando se formulan preguntas aplicadas y menos teóricas, los alumnos ofrecen mejores respuestas.

En relación a la última pregunta, en la que se les pide a los alumnos que se posicionan a favor o en contra de la clonación, todos los alumnos utilizan argumentos científicos. A partir de estas respuestas, podemos interpretar que la metodología utilizada en clase y los contenidos estudiados, permitieron que los alumnos defendieran su posición en relación a la clonación utilizando argumentos científicos, técnicos y sociales.

Este trabajo es el punto de partida para seguir investigando sobre qué y cómo aprenden los alumnos ciencias utilizando la perspectiva Ciencia, Tecnología y Sociedad. Para futuras investigaciones, nos hemos planteado combinar la metodología cuantitativa y la cualitativa con objeto de tener una visión más amplia del problema objeto de estudio.

III REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Referencias Bibliográficas

Aguilar, T. (1999). Alfabetización científica y educación para la ciudadanía. Madrid: Narcea.

España, E. y Prieto, T. (2009). Educar para la sostenibilidad: el contexto de los problemas socio-científicos. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, 6 (3), 345-354.

- España, E. y Prieto, T. (2010). Los problemas socio-científicos como contexto para la enseñanza y el aprendizaje de las ciencias. *Investigación en la Escuela*, 71, 17-24.
- Gil, D., Senent, F y Solbes, J. (1987). La introducción a la física moderna: un ejemplo paradigmático de cambio conceptual. *Enseñanza de las Ciencias*, vol.extra, 209-210.
- Glaser, B.G. y Strauss, A.L. (1967) *The Discovery of Grounded Theory. Strategies for Qualitative Research*. Chicago: Aldine.
- Glaser, B.G (1992): *Basics of grounded theory analysis: Emerge vs Forcing*. Mill Valley. CA: Sociology Press. California.
- González, M.I., López, J.A. y Luján, J.L. (1996): *Ciencia, tecnología y sociedad, una introducción al estudio social de la ciencia y la tecnología*. Madrid: Tecnos.
- Gutiérrez, M.S., Gómez, M.A. y Martín-Díaz, M.J. (2001). ¿Es cultura la ciencia? En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp.17-31). Madrid: Narcea.
- Hodson, D. (2003). Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), 645–670.
- Jenkins, E. W. (2009). Reforming school science education: a commentary on selected reports and policy documents. *Studies in Science Education*. 45(1), 65-92.
- La Torre, A., Del Rincón, D., & Arnal, J. (2005). *Bases metodológicas de la investigación educativa*. Barcelona: Experiencia.
- López, J.A. (1998). Ciencia, tecnología y sociedad: el estado de la cuestión en Europa y Estados Unidos. *Revista Iberoamericana de Educación* 18, 41-68
- Lucas, A. (1993). Condicionantes del currículo y aportaciones de la investigación a la práctica de la educación en Ciencias. En C.Palacios, D.Ansoleaga, y A.Ajo (Eds). *Diez años de investigación e innovación en enseñanza de las ciencias*. Madrid: CIDE
- Marco-Stefiel, B. (2001). Alfabetización científica y enseñanza de las ciencias. Estado de la cuestión. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp.33-46). Madrid: Narcea.

Martín-Díaz, M.J., Gómez, M.A. y Gutiérrez, M.S. (2000): *La física y la química en secundaria*. Madrid: Narcea.

García, F.J., Molledo, J. y Rodríguez, L.M. (2000). *Más Ciencia. Ciencia, Tecnología y Sociedad en Secundaria*.

Maxwell, N. (1984). *From knowledge to wisdom: A revolution in the aims & methods of science*. Oxford: Blackwell

Millar, R. y Osborne, J. (1998): *Beyond 2000. Science education for the future*. Londres, Nuffield Foundation.

Muñoz, E. (2002). La cultura científica, la percepción pública y el caso de la biotecnología. Ponencia presentada en el seminario: La cultura científica en la sociedad de la información. Oviedo.

Osorio, C. (2002). La educación científica y tecnológica desde el enfoque en ciencia, tecnología y sociedad. *Revista Iberoamericana de Educación* 28, 61-82.

Pardo, V. (1992). Ciencia/Tecnología/Sociedad (C/T/S), un enfoque actual para la enseñanza de las ciencias experimentales. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado* 14, 37-46.

Prieto, T., España, E. y Martín, C. (2012). Algunas cuestiones relevantes en la enseñanza de las ciencias desde una perspectiva Ciencia-Tecnología y Sociedad. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 9 (1), 71-77

Ratcliffe, M. y Millar, R. (2009). Teaching for Understanding of Science in Context: Evidence from the Pilot Trials of the Twenty First Century Science Courses. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (8), 945–959.

Rubba, P.A. y Wiesenmayer, R.L. (1988). Goals and competencies for precollege STS education: Recommendations based upon recent literature in environmental education. *Journal of Environmental Education*, 19 (4),

Santos, M.E. (2001). Relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad. En P. Membiela (Ed.), *Enseñanza de las ciencias desde la perspectiva Ciencia-Tecnología-Sociedad* (pp.61-75). Madrid: Narcea.

Schwandt, T. A. (1994). Constructivist, interpretivist approaches to human inquiry. En N. Denzin & Y. Lincoln (Eds.), *Handbook of Qualitative Research* (pp. 118-137). London: Sage Publications.

Simonneaux, L. (2001). Role-play or debate to promote students' argumentation and justification on an issue in animal transgenesis. *International Journal of Science Education*, 23 (9), 903-927.

Snow, C.P. (1964). *Las dos culturas y un segundo enfoque*. Madrid: Alianza.

Solomón, J. (1994). Pupil's images of scientific epistemology. *International Journal of Science Education*, 16(3), 361-373.

Waks, L. (1990): «Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos intelectuales», en: M. Medina y J. Sanmartín.

Waks, L., y Rostum, R. (1990): «El ABC de ciencia, tecnología y sociedad», en: National STS Net-Work, Pennsylvania State University.

Yager, R.E. y Penich, J.E. (1986). Perceptions of four age groups toward science classes, teachers and the value of science. *Science Education* 70, 355-363.

Zeidler, D. L. y Sadler, T. D. (2008). Social and Ethical Issues in Science Education: A Prelude for Action. *Science & Education*, 17, 799-803.