



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

**Análisis y comprensión de la
revolución genética
utilizando un enfoque CTS
en la enseñanza de la
materia Cultura Científica
para 1º de Bachillerato**

Presentado por: Nuria Ferrándiz Díaz

Tipo de trabajo: Propuesta de Intervención

Director: José David Orgaz Álvarez

Ciudad: Madrid

Fecha: 25/12/2019

El éxito de haber llegado a puerto seguro ha sido gracias a mis “tres grumetes” y al capitán de este “nuestro rumbo”. Os debo muchas horas de días soleados que no he compartido con vosotros. Muchas gracias mi capitán, por hacer una vez más posible que esta marinera pudiera indagar rutas impensables en mares revueltos, sin tú ayuda nunca hubiera visto tierra. Es momento de calzarse e indagar nuestro nuevo destino.

Resumen

Informes recientes ponen de manifiesto que los estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato presentan una baja motivación y en consecuencia malos resultados hacia las materias de ciencias. Este hecho interfiere en la adquisición de la alfabetización científica que les permite a los jóvenes comprender los avances y las repercusiones que el progreso científico y tecnológico brinda a las sociedades del S. XXI. Años de educación tradicional, donde los alumnos han formado parte de un proceso pasivo de enseñanza-aprendizaje, han influido en el bajo estímulo que tienen los jóvenes para emprender vocaciones científicas. Sin embargo, existen estudios que demuestran como acercando la ciencia a las experiencias cotidianas de los alumnos mediante un enfoque Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS) se promueve un cambio favorecedor de actitudes por las materias de ciencias y promueve el interés por la cultura científica.

La genética es una disciplina que está viviendo tiempos revolucionarios gracias al avance tecnológico, pero en ocasiones también promueve repercusiones éticas para las cuales los ciudadanos del futuro necesitan tener herramientas comunicativas y de información que mejoren su alfabetización científica para afrontar la toma de decisiones con responsabilidad, tolerancia y respeto. La materia de Cultura Científica en 1º de Bachillerato, es un escenario perfecto para contribuir en el desarrollo y adquisición de esas herramientas y competencias que permitan a los estudiantes reconocer y valorar los avances científicos y biomédicos que influyen en las sociedades actuales y futuras. La temática presentada en este Trabajo de Final de Máster tiene como finalidad, mediante la serie de actividades propuestas siguiendo un enfoque CTS, contribuir a fomentar la curiosidad, la autonomía y la motivación de los alumnos para adquirir satisfactoriamente los contenidos procedimentales y actitudinales del currículo, así como habilidades científicas que permitan comprender los avances científicos-tecnológicos dentro de la biomedicina para favorecer a su desarrollo integral y social.

Palabras clave: *motivación, enfoque CTS, genética, cultura científica, alfabetización científica.*

Abstract

The recent reports show that students from Secondary and High School have low motivation and consequently second-rate results towards Science in general. This fact interferes in the acquisition of Scientific Literacy, preventing young people from understanding the advances and the repercussions that scientific and technological progress brings to the civil societies in the 21 Century. Over the years, the traditional methodologies have considered the students as passive members of the teaching-learning process and this fact has adversely influenced students inducing low stimulus for undertaking scientific careers. However, there are studies showing how bringing science closer to the student's daily experiences through the Science-Technology-Society (CTS) strategy promotes a positive change in attitudes towards Science and promotes interest in Scientific Culture.

The Genetics is a discipline undergoing major revolutions on account of the advancement of technology. However, this also promotes ethical repercussions for which the citizens of the future need to have communication and information tools allowing to improve their scientific literacy in order to make decisions with responsibility, tolerance and respect. The subject of Scientific Culture in 1° of High School is an ideal scenario to contribute to the development and acquisition of these tools and competences allowing students to recognize and value the scientific and biomedical advances that influence to the current and future societies. The topic explained in this Master's Final Project aims to contribute to the curiosity, autonomy and motivation of the students to successfully acquire the procedural and attitudinal table of contents of the curriculum following a series of activities by CTS strategy. In addition, the scientific skills allow them to understand the scientific-technological biomedicine advances to favour its integral and social development.

Keywords: *motivation, CTS approach, genetic, scientific culture, society scientific literacy.*

ÍNDICE

1	Introducción	1
1.1	Justificación	1
1.2	Planteamiento del problema.....	4
1.3	Objetivos.....	5
1.3.1	Objetivo general.....	5
1.3.2	Objetivos específicos	6
2	Marco Teórico	7
2.1	Alfabetización Científica y Educación	7
2.2	La importancia del método científico para comprender las ciencias y en general otras materias	15
2.3	Uso de estrategias CTS para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje 16	
2.4	Aplicación del enfoque CTS en el aula: Ejemplos prácticos	23
2.5	Genética y Sociedad.....	29
2.6	¿Cómo promover el uso de las ciencias y el interés por la cultura científica en el nuevo milenio?.....	35
3	Propuesta de Intervención	40
3.1	Presentación de la propuesta.....	40
3.2	Contextualización de la propuesta.....	40
3.3	Intervención en el aula.....	42
3.3.1	Objetivos	42
3.3.2	Competencias.....	44
3.3.3	Contenidos	47
3.3.4	Metodología	48
3.3.5	Temporalización.....	50
3.3.6	Actividades.....	50
3.3.7	Recursos	59
3.3.8	Evaluación.....	60
3.4	Evaluación de la propuesta	63
4	Conclusiones	67
5	Limitaciones y prospectiva	69
6	Referencias bibliográficas	71
7	Anexos.....	79
7.1	Anexo 1	79
		79
7.2	Anexo 2.....	83

7.3	Anexo 3.....	84
		85
7.4	Anexo 4.....	87
7.5	Anexo 5.....	89
7.6	Anexo 6.....	91
7.7	Anexo 7.....	92
7.8	Anexo 8.....	95
7.9	Anexo 9.....	96
7.10	Anexo 10.....	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Ventajas e inconvenientes de los enfoques para la educación CTC	20
Tabla 2: Descripción de la actividad CTS "La vacuna del sida"	25
Tabla 3: Descripción de la actividad CTS "Soy así por puro azar"	27
Tabla 4: Etapas cronológicas de los avances de la genética desde su origen hasta los nuestros.....	30
Tabla 5: Técnicas de reproducción asistida y problemas técnicos y jurídicos que se plantean.....	32
Tabla 6: Perspectiva de la enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio.....	37
Tabla 7: Descripción de los descriptores e indicadores de desempeño para cada una de las competencias clave.....	45
Tabla 8: Relación entre los contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias clave.....	48
Tabla 9: Resumen de actividades.....	50
Tabla 10: Descripción de la actividad 1.....	51
Tabla 11: Descripción de la actividad 2.....	52
Tabla 12: Descripción de la actividad 3.....	53
Tabla 13: Descripción de la actividad 4.....	55
Tabla 14: Descripción de la actividad 5.....	56
Tabla 15: Descripción de la actividad 6.....	57
Tabla 16: Descripción de la actividad 7.....	58
Tabla 17: Recursos didácticos empleados en la propuesta.....	59
Tabla 18: Cuestionario V: Evaluación de la propuesta de intervención por parte de los alumnos.....	65
Tabla 19: Rúbrica de Observación; Debates y Exposiciones orales.....	91
Tabla 20: Rúbrica de Observación Directa; Trabajo Cooperativo.....	92
Tabla 21: Rúbrica de Revisión de Trabajo en clase y productos.....	95
Tabla 22: Cuestionario IV: Evaluación de actitudes.....	96
Tabla 23: Rúbrica de autoevaluación por parte de docente.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Puntuación media en ciencias junto con el intervalo de confianza al 95% para la media poblacional.....	8
Figura 2: El método científico.....	15
Figura 3: Principales etapas del método científico.....	15
Figura 4: El dogma de la Biología Molecular.....	79
Figura 5: Mapa Conceptual de la información genética.....	80
Figura 6: Determinar la secuencia genética para proceso celular.....	81
Figure 7: Historia y Etapas cronológicas de la genética.....	82
Figura 8: Tipos de terapia génica: Técnica <i>in vivo</i> y Técnica <i>ex vivo</i>	84
Figura 9: Etapas del método científico.....	85
Figura 10: Diferencias entre fecundación <i>in vitro</i> y transferencia de embriones o inseminación artificial.....	87
Figura 11: Términos o aspectos de la película GATTACA para comentar en el debate.....	88
Figura 12: Comparación de los distintos tipos de clonación.....	89
Figura 13: Diseño del nacimiento de Dolly.....	90

1 Introducción

Vivimos tiempos revolucionarios en la genética debido a los grandes avances desarrollados en la tecnología biológica durante las tres últimas décadas. Estas herramientas ofrecen un especial potencial en disciplinas como la medicina, la agricultura y la ganadería y con ello unos efectos y repercusiones a nivel social con el objetivo de mejorar la sociedad humana.

Han pasado más de 40 años desde que nació el primer bebé probeta (Steptoe and Edwards, 1978) y 23 años desde que se dio a conocer al mundo entero que era posible la clonación de mamíferos con el nacimiento de la oveja Dolly (Willmut, 1996). Estos descubrimientos y los que vinieron posteriormente, vienen acompañados de la expansión de una importante herramienta como es la Biología Molecular. Sydney Brenner, uno de los científicos más importantes y brillantes en este campo afirmaba, y así les gusta recordar a muchos de sus colegas en el campo, que la nueva era de la biología nos permite conocernos más a nosotros mismos, lo cual nos permitirá el entendimiento de los humanos como otro organismo (Morata, 2014). Sin embargo, a mitad del siglo XX muy pocos hubieran pensado que estos avances en biología molecular iban a permitir en tan solo unas décadas; el clonaje de genes, la generación de animales y plantas transgénicas, la terapia génica y los ya conocidos Proyectos Genoma Humano (Morata, 2014). Por lo tanto, vivimos una era fascinante y repleta de nuevos conocimientos que, debido a la nueva era digital y de la información, están al alcance de la sociedad en tiempo real. Sin embargo, nuestras sociedades carecen de herramientas para llegar a encajar la aplicabilidad y el alcance de esos descubrimientos. Nuestros estudiantes viven estos tiempos revolucionarios tanto en ciencia como en tecnología, por lo tanto, es necesario dotarlos de formación intelectual, crítica y ética que les permita comprender esos avances y descubrimientos para entender sus aplicaciones e implicaciones. Por lo consiguiente, una educación y una formación basada en la enseñanza y aprendizaje significativo es lo que va permitir que nuestros alumnos propicien la reflexión, que construyan conocimiento y razonamiento y con ello un análisis del sentido crítico y ético para mejorar sus capacidades individuales en términos de competencia cognitiva (Iniguez, 2006), siendo uno de los objetivos generales y de etapa marcados para la Educación Secundaria Obligatoria (ESO) y Bachillerato según establece el Real Decreto 1105/2014 de 26 de diciembre y el Real Decreto 1476/2007 para la enseñanza de Biología en Bachillerato de 6 de noviembre, respectivamente.

1.1 Justificación

La ciencia y la tecnología forman parte del patrimonio cultural de una sociedad. Lejos parecen quedar los tiempos donde el avance científico y la lucha contra la ignorancia encontraba trabas desde instituciones dominantes como la religiosa o las monarquías

absolutas (Gherab Martín, 2009). Según J. D Bernal (1954) la ciencia debe ser entendida como: institución, método de tradición acumulativa de conocimiento, un factor importante de desarrollo y el mantenimiento de la cultura de una sociedad y sin duda una de las fuentes más poderosas que van a conformar las opiniones tanto del universo como del propio hombre. Por lo tanto, una sociedad rica en ciencia y tecnología es una sociedad rica en cultura, siendo tres términos inseparables. La ciencia y su método científico son el claro ejemplo de enriquecimiento del conocimiento humano de manera precisa, minucioso y articulado. Sin embargo, desgraciadamente la sociedad encuentra el conocimiento científico complicado y solo alcanzable para mentes prodigiosas. Es muy preocupante el alto porcentaje de desmotivación de nuestros jóvenes en las asignaturas de ciencias debido a la interacción de múltiples factores: 1) organización del sistema educativo, 2) imagen y valoración negativa de las ciencias, 3) el tema del género y 4) las metodologías empleadas por el profesorado en la enseñanza de las ciencias (Solbes, 2007). Una sociedad no puede avanzar si la brecha entre cultura tradicional y cultura científica no se minimiza entre generaciones para terminar acuñando un único nombre como Cultura.

La sociedad de la información en la que vivimos nos permite conocer casi diariamente noticias relacionadas con el avance del conocimiento de enfermedades, la manipulación y producción de nuevos alimentos y los devastadores efectos del cambio climático. Sin embargo, la inmensa mayoría de la sociedad adulta vive inmersa en el analfabetismo científico y ello le impide dar respuesta a preguntas sencillas que surjan a lo largo de sus vidas debido a la falta de esos conocimientos científicos (Cabral Perdomo, 2001). La adquisición del alfabetismo científico dotaría a la sociedad de herramientas para comprender titulares como: “Se envía sonda a marte equipada con tres espectrofotómetros para analizar su superficie” o “Científicos descifran el 99% del código genético humano”, porque tendrían los conocimientos científicos básicos para ello y más importante, los dotaría con un espíritu crítico y ético para aceptar su autenticidad y las repercusiones sociales. En definitiva, nuestras sociedades necesitan una cultura científica básica que contribuya a que el conocimiento científico y tecnológico formen parte de la cultura, de la conciencia social y la inteligencia colectiva (Eduardo Martínez, 1997). Los beneficios de lograr este objetivo a largo plazo serán múltiples porque nos hallaremos ante sociedades con un gran impacto en el desarrollo económico y social ante retos como: 1) el desarrollo sostenible de la nación, 2) la calidad de vida de la población y conservación del medio ambiente, 3) el conocimiento de la cultura nacional, 4) la transmisión de los valores éticos, 5) una educación objetiva, creativa, participativa, independiente, libre, imparcial, plural y laica y 6) la conciencia y la práctica de la excelencia (Cabral Perdomo, 2001).

La educación científica se proporciona a los alumnos desde la educación primaria (niveles muy básicos), pasando por la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato (se profundiza más en términos de conocimiento y comprensión para la integración y adaptación social) hasta la propia universidad (a un nivel más avanzado y especializado). En cada uno de los niveles educativos se pueden encontrar materias con contenidos científicos, pero es en la materia denominada “Cultura Científica” perteneciente al bloque de materias específicas para 4º de ESO y 1º Bachillerato según establece el Real decreto 1105/2014 donde se establece la base del contenido científico sobre temas generales como; el universo, los avances tecnológicos, la salud, la calidad de vida y los nuevos materiales (4º de ESO) y para cuestiones más complejas como; la formación de la tierra, el origen de la vida, la genética, los avances biomédicos y las tecnologías de la información y de la comunicación para 1º Bachillerato. Es en este curso más avanzado donde podemos encontrar contenidos que ayuden a los jóvenes a razonar sobre los acontecimientos científicos que afectan directamente a la ciudadanía: terremotos, erupciones volcánicas, problemas de sequía, inundaciones, planes hidrológicos, animales en peligro de extinción, alimentos transgénicos, clonación, fecundación in vitro, terapia génica, trasplantes, investigación con embriones congelados, etc... (Real decreto 1105/2014). Por lo tanto, esta materia específica es una fantástica oportunidad para enseñar a nuestros alumnos a ser ciudadanos autónomos, críticos y éticos. No se trata de suministrarles contenidos y con ello respuestas, sino que se les debe guiar en la búsqueda y selección de la información científicamente relevante, porque solo su periplo personal les hará hombre y mujeres libres para los grandes cambios del futuro resultado de los grandes avances científicos-tecnológicos. Destacar que nuestros alumnos en los cursos de Bachillerato actual formarán parte de un mercado laboral dentro de 25 años donde el 85% de las profesiones no existen en la actualidad y la mayoría de las organizaciones empresariales serán tecnológicas (DLL Technology, 2017). Por lo tanto, los docentes en la Educación Secundaria Obligatoria y en Bachillerato, tienen la ardua tarea de dirigir la formación y educación de los jóvenes que capitanearán la 4º Revolución Industrial como fruto del desarrollo tecnológico y científico.

Tras lo argumentado, el objetivo de esta propuesta de intervención es la de ayudar a los estudiantes de 1º Bachillerato, que hayan escogido la materia Cultura Científica, a mejorar su alfabetización científica que les permita adquirir el conocimiento y la comprensión crítica de la revolución científica y tecnológica en el campo de la biomedicina, y más concretamente de la genética. Para ello, se trabajará las competencias clave establecidas en el currículo de manera central para adquirir los conocimientos, habilidades, destrezas y actitudes que faciliten el proceso de enseñanza y aprendizaje (BOPA, de 10 de junio).

La materia que nos ocupa es claramente multidisciplinar, pero será el área de biología y concretamente de la genética donde realizaré un análisis más profundo considerando aspectos tan importantes como las Ciencias Sociales para analizar la realidad actual y comprender el método científico. Señalar la gran importancia que el presente currículo educativo quiere conseguir con el principio de igualdad de género y la superación de estereotipos, prejuicios y discriminaciones del género femenino para visualizar la labor y aportación de las mujeres a lo largo de historia. Este aspecto será considerado y tratado con especial atención a lo largo de la propuesta de intervención. Es necesario aunar esfuerzos desde todas las disciplinas educativas para normalizar la lucha de géneros y enterrar viejos fantasmas del papel de las mujeres en la sociedad. Por consiguiente, es esta materia un escenario interesante para tratar temas complicados y controvertidos en nuestra sociedad cada vez más heterogéneas y con modelos de familia tan distintos.

Para conseguir mi objetivo utilizaré una metodología sistémica que englobe tanto el enfoque analítico de sus contenidos como la visión global del mismo desde un aspecto social. Por lo tanto, la propuesta de intervención de este trabajo tendrá un enfoque basado en Ciencia Tecnología y Sociedad (CTS) para abordar la enseñanza de la materia Cultura Científica para 1º de Bachillerato con carácter innovador. Utilizando el enfoque CTS el objetivo es promover la mejora de la alfabetización científica y tecnológica de los alumnos, de manera que mejore actitudes de responsabilidad y educación en valores para participar democráticamente de la toma de decisiones que afectan a la calidad de vida de la sociedad actual (Acevedo, 1997 y Acevedo 2001). Para realizar una buena praxis de este enfoque se seguirán algunas de las directrices propuestas por Acevedo 1996 y 2001 enfocadas al papel del docente y las estrategias de enseñanza-aprendizaje que se usan para el enfoque de la enseñanza CTS.

1.2 Planteamiento del problema

En esta propuesta de intervención y basado en lo argumentado anteriormente, nuestros alumnos tienen dificultades para comprender los avances científicos y tecnológicos del mundo actual. Existe confusión sobre las noticias en el campo de la biomedicina y los progresos que llegarán a la ciudadanía en un corto margen de tiempo. Todos tenemos familiares y/o conocidos con enfermedades para las que se abre un horizonte esperanzador con nuevos avances en la biomedicina, pero sin embargo, la solución no parece estar al alcance del presente sino de un futuro más cercano que lejano. Todos estos avances nos permiten comprender mejor el funcionamiento humano y las causas de las enfermedades. Los alumnos son cada vez más conscientes que la ciencia se va construyendo de continuos avances y retrocesos, en los que los científicos trabajan conjuntamente en diferentes partes del mundo y se retroalimentan

mutuamente para conseguir el mejor de los progresos, porque los progresos en ciencia forman parte del patrimonio cultura de todos. El científico se está dejando de ver como un ser solitario y de mente prodigiosa. Es necesario enseñar a nuestros alumnos que ser científico no es una profesión al alcance de unos pocos, solo se requiere una habilidad dominante: **La curiosidad**.

Los contenidos que se van a tratar en esta propuesta de intervención permiten exponer y tratar los aspectos éticos que envuelven muchos de los descubrimientos y avances de las últimas décadas. Los alumnos tienen una gran curiosidad y necesidad por aprender la utilidad de esos avances, sin embargo, es notable que les falta herramientas para entender todos estos fenómenos científicos, tecnológicos y sociales para poder interpretarlos y valorarlos en el contexto en que se ha producido (BOPA, de 10 de junio). Por lo tanto, es necesario dotarlos de esas herramientas trabajando las competencias claves, pero sobre todo, promoviendo el desarrollo de valores y actitudes favorables acorde a conseguir una mejora de la convivencia, la igualdad de géneros, la solidaridad, la tolerancia, la atención a la interculturalidad, y sobre todo el respeto de los derechos humanos. Es necesario enseñarles la aplicación del método científico en sus razonamientos porque es la consecución de la obtención de aprendizajes significativos, relevantes y funcionales. En definitiva, los resultados obtenidos pueden ser aplicados a la adquisición de conocimientos en otros muchos contextos y materias.

Para conseguir la resolución del problema, esta propuesta fomentará el trabajo en grupo de forma igualitaria y cooperativa. Se trabajará la exposición en público de las ideas, actividades de debate para conseguir una argumentación razonada y documentada con las ideas de los miembros de cada grupo con opción a la discusión tolerante y respetuosa. Además, se utilizará la gamificación para intercambiar roles de género y profesión entre los alumnos y alumnas, solo experimentando las vidas de otros se comprende mejores sus acciones. Para maximizar el tiempo en clase en discusiones constructivas y enriquecedoras, se utilizará la metodología de clase invertida con la finalidad de ayudar al docente a conocer con anterioridad conocimientos previos, preconceptos y prejuicios sobre los contenidos a tratar en la unidad didáctica. En definitiva, es la intención del autor de este trabajo utilizar diversas metodologías que enriquezcan la obtención de las competencias marcadas en el currículo y de las que hablaremos posteriormente.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

El principal objetivo del presente Trabajo Final de Máster, es diseñar una propuesta de intervención en el aula a través de una serie de actividades dotadas de un enfoque CTS, que

permita a los alumnos de 1º Bachillerato entender los conocimientos y la utilización de los descubrimientos más vanguardistas de la genética en el nuevo milenio, con el objetivo final de ayudar a los alumnos con los fundamentos necesarios para mirar al mundo con una mirada científica, sabiendo enfrentarse a situaciones problemáticas abiertas y a fenómenos cotidianos con espíritu investigador, crítico y ético.

1.3.2 Objetivos específicos

Una vez definido el objetivo principal del trabajo se hace necesario definir una serie de objetivos específicos:

- Analizar las dificultades que tienen los alumnos de Bachillerato para comprender y contextualizar los descubrimientos científicos en la mejora de la calidad de vida a corto y largo plazo.
- Organizar las diversas informaciones de contenido científico que les permitan tomar decisiones fundamentadas para comunicarlas y expresarlas de manera correcta y ética.
- Fomentar la importancia del conocimiento y la utilización del método científico para cualquier disciplina.
- Diseñar una mejora en los procesos de enseñanza-aprendizaje para lograr un aprendizaje significativo mediante el enfoque CTS.
- Revisar los ejemplos prácticos llevados al aula mediante estrategias con enfoque CTS.
- Desarrollar aprecio por la igualdad, tolerancia, respeto y rechazar cualquier forma de discriminación por razones de sexo, origen, lengua, creencia u origen.
- Promocionar la motivación de los alumnos por los avances científicos que inspire la vocación científica como una salida profesional.

2 Marco Teórico

2.1 Alfabetización Científica y Educación

- **¿Para qué enseñar ciencias en la educación secundaria obligatoria? Actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria.**

Es una realidad que todo docente a lo largo de su trayectoria profesional ha recibido preguntas de los alumnos cuestionándose para que sirve aquello que se está estudiando en clase (Martín Díaz, 2002). Difícil parece la tarea de explicarles a los alumnos de secundaria que aquello que están aprendiendo aunque sea con aspecto propedéutico, tendrá una utilidad para ejercer mejor ciudadanía en unos tiempos en los que la ciencia y la tecnología avanzan de manera imparable y donde todo nuestro alrededor gira entorno a ellas. Por consiguiente, enseñar ciencias no es solo pensando en aquellos estudiantes que realizarán estudios superiores centrados en carreras de científico-técnicas, hecho que además muestra una clara disminución especialmente en los países desarrollados, donde los alumnos han perdido la motivación y el interés por las carreras del área científico-técnicas (Couso, 2011). Cabe destacar, que en España (Marba, 2010), menos del 50% de nuestros alumnos consideran que las ciencias no son atractivas para ellos y a su vez más del 60% de los estudiantes no considera que la ciencia aprendida en el aula les haya hecho sentir motivación para emprender trabajos excitantes en su futuro. Finalmente, y con sentimiento de preocupación, menos del 60% alumnos de secundaria opinan que la ciencia a lo largo de su trayectoria ha aportado muchos más aspectos positivos para la ciudadanía que perjudiciales (Sjöberg y Schreiner, 2010). Por lo tanto, los resultados obtenidos en los informes PISA de 2015 para nuestro país demuestran como nuestros alumnos de secundaria están estancados en competencia científica logrando una puntuación de 493 igualada con la obtenida por el promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) y dos puntos por debajo del total de todos los países miembros de la Unión Europea (Fig. 1).

Este informe arroja una información verdaderamente preocupante, y es que 18,3% de los alumnos no saben utilizar los conocimientos adquiridos durante su trayectoria académica para entender situaciones de la vida diaria con una explicación científica, así como analizar los datos para saber diseñar un experimento sencillo para responder a una pregunta sencilla (MECD, 2016a).

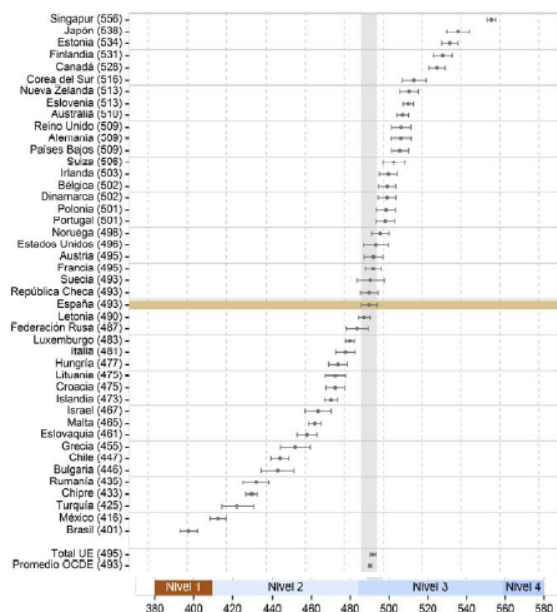


Figura 1. Puntuación media en ciencias junto con el intervalo de confianza al 95% para la media poblacional. [Nivel 1: Conocimiento sustantivo básico sobre fenómenos científicos simples. Nivel 2: Conocimiento sustantivo de la vida diaria y el conocimiento procedimental básico para identificar una explicación científica. Nivel 3: El alumno es capaz de trabajar con contenido sustantivo moderadamente complejo para identificar o elaborar explicaciones sobre fenómenos conocidos. Nivel 4: El alumno es capaz de utilizar conocimiento de contenido sustantivo, procedimental y epistémico para proporcionar explicaciones, evaluar y diseñar investigaciones científicas e interpretar datos en una variedad de situaciones de la vida que requieren sobre todo un nivel medio de demanda cognitiva.] (Fuente: MECD, 2016a)

Por consiguiente, estos resultados enfatizan con claridad la pregunta ¿Para qué enseñar ciencias en la educación secundaria obligatoria? Y la respuesta más ambigua sería porque es relevante para la vida cotidiana, para formar a ciudadanos responsables que sepan tomar decisiones en sus vidas ante cuestiones relacionadas con la ciencia y la tecnología (Aikenhead, 2003). Sin embargo, existen distintos puntos de vista a tener en cuenta sobre la relevancia de la ciencia en el contexto escolar con distintas finalidades (Acevedo, 2004):

- Proseguir estudios superiores científicos; Comprensión de los aspectos más íntegros de la ciencia.
- Tener capacidad para tomar decisiones en los asuntos públicos tecno-científicos; Derecho que tiene la ciudadanía en una sociedad democrática para tomar decisiones en aspectos relacionados con ciencia y tecnología (Educación científica para la acción social).
- Ser funcional para trabajar en el mercado laboral: Aplicación de los conceptos más íntegros en la adquisición de competencias.
- Motivar al alumnado: Utilizando herramientas sociales y comunicativas de tipo divulgativo. En ocasiones pueden estar estereotipados y tratar contenidos sensacionalistas.

- Ser de utilidad en la vida cotidiana; Transferencia de los aspectos descubiertos por los científicos a la vida cotidiana de los ciudadanos en aspectos transversales (salud, nutrición, higiene, educación, consumo...).
- Satisfacer las curiosidades personales; Aspecto variable en función de la etapa educativa, género, sexo o países de origen.
- Fusionar ciencia con cultura; Promover la cultura de la sociedad a través de una enseñanza de las ciencias.

Por consiguiente, parece un hecho que la actitud de los alumnos hacia las ciencias tendrá repercusiones en el proceso de enseñanza-aprendizaje en las disciplinas tecno-científicas y en definitiva, afectará a las decisiones que estos alumnos tomarán para su futuro en cuestiones globales relacionadas con la ciencia y la tecnología (Navarro y Foster, 2012). Pero actitud lleva implícito una estructura tridimensional con tres componentes: cognitivo, afectivo y conductual (Pelcastre, Gómez y Zabala, 2015) que determinan la tendencia o disposición que cada persona muestra para evaluar un objeto, un hecho, una persona, un suceso y actuar en concordancia con las conclusiones obtenidas tras la evaluación (Pozo, 2000). Se espera que los alumnos que estudien ciencias adquieran los conocimientos básicos de las materias científico-técnicas y que a su vez desarrollen las habilidades y actitudes que en su conjunto le permitan adoptar ese conocimiento científico porque mejorando ese conocimiento mejora el nivel de alfabetización científica (Navarro y Foster, 2012).

Son varios los estudios a lo largo de los últimos 10 años (Pelcastre, Gómez y Zabala, 2015) que han determinado la actitud de los estudiantes para las ciencias. Sin embargo, la falta de homologación en los estudios, la utilización de distintos métodos, técnicas e instrumentos para recoger la información, arrojan resultados contradictorios. El estudio de Pelcastre, Gómez y Zabala (2015) determina que los estudiantes tienen una actitud positiva y favorable para las ciencias, resultado que coincide con el obtenido utilizando cuestionarios estandarizados en estudiantes españoles (Vázquez y Manassero, 1997) pero son contrarios a otros estudios (Corral et al., 2007; Desy, Peterson y Brockman, 2011; Hernández et al., 2011; Mazinelli y Aparicio, 2009; Riffat, Sarward, Naz y Noreen, 2011) que apoyan conclusiones de fuerte desinterés de los estudiantes por las asignaturas de ciencia y tecnología.

En resumen, todos los estudios anteriores comparten un objetivo, generar curiosidad y motivar el aprendizaje de los alumnos, a través de modificar aspectos como el currículo, las metodologías aplicadas y las actividades desarrolladas para que sean motivadoras, interesantes y notorias para los estudiantes porque esto ayudara en las orientaciones de los alumnos para la toma de decisiones con actividad científica que afectan a la sociedad,

mejorando su obligación en la resolución de problemas así como en alcanzar la calidad de la alfabetización científica de los alumnos que son los ciudadanos y ciudadanas del futuro.

- **¿Alfabetización científica o preparación propedéutica?**

Es una cuestión que ha generado un intenso debate en la comunidad educativa especializada en materias de ciencias (Furió-Más et al., 2001). Tiempos pasados indicaban que la enseñanza de estas materias debía tener como objetivo la preparación propedéutica de aquellos alumnos que realizarían estudios superiores en carrera universitarias científico-técnico. Múltiples razones determinaban que se debía preparar a los alumnos concienzudamente para que aprendieran el mayor número posible de contenidos conceptuales, haciendo hincapié en la profundidad de cada uno de ellos, así como las leyes que los determinan (Hodson, 1993). Sin embargo, actualmente nos encontramos en una visión completamente distinta, que gira entorno a mejorar la alfabetización científica para formar a todos los alumnos que en definitiva serán los futuros ciudadanos y ciudadanas sobre los que recaerá la responsabilidad de decidir en importantes cuestiones científicas. Por consiguiente, este cambio radica en la importancia de no centrarse exclusivamente en la formación especializada de aquellos alumnos que serán futuros ingenieros, científicos o técnicos especializados, sino atender al conjunto de alumnos porque todos ellos necesitan conocer y entender el papel de la ciencia y la tecnología en nuestras vidas, así como su potencial y limitaciones ejerciendo un papel crítico al respecto, pues solo de este modo serán capaces de reflexionar en cuestiones importantes para el desarrollo y mejora de las comunidades.

La alfabetización científica debe ser considerada como la oportunidad para formar a los alumnos en una formación básica que les permita conocer y utilizar los conocimientos científicos y tecnológicos del momento para desenvolverse, comprender y solucionar aspectos de la vida cotidiana relacionados con la alimentación, la salud, el medio ambiente, y la comunicación. En definitiva, mejorar la alfabetización científica cumple con los objetivos dispuestos en el currículo educativo para Educación Secundaria Obligatoria al cumplir los objetivos; “f) *Concebir el conocimiento científico como un saber integrado que se estructura en distintas disciplinas, así como conocer y aplicar los métodos para identificar los problemas en los diversos campos del conocimiento y de la experiencia*” y para Bachillerato; “f) *Acceder a los conocimientos científicos y tecnológicos fundamentales y dominar las habilidades básicas propias de la modalidad elegida, g) Comprender los elementos y procedimientos fundamentales de la investigación y de los métodos científicos. Conocer y valorar de forma crítica la contribución de la ciencia y la tecnología en el cambio de las condiciones de vida, así como afianzar la sensibilidad y el respeto hacia el medio ambiente*” (RD 1105/2014). Se trata de formar ciudadanos democráticos con sentido crítico para afrontar los problemas del futuro en sanidad, medio ambientales y sociales, porque formándolos mejoramos su conocimiento, autoestima y autonomía (Furió-

Más et al., 2001). En conclusión, las reformas educativas que supongan un cambio en la enseñanza de las materias de ciencia a través de enfatizar la alfabetización científica de nuestros alumnos tendrán como consecuencia una mejora de la cultura científica y con ello una mejora de la cultura de una sociedad.

- **Análisis didáctico de los contenidos de genética**

Los contenidos de genética son impartidos en el actual currículo educativo en Biología y Geología de 4º ESO y en 1º Bachillerato, así como en Biología de 2º de Bachillerato y en la asignatura específica Cultura científica de 1º Bachillerato. Los contenidos que comprenden los bloques de genética en cada una de estas asignaturas son difíciles de entender por los alumnos desde un punto de vista conceptual y procedimental (Smith, 1980). Docentes y expertos en educación consideran que el problema radica en que se requiere herramientas superiores a la observación y la descripción como son un cierto nivel y control de cálculo numérico y operaciones analíticas (Radford y Bird-Stewart, 1982). Durante años ha habido diferencia de opiniones por distintos autores que han considerado las ventajas e inconvenientes de introducir los conceptos de genética en alumnos menores de 16 años. En contra de su implantación se encuentran autores como Haley y Good (1976) y Walker (1980) que justifican la falta de capacidad de los alumnos para alcanzar el pensamiento formal en estas edades y por lo tanto, la dificultad para comprender los aspectos relacionados con la genética. Hackling y Treagust (1984) también mostraron sus reticencias al respecto, sin embargo, dejan abierta la posibilidad de introducirlos siempre y cuando no se profundice en aspectos no comprensibles mediante la observación, propusieron que estos conceptos se pueden introducir antes de esas edades siempre que se acerquen los procesos de la herencia biológica a situaciones de la vida cotidiana y familiares. Por el contrario, ya en los años 70, había autores como Shayer (1974) y Deadman y Kelly (1978) que apostaban por su implantación en los cursos iniciales de la Educación Secundaria Obligatoria porque consideraban que la genética tiene mucha importancia a nivel social y porque esto permitiría desarrollar métodos apropiados para facilitar los procesos de enseñanza y aprendizaje de estos contenidos.

Entender los contenidos conceptuales de los bloques de genética lleva implícito saber resolver problemas que requieren comprender conceptos y procesos de la herencia. Por otra parte, la dificultad de diseñar actividades prácticas para explicar estos contenidos dificulta su comprensión. Afortunadamente el desarrollo de la tecnología ha permitido desarrollar recursos TIC que facilitan el aprendizaje de estos contenidos de una manera más visual a través de proyecciones, videos, imágenes 3D, laboratorios virtuales que sin duda ayudara al aprendizaje significativo de estos contenidos y evitara aprender de manera memorística ciertos algoritmos que les permitan a los alumnos resolver de manera mecánica problemas sin

llegar a la comprensión e interpretación de los resultados. Además, es necesario comprender la naturaleza del material hereditario, sus mecanismos de transmisión, así como las aplicaciones médicas y biotecnológicas. Términos como clonación, ingeniería genética, terapia génica y otro tipo de manipulaciones biotecnológicas sobre el material genético como la novedosa técnica del CRISPR, se hacen necesario su comprensión para entender las constantes noticias sobre investigación genética.

En definitiva, la didáctica de la genética no puede continuar usando una metodología expositiva donde los alumnos memorizan aspectos conceptuales sin comprender su significado y utilidad. La importancia de comprender los conocimientos básicos de la genética es un requisito primordial en nuestra alfabetización científica. Los campos de la biomedicina y biotecnología y en concreto la investigación genética, han sufrido un importante avance en la última década y sus logros son noticia diaria en los medios de comunicación con carácter sociológico y ético que condicionan que los alumnos mantengan una aptitud sobre la manipulación y modificación del material genético.

- **Visiones deformadas de la ciencia y la tecnología. Promover el interés por la cultura científica.**

Anteriormente hemos descrito la falta de interés y motivación creciente en los países desarrollados por las materias de ciencias que han hecho que incrementen las actitudes de fracasos y los aspirantes a estudiar carreras científicas. Por lo tanto, se necesita promover un cambio en la visión de la ciencia y la tecnología a través de una renovación de la educación científica que enriquezca la cultura científica de nuestros alumnos y en su conjunto de la ciudadanía. Análisis de la enseñanza de las ciencias han demostrado que el cambio de visión debe comenzar con el profesorado, que en muchas ocasiones transmiten visiones alejadas y distorsionadas del método constructivista, siendo ellos mismos los propios artífices del desinterés y el rechazo entre sus alumnos (Fernández, 2000). Entre los errores más comunes que se comenten están (Fernández, Gil-Pérez, Valdés y Vilches, 2005):

- Una visión descontextualizada que no muestra los avances ni el impacto de los descubrimientos científicos en el desarrollo de las sociedades pasadas ni en las actuales.
- Una concepción individualista y elitista de la actividad científica. Todavía hoy los alumnos piensan que los científicos son seres muy inteligentes y en su gran mayoría del género masculino que trabajan individualmente en los laboratorios para verificar sus hipótesis. Desde la educación escolar no se traslada que la ciencia es el resultado del trabajo complejo de muchas personas con distinta clase de conocimientos que trabajan conjuntamente en laboratorios e instituciones a lo largo del globo terrestre.

- Una concepción de la ciencia desde el método empírico-inductivista donde se obtienen conclusiones generales a través de la observación y la experimentación con fenómenos particulares. La falta de trabajo experimental en las clases debido en ocasiones a la poca experiencia del profesorado para llevar a cabo la aplicación práctica de los contenidos, determinan que la ciencia escolar tenga un carácter simplista y descontextualizado y excesivo de contenidos teóricos, que evita potenciar la capacidad de los alumnos para realizar trabajo experimental en el laboratorio siguiendo un simple protocolo o guía como elemento central del método científico (ver siguiente sección).
- Una visión rígida, algorítmica e infalible. Es un error muy común entre el profesorado de ciencias, que tiene a explicar la ciencia y en su conjunto el método científico con verdades absolutas a través de sus resultados obtenidos.
- Una visión aproblemática y ahistórica. Se tiende a olvidar una explicación de la situación vivida que ocasionaba una problemática y unas preguntas a las cuales se intento buscar una solución, pero las limitaciones técnicas del momento en la mayoría de los casos imposibilitaban encontrar explicaciones y en ocasiones se obtuvieron resultados erróneos que fueron corregidos con el curso de la historia. Es importante que los alumnos conozcan el transcurso de los hechos para evitar distorsionar, deformar y empobrecer la historia de las ciencias. Olvidar la historia afecta gravemente la construcción de conocimiento y con ello a la alfabetización científica de los alumnos.
- Visión exclusivamente analítica. La explicación del método científico a través de el análisis de los datos obtenidos sin considerar las características que llevaron a los científicos a realizar estos estudios incurre en adoptar visiones simplistas e imparciales del conocimiento científico.
- Visión acumulativa de crecimiento lineal. La manera en la que son presentados los conocimientos y teorías científicas a los alumnos demuestran que siempre se ha construido conocimiento sobre otros conocimientos. Sin embargo, tiende a olvidarse explicar las verdaderas revoluciones y confrontaciones científicas que existieron entre vertientes contrarias de conocimiento y cuales fueron los procesos de establecimiento que se llevaron para que sean aceptadas esas teorías como las conocemos en la actualidad.

A consecuencia de lo explicado, es necesario promover un cambio que incremente en los alumnos el interés por la ciencia y en definitiva por la cultura científica. Para ello se hace necesario generar un nuevo clima que empezará con un cambio en las relaciones entre profesor-alumnos y de los alumnos entre si, para que se construya un ambiente de aprendizaje de manera abierta y creativa. Inicialmente, se hace necesario que el docente modifique su enseñanza hacia modelos más constructivistas que fomenten un aprendizaje

significativo y funcional con una visión más cercana a la realidad de sus alumnos para poder transmitir una perspectiva más rica y atractiva de la actividad científica. Para ello, es necesario conocer inicialmente las opiniones de nuestros alumnos, de cómo ellos han sido introducidos en la educación científica, qué les ha hecho generar rechazo o por el contrario, si fuese el caso, qué fue lo que les hizo sentir motivación, los resultados obtenidos ayudarán al docente a saber mejor a que se enfrenta para tener éxito en su cambio de clima. Esta dinámica genera varios compromisos que los docentes deben adoptar (Gil-Pérez et al., 2005):

- El docente debe potenciar los aspectos más relevantes y creativos de la actividad científica, utilizando otros recursos más allá de los meramente formales como el libro de texto, por ejemplo blogs científicos, la prensa, las redes de comunicación, las revistas científicas, salidas al campo o a museos, visitar centros de investigación o tecnológicos. Los alumnos deben percibir que aprender contenidos, leyes o teorías científicas no es memorizar y olvidar, en definitiva nada atractivo y analizando desde un punto educativo es una pérdida de tiempo si hacemos que los alumnos se adentren en los procesos de enseñanza y aprendizaje de esta manera. Destacar que el docente, tiene una fantástica oportunidad para ser creativo e imaginativo, empoderando a sus alumnos a que muestren interés hacia problemas científicos de actualidad que son cercanos a su realidad, animándolos a ser científicos en la búsqueda de soluciones a esos problemas utilizando los recursos preparados por el docente previamente. Por lo tanto, es en este compromiso donde adoptar enfoque centrado en CTS ayudarán a acercarse al interés e importancia que los temas que se aborden en clase tienen para las sociedades. En definitiva, se puede trabajar estas materias potenciando cualidades de saber trabajar en grupo, respetar las ideas y decisiones de los compañeros, trabajar múltiples competencias clave a través del desarrollo de las actividades y de la exposición de los resultados.
- Otro compromiso es aquel en el que el docente de trabajar para que acercar la ciencia a todos sus alumnos, que se sientan motivados para conocerla, independientemente de si realizaran estudios superiores en carreras científico técnico. El docente debe conseguir una alta participación en clase, que se sientan protagonistas de su propio aprendizaje y que adopten las responsabilidades que se requerirán de ellos cuando sean adultos y tengan que decidir sobre cuestiones científico técnicas. Además, se debe potenciar que ellos de una manera u otra pueden contribuir al desarrollo de la ciencia y de la tecnología en un futuro por las responsabilidades y profesiones que lleguen a desarrollar.

Es una obligación del docente de acabar con viejos estigmas que conllevan problemas de género y de una única forma de inteligencia. Conocer a nuestros alumnos en cuantos a sus miedos, rechazos, preconcepciones erróneas, intereses, motivaciones y aspiraciones sobre la materia de estudio favorecerá el desarrollo de la adquisición de los procesos de enseñanza y aprendizaje y mejora no solamente el clima del aula sino la cultura científica.

2.2 La importancia del método científico para comprender las ciencias y en general otras materias

• Etapas del método científico

El método científico es la herramienta o instrumento que utiliza la ciencia básica o aplicada para poder resolver un problema procedente de un conjunto de pensamientos, generales o particulares, con el fin de obtener resultados que pueden ser leyes científicas, postulados, principios, etcétera (Figura 2).



Figura 2: El Método Científico (Fuente: Ruiz, 2007)

Hablar de método científico, conlleva hacer referencia al razonamiento científico que en primer lugar parte de la observación, el experimento y el análisis para después generar una hipótesis y su comprobación (Ruiz, 2007). Por consiguiente, el método científico lleva implícito una serie de 14 etapas (Edmund, 1998) que pueden quedar resumidas en 4 etapas principales:

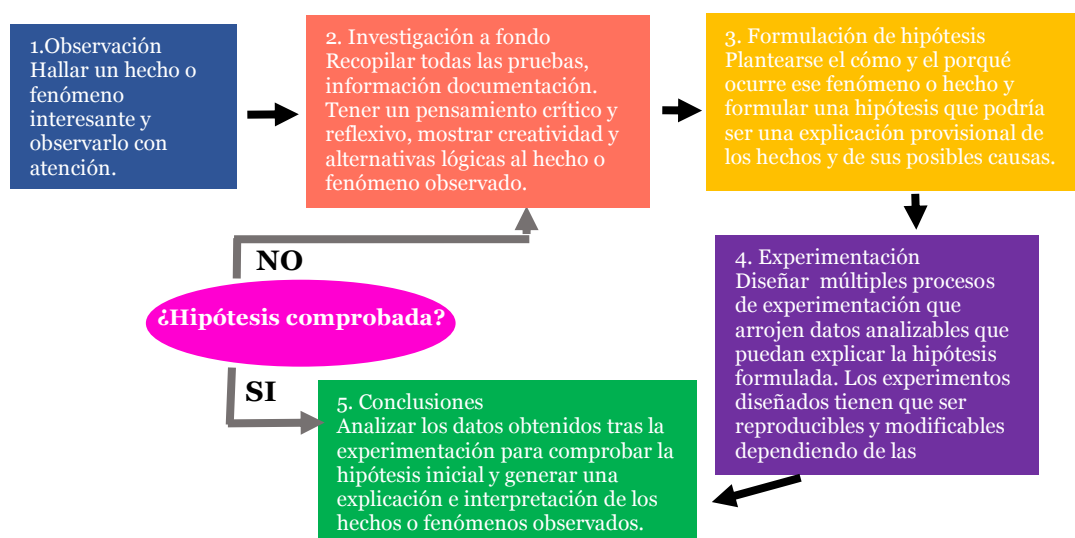


Figura 3: Principales etapas del método científico (Fuente: Elaboración propia).

- **Justificación de la importancia del método científico**

Una vez definido el método científico y sus etapas principales, es más sencillo entender que aunque de manera inconsciente, todos hemos podido usar esta herramienta para responder a determinadas incógnitas encontradas a través de generar hipótesis y poner en marcha un plan de experimentación que nos de respuestas y con ello extraer conclusiones. Es el método científico el que impera en cada una de las investigaciones que llevan a cabo los científicos y con sus resultados se han obtenido importantes avances tanto en la ciencia como en la tecnología.

Cuando se decide poner en marcha el método científico para abordar un problema en investigación se parte del por qué y para qué queremos llevar a cabo esta investigación. Por consiguiente, el problema de estudio debe conocerse en detalle porque el mismo problema justificara la investigación. Además, debemos conocer los beneficios de la realización de dicho método porque arrojará diferentes razones que pueden ser: personales, institucionales o políticas (Ruiz, 2007).

Finalmente, me gustaría resaltar como el método científico permite a aquellos que lo utilizan obtener grandes beneficios personales como:

1. Toma de decisiones.
2. Fomenta la curiosidad y la creatividad.
3. Estimula los procesos de enseñanza y aprendizaje siguiendo una metodología constructivista.
4. Fortalece la paciencia y cultiva el esfuerzo personal para empoderarnos a conseguir objetivos.
5. Genera pensamiento crítico que permite diferenciar entre hechos contrastados o meras opiniones.
6. Nos enseña que en ciencia no existen verdades absolutas y que hay que seguir mejorando los métodos científicos para acercarnos un poco más a la realidad.

2.3 Uso de estrategias CTS para mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje

- **CTS y educación**

En apartados anteriores ha quedado de manifiesto el desinterés actual de los alumnos por las asignaturas de ciencias así como los bajos resultados obtenidos en pruebas educativas internacionales como las recogidas en el informe PISA 2015 (MECD, 2016^a).

Por consiguiente, la educación se enfrenta a nuevos retos educativos en el siglo XXI para la enseñanza de las ciencias. Nuestras sociedades admiten que la ciencia y la tecnología han logrado resultados grandiosos y que ofrecen herramientas con gran potencial para mejorar

las necesidades humanas. Sin embargo, también somos más conscientes que muchos de los avances tienen repercusiones para el medio ambiente y que muchos de los logros no son aceptados éticamente por toda la ciudadanía suscitando controversias no solo éticas sino también legales (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

Es en este contexto donde la educación incorpora nuevas propuestas educativas innovadoras como es el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) (Acevedo, 1997 y Vázquez, 1999). Su principal objetivo es que los alumnos comprendan mejor la ciencia y la tecnología en un contexto social, político y económico lo más cercano posible a su experiencia cotidiana y el mundo real (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002). La finalidad no es solo que adquieran los conocimientos correspondientes al área de estudio sino que además comprendan la funcionabilidad y utilidad de los mismos fuera del ambiente educativo, es decir, en su entorno cotidiano. Igualmente, este enfoque permite que los alumnos refuercen los valores que favorecen su implicación dentro de una ciudadanía responsable y con valores democráticos para que comprendan que sus acciones tienen repercusiones sociales (Walks, 1996b). El logro de sus objetivos significara una mejora de la alfabetización científica porque estaremos preparando alumnos con una visión crítica y reflexiva para tomar decisiones que afectan a la calidad de vida de unas sociedades impregnadas de ciencia y tecnología (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

Por lo tanto, considerar el enfoque CTS como una medida para incentivar las ciencias en el currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y en Bachillerato es un hecho constatado por muchos profesionales de la educación en todas sus vertientes. Actualmente, los enfoques CTS son tratados en congresos, jornadas y encuentros de profesores e investigadores en Didáctica de las Ciencias Experimentales donde se exponen y se debaten nuevos aspectos interesantes para la comunidad educativa. A su vez, revistas especializadas en educación científica muestran un interés continuo por la difusión de los logros obtenidos.

A propósito de lo que se ha ido introduciendo en este epígrafe mencionar que existen autores e investigaciones que consideran que no podemos hablar solo de las relaciones entre Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS) y que debería introducirse una nueva variante como es el ambiente denominándose en este caso CTSA. A efectos del presente trabajo, ambos contextos CTS y CTSA, tendrán el mismo significado.

El movimiento CTS en Educación Secundaria Obligatoria nació en los años ochenta (Ziman, 1980) en los países anglosajones como respuesta a una renovación curricular comenzada en los años setenta que perseguía que todos los ciudadanos adquirieran conocimientos básicos

en ciencia y tecnología. Asociaciones estadounidenses como la NSTA (*National Science Teachers Association*) y el *Science Education Center* de la Universidad de Iowa comenzaron a adoptar el enfoque CTS en centros de secundaria en 1983, posteriormente se expandieron a otros centros educativos dentro de los Estados Unidos de América (EE.UU.). Programas de evaluación del currículo de ciencias como el *Project Synthesis* en los años setenta mostraban en sus informes que el enfoque CTS podría ser una herramienta importante para conseguir objetivos como (Acevedo, 1997):

- a. Formar a los alumnos para que puedan utilizar los conocimientos de ciencias en sus vidas.
- b. Enseñar al alumnado como responder responsablemente a cuestiones importantes relacionadas con la ciencia y la tecnología y que afectan a nuestras sociedades.
- c. Facilitar a los estudiantes toda la información requerida sobre estudios superiores ya sean universitarias o profesionales relacionadas con la ciencia y la tecnología, considerando que podemos tener un alumnado con diferentes intereses y aptitudes.

La educación CTS tiene una serie de axiomas que son aplicados cuando se quiere trabajar con este enfoque (Acevedo, 1996):

1. Desde el punto de vista del profesor

- Planificar los procesos de enseñanza-aprendizaje y la evaluación de manera minuciosa.
- Ser flexible con el currículo marcado por la legislación.
- Propiciar un clima motivador y acogedor para todos los alumnos en el aula.
- Favorecer la independencia de nuestros alumnos animándolos, apoyándolos y potenciando sus iniciativas.
- Mostrar interés por aprender nuevas ideas o conocimientos que no proviene del ámbito estrictamente científico como puede ser las que provienen de la psicopedagogía.
- Generar situaciones que propicien debates y cuestiones de interés.
- Centrar los conocimientos en la experiencia cotidiana de sus alumnos para que entiendan la utilidad de la ciencia en su entorno sin ocultar los complejos problemas sociales si los hubiera.
- Educar para la vida. Todo lo que se aprende debe atravesar la frontera del centro educativo.

2. Desde el punto de vista de las estrategias de enseñanza-aprendizaje

Se aplican técnicas y estrategias que quieren dar un paso más sobre lo que se puede estar haciendo normalmente (clases magistrales, demostraciones o prácticas experimentales,

sesiones de preguntas y resolución de problemas) en las aulas. Su objetivo es motivar más a los alumnos y que exista una implicación personal del alumnado que van a ser el foco de atención porque siempre se partirá de problemas de interés social de la ciencia y la tecnología, abarcando sus aspectos beneficiosos, sus limitaciones así como los posibles riesgos que abarcan (Acevedo, 1995). Por lo tanto, un listado de posibles actividades y estrategias de enseñanza-aprendizaje que se pone en marcha con los enfoques CTS son (Membiela, 1995; San Valero, 1995; Acevedo, 1996):

- Elaboración de proyectos
- Trabajar en grupos pequeños
- Llevar a cabo trabajos prácticos de campo
- Utilizar la gamificación con juegos de simulación y de “roles”
- Resolución de problemas abiertos que incluye la toma de decisiones de manera democrática, ordenada y razonada
- Invitar a especialistas al aula
- Encuestas
- Visitas a lugares con interés científico y tecnológico: centros de investigación, fábricas, empresas, museos, parques tecnológicos, exposiciones, etc...
- Realizar periodos de formación en empresas y centros de trabajo
- Entrevistas, debates y controversias debidamente argumentadas
- Implicación y actuación civil activa en la comunidad
- Etc...

Todas estas técnicas y estrategias permitirán romper con la monotonía en las aulas y el gran número de ellas nos da mucha flexibilidad para utilizar múltiples y variadas metodologías en las clases CTS. Sin embargo, también pueden suponer un mayor grado de exigencia a los docentes que deben planificar minuciosamente sus clases, su papel ya no es principalmente ser el transmisor sino que debe dedicar más tiempo a la organización y a la búsqueda de los recursos para conseguir sus objetivos, pero sobre todo debe revertir el clima de sus aulas, de acuerdo a lo que hemos remarcado anteriormente en diferentes epígrafes (apartado 2.1) del presente marco teórico.

Los resultados obtenidos con estrategias CTS muestran una mejora de las actitudes tanto de los estudiantes como de los docentes (Aikenhead, 2003). La inclusión de los enfoques CTS mejora la visión de las ciencias, incrementa la aplicabilidad de los conocimientos aprendidos, aumenta la motivación intrínseca de los alumnos, contribuye a la alfabetización científica, mejoran los resultados académicos y finalmente los estudiantes dejan de percibir las clases de

ciencias como meramente teóricas y sin utilidad (Acevedo, 1997; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Ríos y Solves, 2007).

- **Tipos de enfoques, contenidos y estructura CTS en la educación**

Existen dos tipos de enfoques para introducir el movimiento CTS en los currículos educativos (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002) :

1. Considerar las cuestiones científicas y tecnológicas que afectan a la sociedad. Es un enfoque que guarda relación con el sistema educativo universitario estadounidense que se caracteriza por ser activista y práctico.
2. Considerar los aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología. Este enfoque representa al sistema académico europeo que se caracteriza por ser más teórico y atender a los estudios sociales.

Ambos enfoques han sido analizados en profundidad por distintos autores (Acevedo, 1997; Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002), pero fue Rosenthal (1989) quien determino principalmente las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos (Tabla.1).

Tabla 1: Ventajas e inconvenientes de los enfoques para la educación CTS

	1.Cuestiones científicas y tecnológicas que afectan a la sociedad	2.Aspectos sociales y culturales de la ciencia y la tecnología
Ventajas	- Conecta mejor con los intereses y motivaciones del alumnado y profesorado. - Trata cuestiones importantes que afectan a la vida cotidiana. - Compatible con la organización curricular de los estudios de ciencia y tecnología. - Favorece la inserción del enfoque CTS por temas específicos. - La formación disciplinar del profesorado coincide	- Mas generalista - Estructura CTS más amplia y duradera. - Interrelaciona otras disciplinas tratando aspectos: cognitivos, personales y sociológicos.
Inconvenientes	- Educación CTS parcial y especializada	- Lejana a la ciencia y la tecnología que forma parte de el currículo de ciencias en ESO. - Menos compatible con la organización y secuenciación de los contenidos en los cursos de ciencia y tecnología. - Cambios radicales del currículo - Contenidos científicos y tecnológicos más comunes del currículo podrían ser ignorados

Fuente: Elaboración propia

Una vez hemos explicado los dos enfoques, lo siguiente es intentar explicar para qué y cómo enseñar e integrar los contenidos CTS en la enseñanza de las ciencias (Aikenhead, 1994) en un

contexto que englobe la ciencia, la tecnología y la sociedad para superar las dificultades que la educación científica tradicional ha generado tales como; el desinterés por las carreras de ciencias, la falta de empatía con la cultura científica y la desigualdad de géneros para estudiar ciertas carreras universitarias.

Utilizar el enfoque CTS supone poner el foco del proceso en los estudiantes para ayudarles a entender sus experiencias cotidianas relacionadas con cuestiones científico y tecnológicas. Por lo tanto, existe un objetivo general que es preparar a los alumnos para que puedan ejercer con responsabilidad social la toma de decisiones de aspectos relacionados con la ciencia y la tecnología. Asimismo, de este objetivo general pueden obtenerse objetivos más específicos para potenciar aspectos personales como: 1) incremento de las capacidades intelectuales, 2) disposición para ejercer la responsabilidad con la ciudadanía en ámbitos locales, nacionales o mundiales, 3) preparación para tomar decisiones personales y 4) formar a los futuros ciudadanos tanto socialmente como personalmente para que ejerzan su labor social y profesional poniendo especial hincapié en fomentar las carreras científicas en las mujeres (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002).

Respecto a la estructura y contenidos que deben formar partes de proyectos o cursos preparados con un enfoque CTS existen distintos puntos de vista (Hickman, Patrick y Bybee, 1987; Membiela 1997). Sin embargo, Aikhenhead (1994) determino las bases de los currículos CTS haciendo hincapié en la interacción entre ciencia y tecnología, o entre ciencia y sociedad o cualquier otra combinación entre ellas. Por lo tanto, en bases a esta definición existe dos categorías principales de currículos CTS en función de la proporción de contenidos CTS que lleven implícitos:

1. Currículos tradicionales con elementos CTS
2. Currículos CTS con elementos tradicionales

A su vez dentro de cada categoría existen diferencias en función de dos criterios:

1. Estructura de los contenidos: mayor proporción de contenidos CTS en relación a la enseñanza tradicional.
2. Evaluación del alumnado: evaluación innovadora frente a una evaluación tradicional.

Existe todo un abanico de posibilidades de los distintos contenidos que pueden tratarse con un enfoque CTS que abarcan desde usar contenidos CTS como elemento motivador (libros de texto con referencias CTS) hasta utilizar contenidos totalmente CTS (materia CTS optativa en Bachillerato LOGSE). En cada uno de los casos debería tratarse asuntos sociales de la ciencia y tecnología entre los que podemos encontrar temas transversales como educación para la salud, para la paz, medioambiental, para el consumo y tratar la igualdad de género. Finalmente, cada vez existe mayor consenso en tomar en consideración la naturaleza de la

ciencia y la tecnología para incluirla dentro de los contenidos con enfoque CTS (Acevedo, 2000a; Acevedo y Acevedo, 2002; Manassero y Vázquez 2000).

- **Finalidad de educación CTS**

Llegados a este punto del epígrafe podemos reafirmar las palabras de Ziman (1994) cuando afirmaba que la debilidad de la ciencia tradicional no se reside en lo que enseña sino en lo que no se enseña, en concreto se refería a las relaciones existente entre ciencia, tecnología y sociedad. Por consiguiente, existe una justificación para la introducción del enfoque CTS en la ciencia escolar. Anteriormente en este marco teórico, se ha expuesto como existe un vacío educativo en la enseñanza de las ciencias que no es capaz de ser rellenado por la ciencia tradicional de conocimientos y procedimientos clásicos, más centrada en si misma y totalmente descontextualizada de las situaciones de la vida real (Acevedo, Vázquez y Manassero, 2002; Oliva y Acevedo, 2005). Los resultados obtenidos en pruebas internacionales en los países desarrollados y en particular en España, demuestran que necesitamos nuevos enfoques que ofrezcan nuevos climas de enseñanza-aprendizaje. Se reclama que se incorpore a los currículos la dimensión cultural de la ciencia y la tecnología, sus aplicaciones técnicas al mundo real y en las experiencias cotidianas, sin olvidarnos del contexto social, político y económico en los que los avances científicos se están originando. La ciencia no puede seguir siendo poco atractiva para los alumnos, tiene que acercarse a las demandas de la sociedad y a las necesidades de los alumnos del siglo XXI.

Entonces, la educación CTS promueve espacios de encuentro donde se pueden mirar la dimensiones más humanísticas y sociales del entorno educativo con los contextos científicos y tecnológicos. CTS en educación es una herramienta multidisciplinar que rompe las barreras entre distintas disciplinas y favorece colaboraciones e interacciones.

Resumiendo lo ya expuesto en epígrafes anteriores diríamos que las dos finalidades principales del CTS en educación son (Martín Gordillo,2017):

1. Demostrar a los alumnos que la ciencia y la tecnología no sólo son importantes para nuestras sociedades, sino que son asequibles y cercanas para todos los ciudadanos. Por lo tanto, introducir en la educación el enfoque CTS mejora la alfabetización científica de los alumnos porque ayuda a contextualizar los conocimientos aprendidos en el aula al poder trasladarlos a sus realidades. Esta estrategia potencia el aprendizaje significativo de los alumnos que participan de manera activa en los procesos de enseñanza-aprendizaje, ponen en marcha el método científico para responder a sus preguntas y logran satisfactoriamente la comprensión de los conocimientos, las actitudes y los procesos del sistema científico y tecnológico siempre dentro real y

situaciones sociales auténticas (Díaz Barriga, 2003; Ríos y Solbes, 2007; Caamaño, 2005)

2. Facilitar el aprendizaje social tras la participación de los ciudadanos en las decisiones tecnológicas y científicas. El desarrollo de la ciencia y la tecnología importa tanto a los que contribuyen profesionalmente como a todos los ciudadanos que nos afecta directamente ya sea como usuarios, consumidores, beneficiarios y también como perjudicados. Por lo tanto, se propicia que los alumnos sepan constatar informaciones, buscar alternativas existentes, expresar sus opiniones, entablar diálogo y refutar situaciones relacionadas con el desarrollo de la ciencia y la tecnología. Por consiguiente, la finalidad es preparar a los alumnos para la toma de decisiones democráticas en aquellos aspectos en los que la ciencia y la tecnología afectan a la calidad de vida de los ciudadanos (Solbes y Vilches, 2004; Acedero et al., 2002; Caamaño, 1995).

En definitiva, poner en marcha propuestas didácticas con un enfoque CTS favorecen un cambio actitudinal favorable en los alumnos, además de mejorar la alfabetización científica y el interés y la motivación por las asignaturas de ciencias.

2.4 Aplicación del enfoque CTS en el aula: Ejemplos prácticos

Una vez justificados los motivos por los que se recomienda utilizar el enfoque CTS en la enseñanza de las ciencias y en particular en la presente propuesta didáctica, vamos a explicar varios ejemplos prácticos llevados al aula en la Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. El objetivo de este apartado es contextualizar como puede llevarse a la práctica a través de actividades dentro de las unidades didácticas.

- **“La vacuna del sida”**

El caso simulado que vamos a explicar contiene un enfoque CTS sobre salud, investigación y derechos sociales y ha sido diseñado por el grupo Argo y puesto en marcha en aulas españolas y latinoamericanas (Martín Gordillo, 2005a). El autor Martín Gordillo es un reconocido autor por publicar importantes controversias reales existentes entre ciencia, tecnología y sociedad en distintos ámbitos: el medioambiental, el urbanismo, la salud, el industrial, etc. y llevarlas al aula para trabajar con un enfoque CTS en la ciencia escolar (Martín Gordillo, 2017). La dinámica que plantea este autor es trasladar a los alumnos un problema científico-técnico y pedirles que sean capaces de buscar una solución emitiendo una decisión consensuada. Este tipo de controversias se asemejan a las que podríamos encontrar publicadas en medios de comunicación y para los que los profesionales y políticos deben tomar unas decisiones sobre problemas reales de desarrollo científico-técnico. El planteamiento de estas actividades está basada en trabajar en grupo cooperativos donde los alumnos adoptan papeles

de actores para resolver el problema con puntos de vista contrarios y diferenciados. En este tipo de actividades se hace necesario el papel de un mediador que garantice el derecho a ser escuchado con respeto, que todas las partes muestren su opinión de manera argumentada y finalmente que la decisión toma sea el resultado de una intensa negociación y del consenso de todas las partes buscando siempre los intereses de la mayoría de los ciudadanos. Para que los alumnos puedan desarrollar este tipo de actividades se les proporcionan recursos específicos de cada área de interés para que puedan realizar su trabajo (Martín Gordillo, 2017).

En particular en este ejemplo vamos a plantear un problema relacionado con la salud que son los que generan más interés entre los ciudadanos. Son casi diarias las noticias sobre investigaciones biomédicas en la que se habla de importantes avances para erradicar enfermedades que afectan a nuestras sociedades tanto del primer mundo como del tercero, aunque no siempre se comparte en orden de importancia. Tendemos a pensar que no existen fronteras en las líneas de investigación de las ciencias y tecnologías relacionadas con la salud humana, sin embargo, poco sabemos sobre las prioridades en investigación y los recursos que se dedican a unos programas y no a otros dependiendo de múltiples factores; sociales, políticos, económicos y científicos-técnicos.

El sida es una enfermedad infecciosa por la que mueren cada año en el planeta entre 570.000-1,1 millones de personas (datos 2018), siendo este número especialmente alto en países del tercer mundo. Actualmente son números en retroceso pero en 2005 se obtuvieron picos de 2,2 millones de muertes. Las campañas de prevención para evitar contagios han sido el principal motor para el éxito en países desarrollados, sin embargo en África sigue su expansión llegando en muchas zonas a dimensiones epidémicas. Las investigaciones sobre el desarrollo de una vacuna eficaz contra el VIH comenzaron en los años ochenta, pero la dificultad de obtener una solución definitiva debido a la complejidad del virus y otro tipo de problemas derivados de los ensayos experimentales, costes de producción, intereses económicos, viabilidad de que sea accesible a los ciudadanos, ha hecho que en pleno siglo XXI no contemos con ella. Las expectativas sobre la obtención de esta vacuna son altas, pero no deja de ser un tema controvertido y de alto nivel social acompañado de dilemas éticos como estigmas sobre colectivos sociales, diferencias económicas, guerras farmacéuticas y seguridades sanitarias. Es por lo tanto, un caso que se presta a ser especialmente interesante desde el punto de vista educativo. No deja de ser un caso ficticio y simulado en el que se aprovecha para generar una controversia entre distintos grupos de roles que se crearán en la actividad y en la que defenderán distintos puntos de vista y ofrecerán diversas valoraciones sobre la hipotética aparición de una vacuna prometedora contra el VIH (Martín-Gordillo, 2005).

Tabla2: Descripción de la actividad CTS “ La vacuna del sida”

Elementos	Descripción (Martín-Gordillo, 2005)
Contextualización	Compañías farmacéuticas europeas y norteamericanas tras los éxitos en la fase I y II de los ensayos clínicos en la fabricación de una vacuna contra el SIDA se disponen a poner en marcha la fase III de experimentación antes de su comercialización. Sin embargo, existen ciertos riesgos y vulnerabilidad sobre los participantes que formaran parte del ensayo clínico. Por consiguiente, se ha creado un debate a si estos ensayos deberían realizarse en países africanos como muchos gobiernos mundiales han propuesto. La desesperación de ciertos gobernantes africanos por las altas tasas de mortalidad de esta enfermedad ha impulsado que sean sus países los que formen parte de estos ensayos. No obstante, los riesgos mencionados anteriormente son difundidos por todos los medios de comunicación y forma parte de la opinión pública, haciendo que muchos colectivos sociales hayan mostrados su rechazo a dichos ensayos debido a las incertidumbres científicas y éticas.
Requisitos previos	▪ Actividad recomendada en alumnos entre 15-16 años ▪ Capacidad para llevar a cabo investigaciones escolares de manera autónoma. ▪ Conocimientos básicos en biología sobre infecciones virales, enfermedades infecciosas y la finalidad de las vacunas. ▪ Comprensión lectora de los documentos suministrados como base para ampliar la información que apoye la postura que cada grupo defienda. ▪ Acceso fluido a la información mediante las TIC
Dimensiones	Disciplinares o interdisciplinares (materias CTS puras, materias de ciencias de la naturaleza o de la salud, temas transversales para la educación cívica y para la salud.
Recursos	Documentos reales o ficticios proporcionados por el docente como: documentos de prensa, artículos científicos, resultados de conferencias, legislación en los países participantes y acuerdos de la OMS, etc.
Organización General	▪ Clases menores de 30 alumnos ▪ Mínimo 8 sesiones de 45-60 minutos ▪ Trabajo cooperativo en grupos de 3-6 alumnos que se formarán hasta un máximo de 7 grupos (alguno de los grupos expuestos posteriormente se podría desdoblar) ▪ Prevalcerá el dialogo, los debates las exposiciones orales públicas
Objetivos	▪ Fomentar hábitos de investigación en temas científicos técnicos relevantes a nivel social. ▪ Entender las dimensiones valorativas y sus controversias. Asumir las responsabilidades de la participación pública en las decisiones científico técnicas trabajando en grupo cooperativos que favorezca el debate y el entendimiento. ▪ Conocer la situación actual con la enfermedad tanto a nivel social como científico, en especial interés en el desarrollo de vacunas efectivas. ▪ Estudiar los procesos de obtención de una vacuna, así como los riesgos existentes en las investigaciones experimentales y los dilemas éticos al respecto. ▪ Analizar los distintos intereses y valoraciones de obtener una vacuna contra el SIDA en función de las decisiones de cada un de las organizaciones o grupos.
Organización de la controversia	Los actores de esta controversia tienen un carácter internacional: ▪ <i>Conferencia internacional sobre el SIDA</i>, convocada por la Organización Mundial de la Salud donde debe aprobarse la investigación fase III. Este grupo será el mediador de la controversia, son los que deben organizar la información y en definitiva, será el comité que tomará la última decisión ▪ <i>Cooperación de Laboratorios para el Proyecto AIDS</i>: conjunto de empresas farmacéuticas que llevarán a cabo la fabricación de la vacuna y posterior comercialización. Necesitan el permiso de la conferencia internacional del SIDA para empezar los ensayos en fase III. Este grupo mantendrá unos argumentos en los que se destacan los beneficios sociales y la necesidad de conseguir lo antes posible la vacuna.

	▪ <i>Departamentos de Sanidad de distintos países:</i> Son los ministerios o departamentos gubernamentales de los países involucrados. Mantienen una opinión favorable en su desarrollo y en que comience la fase III de experimentación. En sus discursos existe razones económicas, políticas, sociales para apoyar la obtención de esta vacuna. ▪ <i>Comité de Investigaciones sobre enfermedades infecciosas;</i> Son un conjunto de médicos a lo largo del globo terrestre expertos en la enfermedad que muestran un a opinión contraria en la activación de la fase III de experimentación porque consideran que existen riesgos y incertidumbres, mantiene también un discurso de que existen presiones económicas y políticas para su puesta en marcha sin pensar en la seguridad en la salud pública. ▪ <i>5) Organizaciones no gubernamentales contra los ensayos:</i> Son grupos que no están movidos por intereses sociales, políticos o de investigación. Le une la oposición al proyecto por razones más bien ideológicas que científicas.																				
Actividades	▪ Presentación y sensibilidad con el tema (1-2 sesiones) ▪ Trabajo en equipo (4 sesiones) ▪ Exposición de los equipos y actores (2-3 sesiones) ▪ Debate abierto (1 sesión) ▪ Evaluación final y conclusiones (1 sesión)																				
Evaluación	<table border="0"> <thead> <tr> <th><u>Criterios</u></th><th><u>Procedimientos</u></th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Evaluación Individual</td><td></td></tr> <tr> <td>▪ Actitud hacia la actividad y las cuestiones analizadas en las actividades.</td><td>Observación directa</td></tr> <tr> <td>▪ b) Actitud hacia el trabajo en el aula</td><td></td></tr> <tr> <td>▪ c) Firmeza en la realización de las tareas y el trabajo en equipo</td><td></td></tr> <tr> <td>▪ d) Participación en las exposiciones y debates</td><td></td></tr> <tr> <td>Evaluación de los equipos</td><td></td></tr> <tr> <td>▪ a) Colaboración y ambiente de trabajo</td><td>Observación directa</td></tr> <tr> <td>▪ b) Calidad del informe del trabajo</td><td>Valoración del informe</td></tr> <tr> <td>▪ c) Claridad y rigor en la defensa pública</td><td>Valoración de la de la exposición oral de cada equipo y exposición o miembro del grupo</td></tr> </tbody> </table>	<u>Criterios</u>	<u>Procedimientos</u>	Evaluación Individual		▪ Actitud hacia la actividad y las cuestiones analizadas en las actividades.	Observación directa	▪ b) Actitud hacia el trabajo en el aula		▪ c) Firmeza en la realización de las tareas y el trabajo en equipo		▪ d) Participación en las exposiciones y debates		Evaluación de los equipos		▪ a) Colaboración y ambiente de trabajo	Observación directa	▪ b) Calidad del informe del trabajo	Valoración del informe	▪ c) Claridad y rigor en la defensa pública	Valoración de la de la exposición oral de cada equipo y exposición o miembro del grupo
<u>Criterios</u>	<u>Procedimientos</u>																				
Evaluación Individual																					
▪ Actitud hacia la actividad y las cuestiones analizadas en las actividades.	Observación directa																				
▪ b) Actitud hacia el trabajo en el aula																					
▪ c) Firmeza en la realización de las tareas y el trabajo en equipo																					
▪ d) Participación en las exposiciones y debates																					
Evaluación de los equipos																					
▪ a) Colaboración y ambiente de trabajo	Observación directa																				
▪ b) Calidad del informe del trabajo	Valoración del informe																				
▪ c) Claridad y rigor en la defensa pública	Valoración de la de la exposición oral de cada equipo y exposición o miembro del grupo																				

Fuente: Elaboración propia

• “Soy así por puro azar”

En este tipo de actividad se tratan contenidos y problemas relacionados con la genética, los cuales aunque difíciles de entender por los alumnos no dejan de ser interesante para ellos porque tratan de aspectos sugerentes para ellos y cercanas a su día a día. Esta unidad didáctica se realizó en forma de investigación comparando como aprendían los contenidos dos grupos distintos de alumnos de 4º ESO en función de la metodología utilizada. Por una parte un grupo de alumnos siguió procesos de enseñanza-aprendizaje basados en la metodología tradicional (este grupo fue considerado el grupo control) y el otro grupo de alumnos aprendieron los contenidos mediante la resolución de situaciones problemáticas de interés. El objetivo consistió en trabajar con una metodología de problemas abiertos, sin datos ni soluciones evidentes, donde los alumnos se convierten en científicos novel que deben aplicar el método científico para resolver los problemas. Esta propuesta supuso utilizar una nueva metodología para generar no solo un cambio conceptual de como adquieren los contenidos sino también un

cambio actitudinal de los estudiantes más favorable y realista con el estudio de la Biología y en particular con la genética (Martínez e Ibáñez, 2005; Martínez e Ibáñez, 2006).

Tabla 3: Descripción de la actividad CTS “Soy así por puro azar”

Elementos	Descripción (Martínez e Ibáñez, 2006)
Contextualización	Tradicionalmente la genética se explica con ejemplos de flores o cobayas, y los temas de actualidad científica son tratados al final de la unidad didáctica y no siempre relacionados con la herencia humana. Sin embargo, en esta propuesta didáctica se le da un giro y los temas de genética se explican con problemas abiertos relacionados con la herencia humana y cercanos a la vida cotidiana. El modelo de resolución de problemas como una investigación sigue unas directrices (Gil et al., 2005): ▪ Definir de una manera precisa el problema mediante un estudio cualitativo de la situación. ▪ Formular una hipótesis sobre las posibles causas y factores responsables del problema. ▪ Buscar una solución trabajando mucho el dialogo y evitando memorizar contenidos ▪ Analizar los resultados obtenidos para refutar las hipótesis formuladas
Requisitos previos	▪ Actividad recomendada en alumnos entre 15-16 años en 4º ESO ▪ Asignatura de biología como materia optativa. Contenidos de genética para 4º ESO en el bloque 1, “La evolución de la vida” (RD 1105, 2014) ▪ Dos grupos de trabajo distintos en colegios diferentes en la misma localidad (Arganda del Rey) ▪ Características del centro, ambiente sociocultural, tipo de alumnos y criterios pedagógicos similares ▪ Coordinación previa entre los docentes para decidir los contenidos y acuerdo de realizar un diario de clase para realizar un seguimiento de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje. ▪ Capacidad convertirse en investigadores novel ▪ El clima del aula se debe destacar por el de encontrar utilidad en lo aprendido ▪ Atención individualizada y menos distante con el docente ▪ Los alumnos deben participar de la organización y el desarrollo del aula ▪ Conocimientos básicos en el desarrollo del método científico
Recursos	<u>Grupo control:</u> ▪ Teoría (Libro de texto y apuntes fabricados por el docente) <u>Grupo experimental</u> ▪ El docente prepara las doce cuestiones problemáticas pero después cada grupo debe desarrollar la competencia digital y aprender a aprender para desarrollar la capacidad de búsqueda de información, aprender a seleccionar, mostrar sentido crítico y saber trabajar con distintos formatos.
Organización General	<u>Grupo Control</u> ▪ 19 alumnos 4º ESO mayor porcentaje de chicas que de chicos ▪ 7 semanas con 3 sesiones semanales de 45-60 minutos ▪ Docente con gran experiencia educativa que dirige el trabajo ▪ Trabajo individual de los alumnos <u>Grupo experimental</u> ▪ 30 alumnos 4º ESO mayor porcentaje de chicas que de chicos ▪ 8 semanas con 3 sesiones semanales sesiones de 45-60 minutos. La razón para necesitar una semana más es porque los alumnos necesitaban adaptación a la nueva metodología. ▪ Profesora investigadora del centro y de forma externa una coordinadora también investigadora. El docente es solo un guía en el proceso de enseñanza-aprendizaje ▪ Trabajo cooperativo en grupos de trabajo aunque la presentación de los trabajos fuese individual

	- Desarrollo del Paradigma Investigación-acción, evitando estereotipos de género o realizando investigaciones peligrosas. - Prevalecerá el dialogo, los debates y las exposiciones orales
Objetivos	1) Fomentar hábitos de investigación en temas científicos técnicos relevantes a nivel social. 2) Generar o construir nuevo conocimiento y estrategias. 3) Enseñarles a resolver problemas abiertos en los que puedan utilizar los contenidos aprendidos. 4) Mejorar las actitudes iniciales de los alumnos hacia más favorables y realistas sobre la ciencia.
Actividades	Grupo control: Explicaciones teóricas y problemas cerrados: - Explicaciones teóricas de las leyes de Mendel y de las diferencias sobre mitosis y meiosis. - Dibujar células meióticas tomando como ejemplo 4 cromosomas - Definiciones de gen, alelo, homocigótico, etc. en una fotocopia - Lectura sobre las explicaciones recogidas en el libro de texto <i>Problema 1: Proporción genotípica y fenotípica del cruce de guisantes híbridos para el carácter color de semilla</i> <i>Problema 2: ¿Cómo será la descendencia de un hombre albino y una mujer normal con pigmentación normal, cuyos padres eran normales pero heterocigóticos?</i> Grupo experimental Se plantean doce situaciones problemáticas con cuestiones abiertas en este apartado se seleccionan 4 ejemplos por problema de espacio; <i>Problema 1: ¿Cómo se hereda un carácter relacionado con el pelo?</i> <i>Problema 2: La herencia de los grupos sanguíneos, A, B, AB y O, era utilizada como prueba para determinar la posible paternidad de los padres de un bebe. ¿Podrías conocer el grupo sanguíneo de un hijo tuyo?</i> <i>Problema 9: Una persona expuesta al sol desarrolla cáncer de piel. ¿Sus hijos tendrán cáncer de piel?</i> <i>Problema 10: ¿Cómo saber si padeceré Alzheimer?</i>
Evaluación	Criterios Prueba de actitudes científicas obtenidas a través de cuestionarios: - Actitudes sobre la ciencia antes y después de la actividad; favorables y desfavorables - Actitudes hacia la ciencia antes y después de la actividad: favorables y desfavorables Instrumentos mixtos - Escalas Likert de 0 a 5 de menor a mayor acuerdo. - Análisis estadístico usando el Tukey Test

Fuente: Elaboración propia

Las conclusiones de esta investigación determinaron que utilizar una metodología de resolución de problemas como una investigación generaba un cambio en las actitudes relacionadas con las ciencias (Martínez e Ibáñez, 2006) debido a:

1. Los estudiantes adquieren una actitud más crítica y favorable en el progreso y desarrollo científico técnico. Esto significa que favorecerá sus actitudes siendo éstas más motivadoras.
2. Los resultados de mejora actitudinal obtenidos en el grupo experimental (metodología basada en la resolución de problemas) no fueron encontrados en el grupo control (metodología tradicional). El grupo control mantuvo las actitudes iniciales después de la investigación.

La investigación de esta propuesta, a diferencia del ejemplo “La vacuna del Sida”, tiene un objetivo más centrado en la mejora actitudinal de los alumnos en las materias de ciencias que en el estudio de la mejora conceptual. Los autores de este trabajo (Martínez e Ibáñez, 2006) han querido trasladar a la materia de biología unas metodologías establecidas en la docencia de física utilizando siempre problemas de ámbito abierto y no cerrado suele ser lo establecido. Los alumnos de la fase experimental mostraron inicialmente reticencias a este tipo de métodos, fue un importante cambio para sus procesos de enseñanza-aprendizaje. Sin embargo, el trabajo continuo y el apoyo adecuado les permitió ir avanzando y obteniendo metas de manera consciente e independiente, lo cual les permitió ganar autoestima y motivación. No debemos olvidar que la Biología trata de aspectos cercanos a todos nosotros y como tal deben ser explicados. Fomentar la reflexión en los alumnos les hará más libre en sus pensamientos y conocimientos.

2.5 Genética y Sociedad

- **Contextualización y Aplicaciones**

Gregor Johann Mendel fue el científico que descubrió y definió las leyes básicas de la genética y de la transmisión de los caracteres hereditarios (1866). Sin embargo, fue en 1900 cuando tres investigadores, Hugo de Vries, Karl Correns y Erich von Tschermak, redescubrieron de manera independiente las leyes de transmisión genética publicando tres artículos al respecto (Vries, 1900; Correns, 1900; Tschermak, 1900). Es por ello, que la fecha de nacimiento de la Genética es registrada con ese año. Por consiguiente, son muchos los expertos en el campo que consideran que deberían hacerse matices al respecto. Mendel fue el primer científico que definió esas leyes de la transmisión genética y fueron años después cuando tres científicos, Avery, McLeod y MacCarty determinaron las bases moleculares de la herencia (Avery, McLeod y MacCarty, 1944). Fue en 1944 cuando se identificó la molécula de ácido desoxirribonucleico (ADN) y se determinó que los genes son ADN. La transmisión genética de la que hablaba Mendel se producía a través de la transmisión del ADN. Sin duda, este hallazgo fue difícil de asimilar por la comunidad científica que afirmaba que la base de la transmisión genética estaba en las proteínas. Años más tarde Watson y Crick (1953), propusieron el modelo de la doble hélice de ADN y fue desde este momento cuando la ciencia Genética ha sufrido un continuo desarrollo sin retorno influyendo no solo en el progreso de la Biología sino que la importancia de todo este conocimiento ha llegado a la sociedad en general, que actualmente está viviendo la era de la Revolución de la Genética como un hito fundamental de la Historia de la Humanidad como en otros tiempos pasados fue la Revolución Industrial o la Revolución de las Comunicaciones. A continuación mostraremos una tabla donde se reúnen las principales etapas cronológicas de la genética (Lacadena Calero, 2011).

Tabla 4: Etapas cronológicas de los avances de la genética desde su origen hasta nuestros

ETAPAS CRONOLÓGICAS DE LA GENÉTICA	
1865 (1900)-1940	Genética de transmisión. Formulación de las leyes de la transmisión de los caracteres biológicos.
1940-1960	Material Hereditario. Se describen las bases moleculares de la herencia describiendo su naturaleza y propiedades.
1960-1975	Mecanismos de acción génica. Se determina y establece el dogma central de la biología molecular: Replicación, Transcripción y Traducción.
1975-1985	Nueva Genética. Desarrollo de la tecnología de los ácidos nucleicos (fragmentación, hibridación, secuenciación, amplificación).
1985-1990	Genética Inversa. Se dispone las herramientas y tecnologías para buscar información desde los genes hasta las proteínas.
1990-2011	Transgénesis. Transmisión horizontal de la información genética (entre organismos unicelulares y/o organismos pluricelulares), cambia el punto de vista de que se produzca solo transmisión vertical, de padres a hijos. Se crean plantas y animales transgénicos. Comienzan la terapia génica con el desarrollo de las primeras células o tejidos humanos.
1995-2011	Genómica. Descifrado molecular del genoma de organismos como: bacterias, eucariontes y el Proyecto Genoma Humano. Se establecen otras disciplinas más especializadas dentro de la genética como son la Genómica Estructural (estudiar la estructura 3D de las proteínas), Genómica Funcional (analizar los datos obtenidos de los proyectos de genómica y buscar las interacciones entre las proteínas), Genómica Comparada (realizar comparaciones entre los genomas secuenciados en los distintos organismos), Genómica Ambiental y Metagenómica (estudiar los genomas de comunidades enteras de microbios sin necesidad de haberlos secuenciado previamente) y Genómica Sintética (busca crear modificaciones genéticas o crearlas artificialmente para crear nuevas formas de vida).
1997-2011	Clonación de mamíferos por transferencia de núcleos. La finalidad ha sido tanto reproductiva como no reproductiva.
1998-2011	Reprogramación nuclear: Células Troncales y reprogramación directa en mamíferos. Terapia celular y medicina regenerativa
2011-2018	Fin proyecto ENCODE (el 98% de ADN que no codifica para genes es de vital importancia para el control genómico). Desarrollo de test de diagnóstico genético. Avances revolucionarios en las técnicas de secuenciación. Secuenciación de exomas como método de diagnóstico de enfermedades desconocidas genéticamente. Epigenética (estudiar los mecanismos que regulan la expresión de los genes sin alterar la secuencia del ADN, se habla por primera vez de influencias genéticas y ambientales que afectan a la obtención de un fenotipo). Estudios de los microARNs como mecanismos epigenéticos por el que las células cambian la información génica. Edición del genoma humano con técnicas como el CRISPR (Corta-pega genómico). Modificación del huso meiótico para medicina reproductiva. Avances en las terapias génicas en ensayos preclínicos destinadas a la cura de enfermedades humanas (Hemofilia A y B, enfermedad de Pompe o Síndrome de Usher). Implantación del Diagnóstico Genético de manera personalizada. Uso del ARN como terapia personalizada (oligonucleótidos anti-sentido usado en terapia génica en enfermedades poco frecuentes.)

Fuente: adaptación de Lacadena Calero, 2011

Como hemos visto en la descripción de las distintas etapas, la genética se ha desarrollado de manera muy acelerada gracias al avance de la tecnología. Estos progresos son percibidos como un potencial dentro de la sociedad porque muestra aplicaciones en campos muy diversos:

- Medicina donde se ha mejorado las pruebas para el diagnóstico y los tratamientos para la cura de muchas enfermedades al conocerse las causas y las consecuencias de dicha

enfermedad. Estos avances mejoran la calidad humana al ofrecer una medicina cada vez más personalizada.

- Producción agrícola y animal, donde se han logrado plantas resistentes a plagas, frutos con maduración prolongada, desarrollo de variedades de plantas que produzcan sus propios fertilizantes, alimentos que aportan un mayor valor nutricional y plantas resistentes a los evidentes cambios climáticos.
- Ganadería donde se han logrado animales con características mejoradas, sustancias que aumentan la velocidad de desarrollo de los animales de granja, animales más resistentes a infecciones, desarrollo de vacunas para evitar enfermedades de ganado y trabajar con animales para experimentación médica.

Sin embargo, sus avances suponen cada vez más repercusiones de diferente índole en dimensiones: 1) ambientales y sanitarias, 2) éticos y morales y 3) riesgos sociales. En los siguientes apartados hablaremos de alguna de ellas.

• **Embriología y Ética**

El nacimiento del primer bebé probeta fue en 1978, el mundo científico y médico lo percibió como un hecho histórico que habría infinitas posibilidades a muchas parejas que no pudieran tener hijos o que tuvieran riesgos de tener hijos con enfermedades congénitas. Sin embargo, también suscitó los primeros dilemas éticos de si estos hechos eran antinaturales, postura que mantuvieron importantes fuerzas como la Iglesia católica. Han pasado más de 40 años desde entonces y muchos bebés han nacido fruto de la fecundación *in vitro* (actualmente son más de 4.000.000 niños) y de otras técnicas de reproducción asistida (Tabla 5). A lo largo de estos años se han creado distintos comités de investigación que han ido adaptando los descubrimientos en embriología para decretar unas normas éticas con las que poder realizar una legislación que determine las pautas jurídicas. En Europa se acordó una “línea primitiva” para determinar lo que podían considerarse un embrión en fecundación *in vitro* y otras investigaciones. Esa línea fue después de los catorce días después de la fecundación, durante ese tiempo podría ser destinado a uso científico en laboratorios y posteriormente debía destruirse, de manera que estos acontecimientos tendrían justificación moral. Por consiguiente, conservar un embrión fuera de este tiempo sería un delito moral. En Estados Unidos esta postura no está tan bien definida debido a los fundamentos religiosos en la legislación federal. No obstante, y a pesar de haber pasado tanto tiempo siguen existiendo cuestiones de índole ético sobre cómo debería definirse el estatus de embrión humano vivo *in vitro*. Asimismo, existen juicios morales referentes a qué tipo de ciudadanas son las más adecuadas para obtener tratamientos como una fecundación *in vitro*; mujeres solteras, lesbianas, casadas con problemas de esterilidad y/o congénitos, madres de alquiler, etc. Desde

el punto de vista médico y científico, solo debería primar los requisitos médicos y clínicos para tomar esta decisión, pero todos aspectos también suscitan una cuestión ética en detalles como: válido solo mujeres de una determinada edad y/o tratar la menopausia para retrasar la edad para ser madre. Por último, se han planteado dudas éticas sobre escoger los mejores embriones antes de la implantación por cuestiones de sexo, grupo sanguíneo determinado o características físicas o genéticas con fines terapéuticos, son los llamados “Bebes de Diseño” (Tabla 5) (Warnock, 2011) (Lacadena Calero, 2011). Como podemos observar existen múltiples y variadas cuestiones que no están legisladas jurídicamente o desde instituciones gubernamentales, por lo tanto existe ambigüedad que deja las decisiones en ámbitos subjetivos.

Tabla 5: Técnicas de reproducción asistida y problemas técnicos y jurídicos que se plantean

Técnicas de reproducción humana asistida	
Técnicas	Problemas éticos y Jurídicos
▪ Inseminación artificial ▪ Fecundación in vitro (FIV) ▪ Inyección intracitoplásmica de espermatozoides ▪ Transferencia intratubárica de gametos ▪ Congelación de gametos (Espermatozoides y ovocitos) ▪ Congelación de embriones ▪ Clonación reproductiva mediante transferencia de núcleos (TN) ▪ Partenogénesis	▪ Hiperestimulación ovárica ▪ Selección de embriones: Diagnóstico genético preimplantacional: - Características genéticas del propio embrión - Selección del sexo - Viabilidad ▪ Fines terapéuticos para terceros ▪ Investigación con gametos: - Espermatozoides - Ovocitos ▪ Embriones sobrantes: destino ▪ Experimentación con embriones: Obtenidos ex profeso o sobrantes de programas FIV - Células troncales embrionarias ○ Embriones sobrantes FIV ○ Embriones somáticos TN ○ Embriones partenógenicos ▪ Maternidad tardía ▪ Maternidad subrogada ▪ Donación de gametos masculinos o femeninos ▪ Consentimiento informado ▪ Clonación mediante transferencia de núcleos con fines reproductivos y clonación con fines terapéuticos.

Fuente: adaptación de Lacadena Calero, 2011; Lacadena, 2003

Fue en 1997 cuando científicos del instituto de investigación Roslin (Escocia) proclamaron que había sido capaces de clonar la conocida oveja Dolly, la cual se desarrollo con normalidad y murió a una edad mediana para una oveja. El nacimiento de Dolly, suscito muchos debates sobre si se debería utilizar esta técnica para clonar a otros mamíferos, incluidos los seres humanos. A lo largo de estos 20 años, se han repetido estas clonaciones en animales, pero su uso en humanos está prácticamente prohibido a nivel mundial tanto en su uso reproductivo como terapéutico (Kind y Schnieke, 2008).

Posteriormente, la clonación terapéutica a través de la obtención de células madre de embriones en fase temprana de desarrollo ha permitido la diferenciación de esas células en

cualquier tipo de célula. Estas células también pueden ser extraídas del cordón umbilical y de la placenta o de fetos abortados, pero presentan más limitaciones que las que se pueden obtener en los embriones. Es en estas líneas de investigación donde se están creando bancos de células madre embrionarias en países como el Reino Unido para su posterior uso en investigación o terapia clínica. No obstante, nos encontramos con problemas éticos como los que hemos mencionado en la fertilización in vitro respecto al estatus que recibe el embrión en sus fases más tempranas (Warnock, 2011).

Actualmente, existe una opinión general en el campo científico y aceptada a nivel legislativo, que intenta poner en marcha la balanza de los juicios éticos que puedan existir tanto en investigación científica o clínica, me refiero a determinar las ventajas e inconvenientes que ofrece para la sociedad en general cada nueva técnica de reproducción asistida. El resultado del movimiento de esa balanza, ayuda a los legisladores a determinar si debe prohibirse, regularse o permitirse sus prácticas. No cabe duda de que pueden obtenerse juicios erróneos que deberán corregirse posteriormente. El desarrollo científico y tecnológico en el que estamos envueltos promueven mejoras biomédicas para la humanidad que deben legislarse asumiendo ciertos riesgos si se trata de aspectos éticos y morales. El respeto por la vida humana tiene que prevalecer en nuestras sociedades para evitar que se vuelvan insensibles e indiferentes. Científicos y expertos de la medicina de todo el mundo tienen como objetivo utilizar nuestras propias células una vez son totipotentes para reparar cualquier daño que exista en nuestro cuerpo, entonces emplear embriones habrá llegado a su fin. Sin embargo, estamos todavía lejos de este objetivo y debemos permitir que la investigación continúe haciendo juicios éticos donde solo tengamos en cuenta el resultado de la balanza anterior y a su vez protejamos la integridad de los ciudadanos. Finalmente, los profesionales de la bioética acaban generalizando y simplificando cuestiones que se presentan en la actualidad, sin atender al contexto en el que se producen. Vivimos en una sociedad plural donde los nuevos avances y las nuevas tecnologías están sujetos a discusiones, pero no debemos olvidar el entorno en que se generan porque la intención de las mismas es mejorar la existencia humana (De Melo Martin, 2003).

- **Tolerancia, globalización y valores: Educación democrática**

La tolerancia es un artefacto social construido por los participantes de una cultura o de una sociedad para aceptar las reglas del juego que en ella se rigen. Estas normas han cambiado a lo largo de la historia y de circunstancias cambiantes. Inicialmente tenían connotaciones pasivas que llevaban implícito su significado en latín “sufrir”, “paciencia” o “soportar” lo que en las sociedades estaba ocurriendo. Sin embargo, el paso del tiempo también ha propiciado una

dimensión más positiva del concepto, entendiendo que debemos ponernos en el lugar del otro y hacer un esfuerzo por entender su postura. El objetivo es construir un espacio de entendimiento en las sociedades democráticas para poder convivir, aspecto que resulta cada vez más complicado en las sociedades modernas donde el pragmatismo exacerbado, la competitividad, el individualismo feroz, el consumismo, las opiniones superficiales y poco reflexivas, la falta de empatía provocan que la tolerancia sea entendida como ausencia de compromiso y orientación (Pérez Gómez, 1998).

En este momento hay autores que les gusta diferenciar dos esferas para hablar de la tolerancia (Vila Merino, 2009):

- Dimensión intrapsicológica; creencias personales o colectivas de índole relevante, religioso o metafísico.
- Dimensión interpsicológica; opiniones y/o actuaciones que respeten los derechos humanos.

Estas dos dimensiones nos ayudan a delimitar el término tolerancia que aplicado desde el punto de vista subjetivo y a todas las personas significa no ser autoritarios y dañinos en nuestros hechos y/o acciones atendiendo siempre a los derechos de igualdad, respeto, libertad y justicia (Salmeron, 2018).

A continuación, deberíamos tratar cómo se adquiere esta tolerancia, la cual como muchas otras actitudes se transmite a través de la educación. Por lo tanto, debemos hablar del aprendizaje de la tolerancia y en general de la educación democrática. La Teoría de la Acción Comunicativa de Habermas (1989) determinó que todos los ciudadanos deberíamos hacer un esfuerzo por entendernos y encontrar escenarios de diálogo (acciones comunicativas) con un lenguaje común, independientemente de los resultados que se obtengan (acciones estratégicas). Es en este escenario donde se entabla un diálogo democrático y constructivo, permitiendo que los mejores argumentos prevalezcan, reconociendo la diversidad existente y donde las decisiones se toman con acuerdos y por consenso. Estas acciones puestas en marcha en el contexto educativo ayudan a los alumnos a ser protagonistas de su propio discurso y fomentando su propia emancipación como ciudadanos responsables dentro de una sociedad cada vez más neoliberal (Adorno, 1998). Vivimos en un mundo cada vez más globalizado y fragmentado al mismo tiempo, la era de la comunicación y de la información ha cambiado la manera en la que adquirimos el conocimiento y los valores. En vista de ello, debemos confiar en la educación como productora, innovadora y distribuidora de actos simbólicos, en los que no solo se enseñen valores para la ciudadanía, hay que saber ejemplarizarlos y vivirlos (Vila Merino, 2009). En definitiva, formar personas democráticas equivale a fomentar una enseñanza basada en la moralidad, en la capacidad autocrítica, cultural y socialmente autónomos y desarrollar un compromiso responsable con la sociedad, porque en todos estos valores reside la ética que cada individuo tiene para realizar sus acciones en un marco de interculturalidad

en que el vivimos actualmente. Las instituciones educativas tienen el gran papel de ser los artífices de ir construyendo y desarrollando nuevas formas de entender la tolerancia buscando espacios de coexistencia para la búsqueda de cooperación, consenso y respeto a los derechos de igualdad, libertad y justicia (Salmeron, 2018).

2.6 ¿Cómo promover el uso de las ciencias y el interés por la cultura científica en el nuevo milenio?

- **Retos y Perspectivas de la enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio**

En pleno siglo XXI nuestros estudiantes viven la expansión de la tecnología, la ciencia y la cultura, siendo prácticamente imprescindible la integración de razonamientos y conocimientos científicos para poder ejercer una acción o un pensamiento en nuestra actividad cotidiana. En la educación tradicional el paradigma de aprendizaje esta basado en una acumulación de conocimientos. Actualmente, esto ha sido remplazado por un pensamiento crítico, una conducta valorativa y la facultad para planificar, efectuar y dominar el propio conocimiento, empleando siempre una conducta tolerante, de espíritu crítico, de esfuerzo, de liderazgo y de creatividad. Estas conductas y aprendizajes se deben dar en la escuela, institución que tiene la misión de crear mentes curiosas para la vida. Es la enseñanza de ciencias las que tienen parte de responsabilidad en este objetivo, no solo por despertar futuras vocaciones científicas, sino por el potencial que tienen de educar a los ciudadanos del futuro responsables de ejercer su derecho democrático de decidir sobre aspectos sanitarios, medio ambientales y sociales. Por consiguiente, los paradigmas del aprendizaje de las ciencias como el aprendizaje por descubrimiento de Bruner (1966) o el aprendizaje dirigido de J.G Holland y B.F. Skinner (1961) deben cambiar hacia enseñar a los alumnos a utilizar el método científico como hacen los propios científicos enfrentándose a situaciones problemáticas. A propósito de estos cambios existe una declaración sobre educación científica acordada en el simposio “Didáctica de las ciencias en el nuevo milenio” (Cuidad de la Habana, 2001) y en la que se acordó los siguientes elementos transformacionales (Arteaga, Armada y Del sol Martínez, 2016):

- Dar un enfoque más humanista de la enseñanza de las ciencias.
- Hacer una reconstrucción interdisciplinar de distintas ramas de la ciencia y la tecnología para determinar el núcleo del o de los problemas, las teorías y las leyes que lo explican.
- Enseñar a los estudiantes a usar el método científico, así como la forma de pensar y comportarse.

- Desarrollar una actitud reflexiva, crítica, responsable, tolerante y solidaria con los problemas de la sociedad y de la humanidad en general.
- Fomentar la colaboración entre instituciones educativas para perfeccionar el trabajo y obtener una mejora en la calidad educativa.

En consecuencia, existen una serie de retos para la enseñanza de la ciencia en el nuevo milenio que son (Arteaga, Armada y Del sol Martínez, 2016):

1. Fomentar el desarrollo de competencias como *“aprender a aprender, aprender a conocer, aprender a ser y aprender a sentir”* (Delors, 1997).
2. Desarrollar cualidades como la observación, coordinación, formulación de hipótesis, emisión de planes de acción, búsqueda de alternativas, resolución de problemas, en definitiva fomentar una actitud científica.
3. Mostrar respeto por lo que se aprende, por el docente, sus compañeros y el resto de la comunidad educativa.
4. Saber aplicar lo aprendido y mostrar curiosidad y respeto por como ocurrieron los acontecimientos históricos para poder contextualizar los hechos que dieron a los descubrimientos científicos.
5. La ciencia debe ser cercana a la cotidianidad de los alumnos para que adquieran unos valores de responsabilidad que les permita comprometerse en los cambios sociales.
6. Todos los ciudadanos deben adquirir cultura científica y tecnológica para comprender la dificultad y globalidad de los actuales sistemas sociales. Mejorar su alfabetización científica mejorara su relación con el entorno, su mundo laboral y sus retos profesionales y personales.
7. Priorizar la enseñanza de una ciencia de calidad para todos los alumnos independientemente del genero o estatus social.
8. Los alumnos deben ser preparados para comprender los avances de la ciencia y la tecnología en la globalización que vivimos. Deben ser conscientes que la ciencia es responsabilidad de todos y que los retos globales que tenemos por delante son independientes del continente donde vivamos.
9. Preparar a los alumnos para utilizar las herramientas de la comunicación y la información para mejorar su cultura científica.
10. Enfocar la enseñanza de las ciencias desde perspectivas interdisciplinares, multidisciplinares y transdisciplinares, del mismo modo que trabajan los científicos en sus instituciones en las que se requieren diversos perfiles profesionales para llevar a cabo las investigaciones.
11. Potenciar al máximo las cualidades individuales de los alumnos y alumnas dentro de una colectividad donde a su vez compartan conocimientos y valores.

12. Aumentar la motivación de los alumnos y alumnas por la enseñanza de las ciencias como objetivo prioritario.

Estos retos deben ir acompañados de una serie de perspectivas para poder lograrlos, que en su mayoría, pasan por un cambio en el eje metodológico (Zilberstrein y Portela, 2002) (Tabla 6).

Tabla 6: Perspectivas de la enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio

Perspectivas de la enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio	
Perspectiva	Ejecución
Promover un aprendizaje basado en la búsqueda de conocimiento a través de procedimientos que estimulen el pensamiento teórico vinculado a las experiencias cotidianas	Su ejecución conlleva: ▪ Papel activo de los alumnos para aprender construyendo ciencia. ▪ Promover la reflexión y el análisis en los contenidos aprendidos para encontrar nexos de unión con su entorno. ▪ El docente es un orientador en la búsqueda reflexiva de conocimiento para ubicar a sus alumnos en una posición analítica-reflexiva que estimule la formulación de hipótesis y la búsqueda de soluciones. ▪ Método de razonamiento deductivo-inductivo.
Planificar una serie de actividades que ejerciten los procesos de análisis, síntesis, comparación, abstracción y generalización que permitan la comprensión de conceptos y el desarrollo de procesos lógicos del pensamiento	Su ejecución conlleva: ▪ Poner en marcha competencias como aprender a aprender para favorecer el autoaprendizaje de los alumnos para generar procesos como el análisis a través de la búsqueda de información. ▪ Ejecutar las hipótesis para refutarlas mediante la planificación de un proceso.
Transformar la actividad docente hacia la búsqueda y la relevancia analítica del conocimiento	Su ejecución conlleva: ▪ La adquisición de conocimiento, las habilidades y la formación necesaria de acorde a su personalidad y a la de sus alumnos. ▪ Las tareas del docente deben servir de guía a los alumnos en el desarrollo de habilidades, en la búsqueda de la información, en la emisión de puntos de vista y juicios reflexivos de manera que favorezca el desarrollo de los conocimientos y valores de sus alumnos. ▪ Las tareas de un docente de formar un sistema equilibrado de responsabilidades de acorde a sus objetivos.
Fomentar vías de comunicación donde se integre el proceso individual de aprendizaje con el colectivo.	Su ejecución conlleva: ▪ Promover actividades de trabajo cooperativo donde los alumnos sean protagonistas de su propio aprendizaje. ▪ Favorecer actividades comunicativas de dialogo donde se planten cuestiones con soluciones reflexionadas y de consenso. ▪ Reflexionar sobre la organización del proceso docente tanto dentro del aula como fuera en grupos, equipos, parejas o de manera individual
Asociar los contenidos de aprendizaje con la práctica social para permitir al alumno obtener una valoración de lo aprendido	Su ejecución conlleva: ▪ Valorar lo aprendido en un contexto social le permitirá entender la utilidad de aprender las cosas. ▪ Despertar el interés por ampliar el conocimiento de lo aprendido con fines personales o educativos. ▪ Interaccionar y conocer otras valoraciones ayudara a desarrollar la tolerancia en su comportamiento.

Fuente: Elaboración propia

Los nuevos retos y perspectivas de la enseñanza de las ciencias se fundamentan en un nuevo paradigma, en la que los procesos de enseñanza y aprendizaje adoptan dimensiones de una

investigación con hipótesis constructivistas de psicología cognitiva que favorezca la adquisición de conocimientos sólidos y duraderos a través de acercar las ciencias a sus experiencias cotidianas.

- **Capacitación del docente para los nuevos retos**

A lo largo de este marco teórico hemos recogido las deficiencias de un sistema educativo para cubrir las necesidades que las sociedades actuales demandan. No obstante, la educación dentro de su dimensión social ha sufrido cambios adaptándose a estas necesidades. Los profesionales de la educación están de acuerdo que los métodos conductistas con los que muchos docentes en activo fueron educados, no están a la altura de las sociedades complejas e inestables que se enfrentan a constantes desafíos y avances. Existe una opinión unánime en afirmar que los docentes deben adquirir nuevas habilidades que les permita ser creativos, innovadores, proactivos, reflexivos y todo ello sin dejar de seguir formándose para estar a la altura de los retos del siglo XXI. Son estos profesionales los que deben asumir que su papel ha cambiado en los procesos de enseñanza aprendizaje debido a la inmensurable fuente de información y de conocimiento científico y tecnológico que se ha generado en el último siglo. Los docentes no son dueños exclusivos del conocimiento ni pueden enseñarlo como capítulos cerrados. Ellos forman parte de un sistema que debe retroalimentarse continuamente para seguir formando parte de la construcción, cada vez más autónoma, del conocimiento. Es por lo tanto, la exigencia de esa autonomía la que demanda profesionales con mejores niveles competenciales. Aprender a aprender, es el gran reto para el docente de hoy y sus alumnos, porque adquirir esas estrategias de aprendizaje les hará autónomos para persistir en su propio aprendizaje (Roman, 2011). Por consiguiente, debemos siempre pensar en la formación de los docentes desde una dimensión actitudinal y de proceso, más que normativa. Esta formación debe ser contextualizada, transmisora e individualizada porque los aspectos generales en la inmensa mayoría de los casos no son aplicables al entorno de cada docente (Imbemón, 2006).

Asimismo otro de los retos de los docentes es el buen uso y puesta en marcha de la competencia digital para utilizarla como una herramienta didáctica en nuestra labor profesional, además de ser una fuente de conocimiento e información. La era digital en la que nos encontramos ha generado nuevos alfabetismos que definen las habilidades y competencias del siglo XXI. Nos encontramos ante el conocimiento diverso, caótico y alejado del tradicional donde el intelecto estaba perfectamente embalado. Por lo tanto, vivimos en un momento sin precedentes, repletos de innovación e información que condiciona a los docentes no solo a estar preparados para ser competentes digitales, sino a saber preparar a los alumnos. Esa competencia digital esta ligada a cinco dimensiones: 1) Información, 2) Comunicación, 3) Creación de contenido, 4) Seguridad y 5) Resolución de problemas, distribuidas en tres niveles

(básico, intermedio y avanzado) y todas ellas forma el esqueleto digital del Marco Común de Competencia Digital Docente (Blanco Hernández, 2018) acordado por el Instituto de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado. En consecuencia, en la era digital la manera de aprender a cambiado, lo que exige también un cambio en el modelo de enseñanza y con ello una transformación en el papel del docente y de sus metodologías de enseñanza para que atienda a las necesidades de los jóvenes nativos interactivos (Blanco y Amigo, 2016). Actualmente se manejan tres roles para los docentes (Prensky, 2015);

- Entrenador; acción carga de motivación y retroalimentación. Imprescindible el papel activo de los alumnos. El docente atiende a las necesidades individuales y personales de sus alumnos para ayudarles en sus necesidades.
- Guía; Ayudar al alumno ya motivado en su acción. *Sine qua non* el conocimiento mutuo entre docente-alumno.
- Experto en instrucción; responsable de diseñar y planificar los procesos de enseñanza aprendizaje de manera creativa para que sea efectivo e influyente en sus alumnos.

En definitiva, los docentes debe ser los primeros en potenciar la curiosidad e indagación permanente, porque la educación muestra otros horizontes donde se potencia no solo la cultura del esfuerzo individual sino también el colectivo (proyectos educativos comunitarios) que fomente el espíritu crítico y democrático. La información y la tecnología necesita de verdaderos guías para que sean educativas y es ahí donde los docentes deben buscar su nicho (Blanco y Amigo, 2016).

Finalmente, debemos de recordar la gran responsabilidad que tiene el docente por trabajar con seres humanos en fase de desarrollo integral y social. Ser docente conlleva grandes dotes de madurez personal porque sigue siendo un modelo para sus alumnos. Las cualidades personales de los docentes como la empatía y la comprensión proyectan el éxito de la profesión en la que un compromiso ético y profesional son determinantes para llevar a la buena praxis la mejora de la calidad educativa.

3 Propuesta de Intervención

3.1 Presentación de la propuesta

En los apartados anteriores hemos descrito la base que fundamenta la presente propuesta de intervención exponiendo ejemplos prácticos y reales basados en una enseñanza-aprendizaje con enfoque CTS para la adquisición de conocimientos y competencias relacionadas con la genética. A continuación, detallaremos el diseño y la planificación práctica de la propuesta con la finalidad de dar respuesta al objetivo general y específicos de este trabajo de TFM. Para empezar contextualizaremos la propuesta, así como la legislación vigente para la comunidad autónoma seleccionada. Después, detallaremos los objetivos curriculares y didácticos deseables de alcanzar para los contenidos y competencias que van a ser desarrollados durante secuencia didáctica de actividades también descritas con su temporalización y su metodología diversa. Finalmente, describiremos la evaluación que se llevará a cabo para determinar la adquisición de esas competencias y contenidos.

3.2 Contextualización de la propuesta

La presente propuesta didáctica se ha diseñado para que se desarrolle en un centro educativo de Educación Secundaria y Bachillerato en la ciudad de Madrid, concretamente en un barrio del norte de la capital. El centro educativo está regulado por la legislación educativa de ámbito nacional según establece el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y del Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato.

La propuesta de intervención está planificada para la materia de Cultura científica de 1º de Bachillerato que forma parte del bloque de asignaturas específicas opcionales con carácter obligatorio para aquellos alumnos de la modalidad de ciencias y con carácter libre de elección para las modalidades de humanidades y ciencias sociales. Esto significa que la asignatura puede ser cursada por un grupo heterogéneo de alumnos que tendrán distintos niveles de especialización dependiendo de las asignaturas estudiadas en años anteriores en la ESO y fundamentalmente los intereses y motivaciones que han llevado a los alumnos a escoger esta asignatura será decisivo para desarrollo de la propuesta de intervención.

A continuación y de manera aclaratoria destacar que la materia Cultura Científica fue implantada con la Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE). Esta asignatura viene a sustituir a la antigua Ciencias para el Mundo Contemporáneo que formaba parte de las materias comunes para Bachillerato en la Ley de Educación (LOE), siendo obligatoria en alguno de los dos cursos y teniendo que ser cursada al

menos 70 horas. Con la llegada de la LOMCE, esta materia fue desglosada en dos cursos, 4.º ESO y 1.º Bachillerato, siendo una materia optativa aunque con carácter obligatorio para los alumnos de las modalidades de ciencias en Bachillerato en el centro educativo seleccionado. A efectos del presente trabajo de TFM nos referiremos siempre como marca la actual legislación vigente, Cultura Científica, aunque en el apartado de objetivos de área adoptaremos los objetivos descritos en la LOE para la materia de Ciencias para el Mundo Contemporáneo.

Los destinatarios de esta propuesta son alumnos entre 16 y 17 años caracterizados por encontrarse en una fase de cambio psico-biológico influenciados por el medio social, se muestran idealistas, rebeldes, ilusionados e inquietos de ahí la necesidad presentar los conocimientos de la forma más viva posible. El grupo lo componen 25 alumnos (14 chicos y 11 chicas) y es de carácter heterogéneo, con diferentes ritmos de desarrollo social como físico. Destacar que la gran mayoría proceden de la modalidad de ciencias pero dos alumnas provienen de la modalidad de humanidades y dos alumnos de ciencias sociales. Ninguno de ellos presenta dificultad motora o psíquica. Además, el aula no presenta alumnos repetidores de otros años.

El ambiente socio-económico de las familias de este alumnado es principalmente de clase obrera, donde tan solo un pequeño porcentaje de los progenitores ha cursado estudios superiores. Sin embargo, los chicos y chicas que forman el grupo clase evidencian un alto grado de interés por el estudio y están muy motivados con acabar el Bachillerato y pasar a una educación superior, ya sea un Ciclo Formativo o la Universidad, hecho que contribuye a incrementar la inquietud propia ya de su edad. Muestran interés por aspectos científicos, sociales y políticos que les rodean. En cuanto a sus expectativas de futuro, la mayoría están interesados en carreras de tipo científico-técnico, para las cuales, necesitan unas notas altas, por lo general. Se observa un alto rendimiento y un elevado nivel de estudio, en la mayoría de los casos, ya que se nota que están muy concienciados de que necesitan esforzarse para conseguir sus objetivos.

Los estudiantes de Bachillerato suelen caracterizarse por poseer una motivación intrínseca para el estudio y tareas escolares, y hacen un mayor esfuerzo académico que estudiantes más jóvenes. Los cambios físicos propios de la adolescencia están llegando a su fin y no son muy numerosos, lo que les hace tener mayor autoestima y respetar más las diferencias que puedan existir en el resto de integrantes del grupo. A su vez, presentan una capacidad crítica bastante desarrollada y han llegado a una etapa del desarrollo en la que son capaces de comprender a sus docentes y tener autocontrol. Sus técnicas de estudio se han consolidado, siendo éstas, en muchos casos, las utilizadas a lo largo de toda su vida como estudiantes. Todas estas características descritas, se reflejan principalmente cuando se apela en el aula a las

competencias clave social y cívica, aprender a aprender y de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, que los estudiantes han adquirido en su etapa de formación en la ESO.

Para el adecuado aprovechamiento de la propuesta de intervención sería aconsejable que los alumnos y las alumnas tengan ya práctica en los procesos de enseñanza y aprendizaje que conlleva una metodología sistemática, donde el enfoque analítico de un fenómeno se complementa con la visión global del mismo. En concreto sería aconsejable haber cursado esta misma materia en 4º de la ESO y, para una mejor comprensión, aquellos contenidos relacionados con el bloque 4 “Calidad de vida” obteniendo los estándares mínimos fijados. Asimismo, sería recomendable que los estudiantes hubieran impartido Biología y Geología en 4º de la ESO y haber alcanzado esos estándares mínimos fijados para el bloque 1 “La evolución de la vida”. Sin embargo, debemos recordar que es una materia que pertenece al bloque de asignatura opcionales específicas por lo tanto nos encontraremos con alumnos que cumplan estos requisitos pero también otros que no los cumplan. Por lo tanto, habrá determinados aspectos que no se deberán dar por supuestos y se tendrán que reforzar ciertos contenidos a determinados alumnos con material adicional.

3.3 Intervención en el aula

3.3.1 Objetivos

El objetivo general de esta propuesta es proporcionar una visión de conjunto sobre los conocimientos y los descubrimientos más vanguardistas de la genética en el nuevo milenio, para guiar a los alumnos a que desarrollen una mirada más científica a las cuestiones que abarcan nuestros problemas cotidianos, para enfrentarse a ellos con una actitud crítica, reflexiva y ética.

Para lograr esta finalidad, la propuesta tendrá como propósito alcanzar unos determinados objetivos de área según establece el Real Decreto 1476/2007 para la enseñanza de las Ciencias en el Mundo Contemporáneo en Bachillerato:

1. Conocer el significado cualitativo de algunos conceptos, leyes y teorías, para formarse opiniones fundamentadas sobre cuestiones científicas y tecnológicas, que tengan incidencia en las condiciones de vida personal y global y sean objeto de controversia social y debate público.
2. Plantearse preguntas sobre cuestiones y problemas científicos de actualidad y tratar de buscar sus propias respuestas, utilizando y seleccionando de forma crítica información proveniente de diversas fuentes.
3. Obtener, analizar y organizar informaciones de contenido científico, utilizar representaciones y modelos, hacer conjeturas, formular hipótesis y realizar reflexiones

fundadas que permitan tomar decisiones fundamentadas y comunicarlas a los demás con coherencia, precisión y claridad.

4. Adquirir un conocimiento coherente y crítico de las tecnologías de la información, la comunicación y el ocio presentes en su entorno, propiciando un uso sensato y racional de las mismas para la construcción del conocimiento científico, la elaboración del criterio personal y la mejora del bienestar individual y colectivo.
5. Argumentar, debatir y evaluar propuestas y aplicaciones de los conocimientos científicos de interés social relativos a la salud, el medio ambiente, los materiales, las fuentes de energía, el ocio, etc., para poder valorar las informaciones científicas y tecnológicas de los medios de comunicación de masas y adquirir independencia de criterio.
6. Poner en prácticas actitudes y valores sociales como la creatividad, la curiosidad, el anti-dogmatismo, la reflexión crítica y la sensibilidad ante la vida y el medio ambiente, que son útiles para el avance personal, las relaciones interpersonales, y la inserción social.
7. Valorar la contribución de la ciencia y la tecnología a la mejora de la calidad de vida, reconociendo sus aportaciones y sus limitaciones como empresa humana cuyas ideas están en continua evolución y condicionadas al contexto cultura, social económico en el que se desarrollan.
8. Reconocer en algunos ejemplos concretos la influencia reciproca entre el desarrollo científico y tecnológico y los contextos sociales, políticos, económicos, religiosos, educativos, culturales en que se produce el conocimiento y sus aplicaciones.

(Real Decreto 1476/2007, p.17)

Asimismo, han sido concretados una serie de objetivos específicos o didácticos para los contenidos que serán expuestos a lo largo de la siguiente propuesta de intervención:

1. Conocer los hechos más relevantes de la historia de la genética y las aplicaciones médicas de sus descubrimientos.
2. Comprender el dogma de la biología molecular y la importancia de la transmisión genética y la herencia.
3. Saber aplicar el método científico para llegar a la comprensión de cuestiones y resolución de problemas a través de identificar el problema, buscar información, formular una hipótesis, proponer propuestas de resolución de problemas, generar datos, saber interpretar los datos y obtener conclusiones.
4. Valorar el trabajo de los científicos y científicas en el desarrollo de la ciencia y la tecnología para la mejora de la humanidad, en especial el gran esfuerzo colectivo realizado por la secuenciación del genoma humano.

5. Dar visibilidad a la mujer en la ciencia. Trabajar por la igualdad de género.
6. Saber explicar las aplicaciones médicas en la terapia génica como la reproducción asistida y la clonación.
7. Analizar las repercusiones sociales y dilemas morales asociadas a esas aplicaciones médicas.
8. Desarrollar habilidades de trabajo autónomo que les permita la auto-regulación del aprendizaje y desarrollar especialmente la competencia aprender a aprender basada en la adquisición de destrezas investigadoras.
9. Comprender los términos científicos que les permitan participar de noticias médicas relacionadas con la genética, así como adaptarlas a su lenguaje cotidiano.
10. Entender las leyes, conceptos, teorías, modelos científicos y saber trasladarlos a sus actividades diarias y cotidianas.
11. Desarrollar una opinión reflexiva y crítica sobre los contenidos aprendidos para involucrarse democráticamente en la toma de decisiones.
12. Reflexionar sobre el avance de la ciencia y la tecnología en las sociedades actuales y en la mejora de la calidad de vida.

3.3.2 Competencias

Según la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero de 2015, en la que se establece la relación entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato, las competencias clave son descritas como un elemento fundamental del currículo a la hora de determinar los aprendizajes que se consideran imprescindibles para el alumnado, para su realización y desarrollo personal, así como para su participación activa como ciudadano en la sociedad y en el mundo laboral. Tal y como se describe en la LOMCE, todas las áreas o materias del currículo deben participar en el desarrollo de las distintas competencias del alumnado. Estas competencias claves son:

1. Comunicación lingüística (CCL).
2. Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología (CMCT).
3. Competencia digital (CD).
4. Aprender a aprender (CAA).
5. Competencias sociales y cívicas (CSC).
6. Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (SIEP).
7. Conciencia y expresiones culturales (CEC).

En la asignatura de Cultura científica en 1º curso de Bachillerato se incurrirá en el entrenamiento de todas las competencias de manera sistemática haciendo hincapié en los descriptores más afines al área que nos permitirá obtener los estándares de desempeño. Las

competencias son el eje central de lo que el alumno debe adquirir en los procesos de enseñanza y aprendizaje, integrando no solo conocimientos sino también habilidades, destrezas y actitudes. Por lo tanto, en la siguiente tabla (Tabla 7) mostramos la relación entre las competencias claves y los descriptores que permitan trabajar y evaluar cada una de las dimensiones en las que se va a trabajar en el transcurso de esta propuesta de intervención, así como el criterio de evaluación que será el referente o estándar de desempeño. En estos criterios se tendrá en cuenta los contenidos de la propuesta y procesos mentales necesarios, manejando distintos indicadores que concreten los niveles del dominio.

Tabla 7: Descripción de los descriptores e indicadores de desempeño para cada una de las competencias clave

Competencias	Descriptores	Estándar de Desempeño
Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología	-Resolver cuestiones científicas aplicando teorías científicas que permitan reflexionar sobre cuestiones globales. -Aplicar métodos científicos rigurosos para mejorar la comprensión de la realidad circundante y en definitiva mejorar su alfabetización científica. -Resolución de problemas científicos con solución más o menos abiertas, que requieran utilizar estrategias asociadas a la competencia matemática.	-Conoce y valora el conocimiento de diferentes científicos en relación con la temática de la unidad a lo largo de la historia. -Valora la importancia evolutiva de los avances de la genética. -Entiende como son los procesos que codifican para la información genética. -Aplica las fases del método científico en la resolución de cuestiones problemáticas. -Reflexiona sobre las aplicaciones y las consecuencias que ha ofrecido para la humanidad los avances en genética. -Confecciona esquemas detallados e interpreta gráficas de la evolución la genética y sus aplicaciones. -Elabora esquemas que diferencien la reproducción asistida y la clonación. -Analiza y utiliza diferentes fuentes documentales relacionadas con la revolución de la genética.
Competencia Lingüística	-Comprender el sentido de los textos escritos y orales. -Utilizar el vocabulario adecuado, las estructuras lingüísticas y las normas ortográficas y gramaticales para realizar textos escritos y orales. -Emplea argumentos con premisas claras, coherentes y persuasivas -Mantener una actitud favorable y crítica hacia la lectura. -Contribuir a la búsqueda, recogida y análisis de documentación científica, argumentando la decisión de la elección.	- Lee con atención los textos y hace una lectura comprensiva de los contenidos de cada epígrafe. -Utiliza el vocabulario específico del tema, en especial el relativo al contenido genético y aplicaciones de la ingeniería genética. -Redacta y expone, por escrito y oralmente, con rigor, corrección y utilizando el vocabulario adecuado, la importancia y el significado de procesos como la reproducción asistida, la clonación y las terapias génicas. -Elabora sus propios resúmenes, esquemas o fichas de estudio, utilizando como guía la propia unidad. -Es capaz de analizar, extraer información relevante y utilizarla en la elaboración de trabajos personales, usando diversas fuentes bibliográficas y respetando la autoría intelectual mediante la cita y la referenciación adecuada de imágenes y textos.
Competencia Digital	-Emplear distintas fuentes para la búsqueda de información.	-Consulta animaciones y videos sobre los avances de la genética y sus aplicaciones. -Utiliza correctamente los diversos test interactivos que se facilitan.

	-Manejar herramientas digitales para la construcción de conocimiento. -Elaborar y publicitar información propia derivada de información obtenida a través de los medios tecnológicos.	-Hace presentaciones orales en clase, con ayuda de materiales multimedia, dotadas de rigor, potencial comunicador, calidad y atractivo de los gráficos. -Elabora dossiers informativos y de ampliación sobre la temática integrando en ellos imágenes y atribuyéndoles un formato adecuado.
Competencia y expresiones culturales	-Elabora trabajo y presentaciones con sentido estético. -Aceptación de que la ciencia básica o aplicada forma parte de la cultura. -Comprender que los avances científicos forman parte de nuestro patrimonio cultural y que los científicos se retroalimentan mutuamente para un beneficio colectivo.	-Aprecia la importancia del valor comunicativo que tienen todas las animaciones, los gráficos y las simulaciones, aplicando con esmero dentro del marco de las capacidades personales, estos principios en la elaboración de sus propios gráficos y representaciones de la historia de la genética así como los hechos más relevantes. -Conoce, valora e interpreta correctamente simulaciones 3D de procesos genéticos disponibles en la web. -Interpreta los conocimientos aprendidos como parte de un aprendizaje multidisciplinar que beneficia a la cultura propia del individuo. -Valora la importancia del trabajo de los científicos y su aportación al desarrollo cultura, económico y social de los ciudadanos.
Competencias sociales y cívicas	-Mostrar disponibilidad para la participación activa en ámbitos de participación establecidos. -Reconocer riqueza en la diversidad de opiniones e ideas. -Tomar decisiones de manera reflexiva y consensuada. -Valorar los conocimientos aprendidos como parte de la mejora de la alfabetización científica. -Reconocer el papel de las mujeres en la ciencia y su contribución. -Tomar conciencia de la responsabilidad colectiva en la toma de decisiones. -Apreciar el bienestar social aportado por el desarrollo de la ciencia y la tecnología.	-Valora la importancia que tiene el estudio de la historia y la evolución de la genética. -Reconoce la importancia del trabajo científico que ha llevado a comprender y descifrar el código genético así como la secuenciación de la mayoría de los organismos. -Comprende las aplicaciones de la ingeniería genética y el beneficio para el desarrollo humano. -Entiende la individualidad de cada ser vivo a la luz de la estructura genética singular y única. -Desarrolla su tolerancia y el respeto a las diferencias entre las personas a partir de los datos científicos que proporciona el estudio código genético. -Conoce y valora científicas importantes que contribuyeron a los avances y conocimientos de la genética. -Adopta responsabilidades en sus decisiones como futuros ciudadanos y ciudadanas de una sociedad democrática.
Sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	-Asumir las responsabilidades encomendadas y dar cuenta de ellas. -Generar nuevas y divergentes	-Planifica su tiempo de trabajo para llevar de manera adecuada las tareas recomendadas. -Interviene en el aula aportando sus puntos de vista y transmitiendo sus inquietudes en relación con el tema. -Resuelve los problemas y actividades planteadas con iniciativa y creatividad, utilizando los recursos disponibles y las técnicas aprendidas en el aula.

	posibilidades desde conocimientos previos de un tema. -Adoptar conductas creativas e imaginativas como la de los científicos. -Mantener una actitud crítica y abierta nuevas posibilidades.	-Participa en el diseño y la estructuración de las propuestas de trabajo planteadas por el profesorado.
Aprender a aprender	-Desarrollar estrategias y técnicas que favorezcan la comprensión rigurosa de los contenidos con mirada crítica. -Generar actitudes como la curiosidad y la necesidad de aprender mediante el estudio. -Evaluar la consecución de objetivos de aprendizaje.	-Localiza con eficacia fuentes fiables de documentación para completar la información facilitada. -Esquematiza de forma gráfica los conocimientos aprendidos y entiende en profundidad sus aplicaciones y relevancia. -Demuestra tener curiosidad por conocer los detalles aprendidos y sobre todo la transcendencia para el desarrollo humano. -Analiza con espíritu crítico su proceso de aprendizaje, aplicando las correcciones oportunas a los errores y defectos apreciados. -Contribuye con carácter constructivo a la mejora del aprendizaje grupal, interviniendo en clase y aportando sus puntos de vista frente a las exposiciones del profesorado y de sus compañeros y compañeras.

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Contenidos

Los contenidos que se abordaran en esta propuesta de intervención proceden del Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato y del Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del Consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. En esta legislación la distribución de los contenidos de la materia Cultura científica para 1º de Bachillerato es de cinco grandes bloques, en los cuales se pretende profundizar a partir de los conocimientos previos ya adquiridos en los cursos y etapas anteriores (específicamente en Biología y Geología y Cultura Científica de 4º de ESO) donde se aborda la Evolución de la vida (Biología y Geología de 4º de ESO) y la Calidad de vida (4º de ESO), tomando como eje vertebrador conocimientos conceptuales sobre la célula, su composición química, la herencia, la genética molecular, la ingeniería genética, la bioética y la evolución humana y del mismo modo actitudes éticas, críticas, reflexivas e inquietas por la investigación y su desarrollo. El bloque cuatro en el que esta englobado la presente propuesta de intervención fija su atención en la revolución genética para conocer los avances de la misma, sus aplicaciones y las valoraciones éticas, sociales y económicas de las mismas, así como las repercusiones de los mismos.

A continuación, mostraremos la relación existente entre contenidos, criterios de evaluación y

estándares de aprendizaje (Tabla 8) evaluables para esta propuesta de intervención según se establece en el Real Decreto 1105/2014, en la que incluiremos también la relación con las competencias.

Tabla 8: Relación entre los contenidos, criterios de evaluación, estándares de aprendizaje y competencias clave.

Contenidos	Criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Comp. Clave
Historia de la Genética desde Mendel hasta la ingeniería genética	1. Reconocer los hechos históricos más relevantes para el estudio de la genética.	1.1 Conoce y explica el desarrollo histórico de los estudios llevados a cabo dentro del campo de la genética.	CCL, CMCT, CAA, CSC, SIEP, CD
La información genética	2. Obtener, seleccionar y valorar informaciones sobre el ADN, el código genético, la ingeniería genética y sus aplicaciones médicas.	2.1 Sabe ubicar la información genética que posee todo ser vivo, estableciendo la relación jerárquica entre las distintas estructuras, desde el nucleótido hasta los genes responsables de la herencia.	CMCT, CAA, CSC, SIEP, CD
El Proyecto Genoma Humano	3. Conocer los proyectos que se desarrollan actualmente como consecuencia de descifrar el genoma humano, tales como <i>HapMap</i> y <i>Encode</i> .	3.1 Conoce y explica la forma en que se codifica la información genética en el ADN, justificando la necesidad de obtener el genoma completo de un individuo y descifrar su significado.	CMCT, CL, CSC, SIEP, CD
Aplicaciones de la Genética: terapias génicas.	4. Evaluar las aplicaciones de la ingeniería genética en las terapias génicas.	4.1 Analiza las aplicaciones de la ingeniería genética en la obtención de terapias génicas.	CMCT, CL, CAA, CSC, SIEP, CD
La reproducción asistida y sus consecuencias sociales	5. Valorar las repercusiones sociales de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones.	5.1 Establece las repercusiones sociales y económicas de la reproducción asistida, la selección y conservación de embriones.	CMCT, CL, CAA, CSC, SIEP, CD
Usos de la clonación	6. Analizar los posibles usos de la clonación.	6.1 Describe y analiza las posibilidades que ofrece la clonación en diferentes campos.	CMCT, CAA, CL, SIEP, CD
Aspectos sociales relacionados con la Ingeniería Genética: Bioética genética	8. Identificar algunos problemas sociales y dilemas morales debidos, a la aplicación de la genética: reproducción asistida y clonación.	8.1 Valorar, de forma crítica, los avances científicos relacionados con la genética, sus usos y consecuencias, medicas y sociales.	CMCT, CL, CAA, CSC, SIEP, CD

Fuente: Real Decreto 1105/2014

3.3.4 Metodología

En coherencia con lo que hemos venido desarrollando en el marco teórico durante esta propuesta de intervención predominará las metodologías activas y participativas, en la que los

alumnos y alumnas será protagonistas de su propio aprendizaje con el objetivo de que adopten ciertas peculiaridades en su vida cotidiana como la metodología científica y las actitudes que presentan los científicos en un proyecto de investigación. Por lo tanto, se diseñarán actividades enfocadas a potenciar y afianzar aquellas competencias que impliquen la aplicación del método científico porque favorecerá la construcción de aprendizajes significativos, relevantes y funcionales, para que de este modo puedan aplicar los conocimientos aprendido a otras materias y sobre todo a la resolución de los problemas en la vida cotidiana.

Destacar que se favorecerá el trabajo colectivo entre el alumnado, haciendo agrupamientos heterogéneos donde se trabaje de manera cooperativa, sin competitividad y con empatía para saber resolver posibles conflictos. Para la realización de los agrupamientos inicialmente no se ha previsto medidas de actuación, recordar que es una asignatura con carácter específica opcional y la motivación e interés de los alumnos es un aspecto importante para alcanzar los criterios de evaluación requeridos. Prevalecerán actividades de exposición de las ideas en público y debates con el objetivo de llegar a ideas consensuadas y valoradas colectivamente. Los alumnos trabajarán de manera autónoma fomentándose la utilización de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) que les permitirán ampliar horizontes y conocimientos para posteriormente realizar una precisión en el aula.

Este tipo de metodologías propicia la reflexión, el razonamiento y el análisis crítico sobre las investigaciones que llevaran a cabo, por lo tanto es una materia que garantiza poder realizar muchos conflictos cognitivos. Es necesario matizar que es importante los conocimientos previos de los que dispongan los alumnos que debido a la diversidad que vamos a encontrar es necesario previamente realizar una evaluación inicial que oriente sobre la posible adaptación metodológica. Es necesario conocer si existe saberes preconcebidos que son aceptados como certezas científicas cuando realmente no lo son.

En conclusión seguiremos las líneas generales marcadas por el currículo legislativo en las que marca las líneas de actuación basadas en el modelo constructivista y fomentando un aprendizaje significativo y funcional. En definitiva, el aprendizaje de esta materia puede ofrecer al alumnado un enriquecimiento personal en la medida en que sea capaz de adquirir habilidades como la curiosidad científica, entender y buscar soluciones a cuestiones cotidianas, asumir los deberes y obligaciones de la sociedad en la que habitamos y sobre todo a visualizar el desarrollo científico como un beneficio de riqueza y desarrollo de las nuevas civilizaciones sabiendo hacer juicio crítico de las repercusiones que los mismos puedan tener.

3.3.5 Temporalización

Esta propuesta requiere 17 sesiones, 16 en el centro educativo (una sesión es equivalente a 50 minutos) y 1 salida del aula a un centro de investigación dentro del área urbana de Madrid como actividad complementaria. En esta propuesta se combinarán distintos tipos de sesiones en las que prevalecerá las actividades en trabajo cooperativo, los debates y las presentaciones en cada una de las dos sesiones semanales de las que dispone esta materia. Además, si fuese necesario, se invertirá tiempo en explicaciones, aclaraciones y corregir preconceptos o prejuicios sobre conocimientos previos. Finalmente, la salida al centro de investigación tiene como objetivo fomentar el espíritu científico, mostrar el día a día de los científicos y lo más importante trabajar temas de igualdad de género desarrollando profesiones científicas y tecnológicas.

3.3.6 Actividades

En este apartado vamos a describir cada una de las actividades necesarias para poner en práctica la presente propuesta de intervención para profundizar en los objetivos didácticos y contenidos curriculares que se desean lograr a través de adquisición de competencias con una orientación CTS.

Por consiguiente, para cada una de las actividades se describirá el tipo de actividad que se va a llevar a cabo, así como los objetivos, contenidos, objetivos y competencias que se van a trabajar, se describirá también el espacio, agrupamiento de alumnos, los recursos y la temporalización necesarias, así como los anexos correspondientes que en muchas ocasiones estarán relacionados con el trabajo que el docente enviará para casa de manera individual y/o grupal. Finalmente, se detallarán los instrumentos de evaluación para evaluar la actividad.

Destacar que nos encontramos en una materia donde asisten alumnos menos relacionados con los contenidos que en ella se van a explicar, por lo tanto, no se trata en repetir contenidos que se hayan impartido en años anteriores pero debido a las circunstancias especiales en las que se imparte esta materia será necesario explicar contenidos básicos para que los alumnos no procedentes de las ramas de ciencias puedan seguir la clase.

A continuación mostramos una tabla (Tabla 9) resumen de las actividades y una tabla individual para cada actividad con los detalles de las mismas (Tablas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16).

Tabla 9: Resumen de las actividades

Actividad	Tipo de actividad
Actividad 1 (Sesión 1)	Actividad de exploración: Detección de ideas previas y Conflicto cognitivo
Actividad 2 (Sesión 2, 3,4 y 5)	Actividad de desarrollo y síntesis: Historia y etapas cronológicas de la genética
Actividad 3 (Sesión 6, 7, 8, 9 y 10)	Actividad de desarrollo y síntesis: Aplicaciones de la terapia génica; curar enfermedades incurables hasta ahora

Actividad 4 (sesión 11, 12 y 13)	Actividad de desarrollo y síntesis: La reproducción asistida; fabricar niños a la carta
Actividad 5 (sesión 14 y 15)	Actividad de desarrollo y síntesis: ¿Deberíamos clonar las especies en extinción?
Actividad 6 (Sesión 16)	Actividad salida del aula: ¿Cómo se pudo llegar a ser un científico?
Actividad 7 (Sesión 17)	Actividad de Conciliación: ¿Qué nos depara el futuro?

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Descripción de la actividad 1

Título de la Unidad Didáctica		Sesión
Actividad de exploración: Detección de ideas previas y generar conflicto cognitivo		1
Objetivos	Contenidos	
2. Comprender el dogma de la biología molecular y la importancia de la transmisión genética y la herencia. 10. Entender las leyes, conceptos, teorías, modelos científicos y saber trasladarlos a sus actividades diarias y cotidianas.	La información genética	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
Con el objetivo de conocer que ideas previas tienen los estudiantes sobre la genética y de si son capaces de entender que caracteres son heredables el docente propone una serie de preguntas (20 min): ¿Sabes por qué nos parecemos a nuestros padres? ¿Sabes a qué se dedica la biología molecular? ¿Qué es para ti la ingeniería genética? ¿Sabrías decir cómo se pueden manipular genéticamente los organismos? ¿Todos los seres vivos son iguales a sus progenitores o existe variabilidad genética? ¿Las enfermedades pueden heredarse? ¿Y pueden curarse? A continuación el docente propondrá una serie de términos que pedirá a los alumnos que clasifiquen entre “Heredables” o “Adquiridas”: Grupo sanguíneo, Intolerancia a la Lactosa, Cáncer, Alcoholismo, Síndrome de Down, Albinismo, Sordomudez, Tono de voz, etc... (20 min). Antes de finalizar la clase, el docente les recuerda el dogma de la biología molecular que han estudiado en otras materias en cursos anterior con una figura y un mapa conceptual (Figura 4 y Figura 5, Anexo 1) (15 min). Sin embargo, aunque la intención no es repetir conocimientos considera necesario realizarlo debido a que en el aula existen otros alumnos que no las cursaron. Además, el docente prepara un ejercicio (Figura 6, Anexo 1) para que lo realicen en casa apoyados en las tablas de código genético que encontrarán en el libro de texto y será corregido en la siguiente sesión. Además a través de google drive les prepara un mapa mental incompleto (Figura 7, Anexo 1) sobre la historia de la genética que deben completar con Google Drive y enviárselo al docente. Los alumnos tienen que apoyarse en el libro de texto y hacer una investigación individual que les permita completar la actividad. Esta última acción permitirá al docente observar varias cosas (Nota ignorar las líneas horizontales de colores): -Detectar si los alumnos saben trabajar de manera autónoma e individual. -Conocer que grado de conocimientos previos sobre la historia de la genética tienen de la actividad. -Detectar ideas pre-concedidas o conceptos erróneos que puedan tener los alumnos.	CL	X
	CMCT	X
	CD	X
	AA	X
	CSC	X
	SIEP	X
	CEC	X
Anexo 1: Figura 4 Figura 5 Figura 6 Figura 7		

-La corrección de la secuencia genética ayudara a refrescar conocimientos y sobre todo su comprensión ayudara a entender conceptos que serán explicados en las sesiones siguientes.		
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Actividad en clase: Grupo Clase Actividad en casa: Individual	Proyector Ordenador del docente El libro de texto para apoyarse en las actividades	55 minutos de la sesión
Instrumentos de evaluación		
- Las actividades de exploración realizadas en clase no son evaluables. - Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 21, Anexo 8).		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 11: Descripción de la actividad 2

Título de la Unidad Didáctica		Sesión	
Actividad de síntesis: Historia y etapas cronológicas de la genética		2-3	
Objetivos		Contenidos	
1. Conocer los hechos más relevantes de la historia de la genética y las aplicaciones médicas de sus descubrimientos. 4. Valorar el trabajo de los científicos y científicas en el desarrollo de la ciencia y la tecnología para la mejora de la humanidad, en especial el gran esfuerzo colectivo realizado por la secuenciación del genoma humano 8. Desarrollar habilidades de trabajo autónomo que les permita la auto- regulación del aprendizaje y desarrollar especialmente la competencia aprender a aprender basada en la adquisición de destrezas investigadoras.		-Historia de la Genética desde Mendel hasta la ingeniería genética -PGH	
Actividad-Descripción		Competencias Trabajadas	
El docente corregirá el resultado de la actividad individual de la secuencia genética (10 min). Después pedirá a los alumnos que entablen un debate en clase para completar el mapa conceptual sobre la historia de la genética (10 min) (Figura 7, Anexo 1). Para abordar el objetivo de esta sesión y conocer las aplicaciones médicas y no médicas de los descubrimientos en genética, así como resaltar todos los programas de secuenciación de genomas, especialmente los proyectos Genoma Humano. Los alumnos van a trabajar de manera cooperativa y se asigna a cada grupo una etapa cronológica destacada desde el año 1990: Transgénesis, Genómica, Clonación de mamíferos, Reprogramación nuclear, Diagnóstico genético y ARN como terapia personalizada (30 min) (Figura 7, Anexo 1). Los alumnos trabajaran dividiéndose papeles (coordinador, portavoz, secretario, buscador de material) para buscar información de esas etapas, así como aplicaciones. Los alumnos tendrán que responder a un cuestionario que entregarán de manera individual (Cuestionario I, Anexo 2). Para la realización de esta actividad los alumnos dispondrán de tablets con acceso a internet para buscar información referente y también para la preparación de sus presentaciones utilizando el paquete office del que dispone el centro. Durante las sesiones 4 y 5 cada grupo a través de su portavoz tiene que hacer una presentación Power Point para explicar sus trabajos en un tiempo de 15 minutos + 5-8 minutos para el turno de preguntas, dudas y debate. En el turno de discusión participarán todos los alumnos del aula y las preguntas podrán ser contestadas por cualquier integrante del grupo. El resultado de la evaluación de estas sesiones será para el grupo cooperativo.		CL	X
		CMCT	X
		CD	X
		AA	X
		CSC	X
		SIEP	X
		CEC	X
		Anexo 1: Figura 7 Anexo 2: Cuestionario I	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	

Corrección actividades: Grupo Clase	Proyector	55 minutos de cada sesión. La actividad quizá requiere que tenga que trabajar en casa de manera colectiva o individual.
Grupos Cooperativo: para la realización del trabajo: 6 grupos de 4-5 alumnos	Pizarra Digital	
	Ordenador del docente	
	El libro de texto	
	Tablets individuales de los alumnos	
	Acceso a internet de la alta velocidad	
	Webs recomendadas: https://www.elmundo.es/especiales/2001/02/ciencia/genoma/grafico.html http://www.genome.gov http://www.youtube.com/watch?v=czXseKE4gZA http://www.porquebiotecnologia.com.ar/educacion/cuaderno/doc/El%20Cuaderno%2055?cuaderno=55.doc https://www.elmundo.es/especiales/2003/02/salud/genetica/descifrar_la_vida.html	
Instrumentos de evaluación		
▪ Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 20,1Anexo 8). ▪ Observación (régimen habitual): Trabajo Cooperativo, valorándose contenido actitudinal como la valoración de cada miembro del grupo (Tabla 20, anexo 7). ▪ Evaluación de actitudes (Puntual): Evaluación por los compañeros que forman el grupo cooperativo (Tabla 212 Anexo 9). ▪ La exposición oral será evaluada como Observación (régimen habitual): Debates y exposición oral puntuales (Tabla 19, Anexo 6).		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Descripción de la actividad 3

Título de la Unidad Didáctica	Sesión	
Actividad de síntesis y desarrollo: Aplicaciones de la terapia génica, curar enfermedades incurables hasta ahora	6-7-8-9-10	
Objetivos	Contenidos	
3. Saber aplicar el método científico para llegar a la comprensión de cuestiones y resolución de problemas a través de identificar el problema, buscar información, formular una hipótesis, proponer propuestas de resolución de problemas, generar datos, saber interpretar los datos y obtener conclusiones. 7. Analizar los repercusiones sociales y dilemas morales asociadas a esas aplicaciones médicas. 8. Desarrollar habilidades de trabajo autónomo que les permita la auto-regulación del aprendizaje y desarrollar especialmente la competencia aprender a aprender basada en la adquisición de destrezas investigadoras. 9. Comprender los términos científicos que les permitan participar de noticias médicas relacionadas con la genética, así como adaptarlas a su lenguaje cotidiano. 10. Entender las leyes, conceptos, teorías, modelos científicos y saber trasladarlos a sus actividades diarias y cotidianas. 11. Desarrollar una opinión reflexiva y crítica sobre los contenidos aprendidos para involucrarse democráticamente en la toma de decisiones. 12. Reflexionar sobre el avance de la ciencia y la tecnología en las sociedades actuales y en la mejora de la calidad de vida.	Aplicaciones de la Genética: terapias génicas. Aspectos sociales relacionados con la Ingeniería Genética: Bioética genética	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
Durante esta actividad el docente comenzará la clase apoyándose en unos gráficos y animaciones para explicar los dos tipos de terapia génica (Figura 8, Anexo 3). Además les dejará enlaces en Moodle para que amplíen la información tanto de las terapias como de cada enfermedad y de la utilización del método científico (Figura 9, Anexo 3)	CL	X
	CMCT	X
	CD	X

A continuación el objetivo de la actividad es que trabajen de manera cooperativa y realicen una investigación sobre aplicaciones de las terapias génicas. El docente a cada grupo les da una posible enfermedad que puede o podría curarse mediante esta terapia. El grupo debe realizar una investigación sobre el procedimiento y método científico para cada enfermedad. El objetivo es que utilicen el método científico en la búsqueda de soluciones para enfermedades cotidianas o conocidas en sus vidas reales. Los alumnos se plantearán el problema, la hipótesis del problema, escoger fuentes de información, obtener dicha información, acompañada con datos, después realizar una discusión para obtener conclusiones y verificar si contesta o no a sus hipótesis iniciales. Deben resolver el caso ofreciendo una solución para la cura de las enfermedades y pensando en la fabricación del posible tratamiento. Dentro del grupo adoptaran distintos papeles cada alumno: un médico, un investigador, un representante del comité legal y ético, un periodista especializado en temas de investigación científica, el dueño de una empresa farmacéutica y los afectados por la enfermedad. Las 4 enfermedades serán: Inmunodeficiencia Combinada Severa (“Los niños burbuja”), Cáncer, Hemofilia y Fibrosis Quística. El docente les dará un cuestionario (Cuestionario II, Anexo 3) que deben contestar de manera individual y a su vez al finalizar la investigación deberán preparar una presentación oral apoyándose en un Power Point o en un poster para explicar a sus compañeros los resultados de su investigación (20 minutos/ grupo). Durante las dos últimas sesiones se realizará una presentación oral, a cargo del periodista especializado en temas científicos en cada grupo, para que explique a sus compañeros las soluciones para los afectados y las cuestiones éticas al respecto. El interés de que el representante sea el periodista radica en intentar crear paralelismos sobre como una investigación realizada por diversos expertos en la materia, llega posteriormente a los ciudadanos a través de los medios de comunicación convirtiéndose en una noticia de gran interés en nuestra vida cotidiana. La presentación oral se puede realizar apoyándose en un Power Point o en un poster-mural. Si fuese necesario tener acceso a la red para ver una animación se dispondrá de recursos para ello. El tiempo de extensión será de 20 minutos por grupo más 10 minutos para el turno de preguntas, dudas y debate. En el turno de discusión participarán todos los alumnos del aula y las preguntas podrán ser contestadas por cualquier integrante del grupo. El resultado de la evaluación de la presentación oral será para todo el grupo cooperativo. Antes de finalizar estas sesiones cada alumno de cada grupo deberá entregar su cuestionario al docente y esté será valorado de manera individual.	AA	X
	CSC	X
	SIEP	X
	CEC	X
	Anexos 3: Figura 8 Figura 9 Cuestionario II	
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Grupos Cooperativos: 4 grupos de 6-7 alumnos	Proyector Pizarra Digital Ordenador del docente El libro de texto Tablets individuales de los alumnos Tableros para la exposición de los posters Acceso a internet de la alta velocidad Webs recomendadas: http://recursos.cnice.mec.es/biosfera/alumno/2bachillerato/genetica/contenido14.htm http://www.hemdifferently.com https://primaryimmune.org/treatment-information/stem-cell-and-gene-therapy https://www.youtube.com/watch?v=1Cbny5-4X5I https://www.youtube.com/watch?v=qRWXhi48F3E http://portal.unesco.org/es/ev.phpURL_ID=31058&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html https://elpais.com/tag/terapia_genica/a https://elpais.com/elpais/2015/12/07/ciencia/1449478211_561909.html	55 minutos de cada sesión. La actividad quizá requiere que tenga que trabajar en casa de manera colectiva o individual.

	https://genotipia.com/genetica_medica_news/terapia-genica-cancer/ https://www.biointeractive.org/es/classroom-resources/usando-genes-como-medicinas https://www.xplorehealth.eu/en/media/biotechnology-and-ethics	
Instrumentos de evaluación		
- Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 21, Anexo 8). - Observación (régimen habitual): Trabajo Cooperativo, valorándose contenido actitudinal y la participación de los miembros del grupo (Tabla 20, Anexo 7). - Evaluación de actitudes (Puntual): Evaluación por los compañeros que forman el grupo cooperativo (Tabla 22, Anexo 9). - La exposición oral será evaluada como Observación (régimen habitual): Debates y exposición oral puntuales (Tabla 19, Anexo 6).		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Descripción de la actividad 4

Título de la Unidad Didáctica		Sesión
Actividad de síntesis: La reproducción asistida; fabricar niños a la carta		11-12-13
Objetivos	Contenidos	
6. Saber explicar las aplicaciones médicas en la terapia génica como la reproducción asistida. 7. Analizar las repercusiones sociales y dilemas morales asociadas a esas aplicaciones médicas. 9. Comprender los términos científicos que les permitan participar de noticias médicas relacionadas con la genética, así como adaptarlas a su lenguaje cotidiano. 10. Entender las leyes, conceptos, teorías, modelos científicos y saber trasladarlos a sus actividades diarias y cotidianas. 11. Desarrollar una opinión reflexiva y crítica sobre los contenidos aprendidos para involucrarse democráticamente en la toma de decisiones. 12. Reflexionar sobre el avance de la ciencia y la tecnología en las sociedades actuales y en la mejora de la calidad de vida.	-La reproducción asistida y sus consecuencias sociales -Aspectos sociales relacionados con la Ingeniería Genética: Bioética genética	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
El objetivo de esta actividad es que los alumnos aprendan los contenidos sobre la reproducción asistida diferenciando entre fecundación in vitro, transferencia de embriones y inseminación artificial (figura 10, Anexo IV). Es una actividad para que aprendan a través de las repercusiones a nivel social. Los alumnos tendrán que trabajar de manera cooperativa en 3 grupos en los que los alumnos parte de una predisposición a favor, en contra y moderadores. Durante dos sesiones tendrán que documentarse con el material que el docente ha preparado y deberán realizar de manera individual un mapa mental (utilizar Cmap tools) en el que se ayuden de imágenes, vídeos o webs para explicar las distintas técnicas que existen de reproducción asistidas, sus características, cuando se realizan y los pasos a seguir para realizarlas. Además, los alumnos tendrán que visualizar la película GATTACA (Niccol, A, 1997) para el posterior debate (sesión 13) que se dará para comentar todas las opiniones y donde el docente comentará términos como los que aparecen en la figura 11 (Anexo IV). Los alumnos van a ser divididos en grupos a favor, en contra y los moderadores. Los grupos a favor y en contra deben argumentar su postura con una presentación Power Point y los moderadores serán aquellos que moderen el debate recogiendo los argumentos más interesantes y redactándolos en un informe que deberán después poner el Moodle del colegio.	CL	X
	CMCT	X
	CD	X
	AA	X
	CSC	X
	SIEP	X
	CEC	X
Anexos 4: Figura 10 Figura 11		
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización

Actividad en grupos cooperativos: Los alumnos son divididos en grupo a favor, en contra y los moderadores. Los grupos serán heterogéneos por género e ideas previas.	Proyector Pizarra Digital Ordenador del docente Tablets con Cmap tools y office instalado Acceso a internet Webs recomendadas: http://www.reproduccion.com.mx/index.html http://www.reproduccion.com.mx/insem.html http://www.todoesterilidad.com/inseminacionartificial1.html http://www.ivi.es/tratamientos/inseminacion.htm Animación de El Mundo: niños probeta, fecundación in vitro. http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2004/01/fiv.html http://es.youtube.com/watch?v=mcuUAnhGtGU&feature=related Ley 14/2006, de 26 de mayo, sobre técnicas de reproducción humana asistida Vigente: http://www.boe.es/g/es/bases_datos/doc.php?coleccion=iberlex&id=2006/09292 Ley de 2006 sobre técnicas de reproducción asistida: http://noticias.juridicas.com/base_datos/Admin/14-2006.html Noticia en El Mundo: http://www.elmundo.es/elmundosalud/2006/02/15/industria/1140024735.html	55 minutos cada sesión. La actividad quizá requiere que tenga que trabajar en casa de manera colectiva o individual.
Instrumentos de evaluación		
- Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 21, Anexo 8). - Observación (régimen habitual): Trabajo Cooperativo, valorándose contenido actitudinal y la participación de los miembros del grupo (Tabla 20, Anexo 7). - Evaluación de actitudes (Puntual): Evaluación por los compañeros que forman el grupo cooperativo (Tabla 22, Anexo 9). - La exposición oral y el debate será evaluado como Observación (régimen habitual): Debates y exposición oral puntuales (Tabla 19, Anexo 6).		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Descripción de la actividad 5

Título de la Unidad Didáctica		Sesión
Actividad de síntesis: ¿Deberíamos clonar las especies en extinción?		14-15
Objetivos	Contenidos	
6. Saber explicar las aplicaciones médicas en la terapia génica como la clonación 7. Analizar los repercusiones sociales y dilemas morales asociadas a esas aplicaciones médicas. 9. Comprender los términos científicos que les permitan participar de noticias médicas relacionadas con la genética, así como adaptarlas a su lenguaje cotidiano. 10. Entender las leyes, conceptos, teorías, modelos científicos y saber trasladarlos a sus actividades diarias y cotidianas. 11. Desarrollar una opinión reflexiva y crítica sobre los contenidos aprendidos para involucrarse democráticamente en la toma de decisiones. 12. Reflexionar sobre el avance de la ciencia y la tecnología en las sociedades actuales y en la mejora de la calidad de vida.	-Usos de la clonación -Aspectos sociales relacionados con la Ingeniería Genética: Bioética genética	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
El objetivo de esta actividad es que los alumnos trabajando de manera cooperativa comprendan la clonación y sus usos, desarrollando una opinión reflexiva y crítica sobre si debería ser una práctica para utilizar en mamíferos y sobre todo en aplicaciones con usos médicos en los humanos. El docente proporcionara los recursos necesarios para su comprensión. Además al inicio de la actividad enfatizará las diferencias entre la clonación terapéutica y la clonación reproductiva (Figura 12, Anexo 5).	CL	X
	CMCT	X
	CD	X
	AA	X
	CSC	X
	SIEP	X

Los alumnos en el grupo cooperativo trabajaran de manera conjunta para comprender los contenidos que el docente les ha dado y para contestar a las preguntas del cuestionario que posteriormente deberán entregar de manera individual (Cuestionario III, Anexo 5).		CEC	X
En la segunda parte de la sesión 15 se realizará un debate con el grupo aula para discutir si sería aceptable clonar especies en extinción Los alumnos previamente habrán visualizado un video sobre la clonación de la oveja Dolly (Figura 13, Anexo 5). Las preguntas que el docente hará al grupo aula serán:		Anexos 5: Figura 12 Cuestionario III Figura 13	
¿Por qué deberíamos o no deberíamos clonar esas especies? - Como la mayoría de los procesos y descubrimientos hoy en día, ¿será un negocio más? ¿Clonarías a tu mascota? ¿Por qué sí? ¿Por qué no?			
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización	
Actividad en grupos cooperativos: 6 grupos de 4-5 alumnos	Proyector Pizarra Digital Ordenador del docente con acceso a internet Tablets con acceso a internet Webs recomendadas: Animación de El Mundo: http://www.elmundo.es/elmundosalud/documentos/2006/04/clonaciones.html Clonación interesante: http://www.ugr.es/~eianez/Biotecnologia/Clonacion.html Qué es la clonación: http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/ Video interesante: http://video.google.es/videoplay?docid=-8026617608996070628&ei=zSGTSYuMCqb8iAKQqC8Cw&q=clonacion&hl=es A ver lo que has aprendido: http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/clickandclone/ http://learn.genetics.utah.edu/content/tech/cloning/cloningornot/ La clonación Dolly http://www.youtube.com/watch?v=OcPdVy7g_Pc&NR=1	55 minutos cada sesión. La actividad quizá requiere que tenga que trabajar en casa de manera colectiva o individual.	
Instrumentos de evaluación			
- Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 21, Anexo 8). - Observación directa (régimen habitual): Trabajo Cooperativo, valorándose contenido actitudinal y la participación de los miembros del grupo (Tabla 20, Anexo 7). - Evaluación de actitudes (Puntual): Evaluación por los compañeros que forman el grupo cooperativo (Tabla 22, Anexo 9). - El debate será evaluado como Observación (régimen habitual): Debates y exposición oral puntuales (Tabla 19, Anexo 6).			

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Descripción de la actividad 6

Título de la Unidad Didáctica		Sesión
Actividad salida del aula: ¿Cómo se puede llegar a ser un científico?		16
Objetivos	Contenidos	
4. Valorar el trabajo de los científicos y científicas en el desarrollo de la ciencia y la tecnología para la mejora de la humanidad. 5. Dar visibilidad a la mujer en la ciencia. Trabajar por la igualdad de género.	Se reforzarán los contenidos aprendidos con una visita fuera del aula y con un enfoque de observación dirigida.	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
	CL	X

El objetivo de esta actividad es que los alumnos conozcan de cerca profesiones relacionadas con la ciencia y la tecnología. Se hará especial énfasis en dar visibilidad a la mujer en ciencia, tanto en puestos de formación como una vez establecidas. Los alumnos conocerán de cerca científicos y desaparecerán estereotipos al respecto. Podrán entablar conversaciones con ellos para conocer directamente como se han desarrollado para llegar a ejercer estas formaciones. Es sin duda una oportunidad para mejorar la motivación de los alumnos por la ciencia y para acercar a su vida cotidiana la labor y actividad de un laboratorio con profesionales. El docente habrá diseñado esta salida con la idea de que sus alumnos tengan la oportunidad de conocer las investigaciones que se desarrollan en un laboratorio, las instalaciones del mismo y dejar tiempo para preguntas y debate. El docente previamente a la salida habrá elaborado unos documentos que dejara en el Moodle del colegio sobre los aspectos más importantes del centro de investigación que van a visitar y sobre la línea de investigación del laboratorio que van a conocer. Idealmente los alumnos una vez en el centro de investigación serán divididos por grupos más pequeños para hacer esta salida más flexible y fluida por las instalaciones. Finalmente el docente les deja un cuestionario con 3 preguntas como tarea para casa y que será el hilo conductor en la última sesión: ¿Qué diferencias y analogías hay entre Marie Curie y Mary Anning? ¿Cuál ha sido el papel de la mujer en la ciencia? ¿Cuál puede ser la razón de que muy pocas mujeres hayan recibido el premio Nobel en ciencia?	CMCT	X
	CD	
	AA	X
	CSC	X
	SIEP	
	CEC	X
Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Centro de investigación en la capital de Madrid Grupo aula, una vez en el centro será divididos en 4 grupos para conocer las instalaciones y hablar con los investigadores en formación y el personal investigador	Documentos al respecto del centro de investigación Resumen sobre la línea de investigación del laboratorio que van a visitar	La visita será para conocer el centro en un día lectivo para los docentes y el personal investigador.
Instrumentos de evaluación		
Revisión del trabajo de clase (régimen habitual): Trabajos puntuales (Tabla 21, Anexo 8).		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Descripción de la actividad 7

Título de la Unidad Didáctica		Sesión
Actividad Conciliación Conceptual, Procedimental y Actitudinal: ¿Qué nos depara el futuro?		17
Objetivos	Contenidos	
Énfasis en todos los objetivos expuestos en el apartado de objetivos específicos pero sobre todo en el 5. Dar visibilidad a la mujer en la ciencia. Trabajar por la igualdad de género. Además de dar una especial motivación a los alumnos a reflexionar que son capaces de llegar hasta donde se propongan.	Conciliación de todos los contenidos aprendidos	
Actividad-Descripción	Competencias Trabajadas	
Durante la salida al centro de investigación los alumnos pueden observar como la brecha del género es más acusada conforme se asciende en la carrera profesional, así como habrán conocido de cerca los problemas que conlleva ser científico en España por reconocimiento y financiación para desarrollar las líneas de investigación y habrán observado de cerca el problema denominado fuga de	CL	X
	CMCT	X
	CD	X
	AA	X

cerebros que es tan acusado en la profesión de los científicos. Por lo tanto y para concluir esta propuesta realizaremos un debate donde hablaremos de las tres preguntas relacionadas con el papel de la mujer en la ciencia que fueron expuestas en la sesión anterior, también se intercambiaran reflexiones e impresiones de la visita al centro de investigación y finalmente el docente planteará cual creen los alumnos que son los grandes retos para los científicos del nuevo milenio.		CSC	X
		SIEP	X
		CEC	X

Si aparecen dudas durante el debate se recurra a buscar en fuentes bibliográficas.

Espacio y agrupamiento	Recursos	Temporalización
Grupo Aula	Proyector Pizarra Digital Ordenador del docente con conexión a internet	55 minutos de la sesión.

Instrumentos de evaluación	
▪	El debate será evaluado como Observación directa (régimen habitual): Debates y exposición oral puntuales (Tabla 19, Anexo 6).

Fuente: Elaboración propia

3.3.7 Recursos

Los recursos necesarios para llevar a cabo la propuesta de intervención vienen recogidos en la siguiente Tabla (Tabla 17)

Tabla 17: Recursos didácticos empleados en la propuesta

Recursos Personales	- Docente de la materia. - Alumnos de 1º de Bachillerato. - Docente de soporte en la salida del aula. - Investigadores del Centro de Investigación.
Materiales	- Libro de Texto para Cultura Científica 1º de Bachillerato, Santilla, 2015. El docente tiene 4 copias del mismo para aquellos alumnos que lo requieran. - Fotocopias material adicional preparado por el docente (conocimientos adicionales, noticias de prensa, legislación, acuerdos de sociedades no gubernamentales)
Recursos TIC	- Ordenador del aula de uso docente - Tablets para cada uno de los alumnos equipadas con software de edición de texto, gráficas y figuras. También otras apps como Cmap Tools - Conexión WIFI de alta velocidad - Páginas web interesantes para cada actividad y descritas en las tablas correspondientes a cada actividad.
Recursos espaciales	- Centro educativo - Centro de Investigaciones Biomédicas

Instrumentos	▪ Pizarra tradicional ▪ Pizarra y Lápices Digitales ▪ Proyector ▪ Tableros para la exposición de los posters ▪ Almacenamiento en la nube (Moodle, Google Drive)
---------------------	---

Fuente: Elaboración propia

3.3.8 Evaluación

En esta propuesta de intervención en la que han sido tratados contenidos del currículo educativo para Bachillerato se debe tener como objetivo conseguir los estándares de aprendizaje determinados por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre y adquirir las competencias establecidas en la Orden ECD/65/2015/, de 21 de enero de 2015. Asimismo, los objetivos generales y específicos para los contenidos del presente TFM deberán ser satisfechos de acuerdo a lo que se establece en este apartado. Por consiguiente, la evaluación implementada será individualizada, integradora, continuada y diferenciada, tendrá un carácter formativo y será un instrumento para la mejora tanto de los procesos de enseñanza como de los de aprendizaje. A lo largo de la propuesta se han desarrollado 17 sesiones con diferentes actividades evaluables para conseguir información tanto cuantitativa como cualitativa del proceso de aprendizaje. Asimismo, se contempla utilizar herramientas de autoevaluación y coevaluación que implique a los alumnos en el mismo proceso de evaluación.

La evaluación durante las actividades se realizará considerando varias técnicas e instrumentos de evaluación como han sido indicadas en cada una de las tablas de las sesiones:

- **Técnica 1: Observación directa (régimen habitual): Debates y exposición oral**, valorándose los contenidos tanto conceptuales, procedimentales y actitudinales observados en las actividades. Esta técnica formaría parte de una evaluación continua y el alumno sabe que esta siendo valorado.
 - **Instrumento:** Escalas de valoración que nos ofrecerán un visionado cuantitativo de acuerdo con la tabla de niveles y del grado de consecución del aspecto observado para cada una de las categorías que van a ser evaluadas: Organización, Comprensión del tema, Estilo de presentación, Uso de hechos y estadísticas, Rebatir, Información.
 - El **criterio de evaluación** mediante esta técnica e instrumento serán: La comunicación oral, actitudes críticas y reflexivas, argumentación científica, alfabetización científica y fuentes de comunicación e información científica.

A su vez se han asignado unos ítems o estándares de aprendizaje (Nivel 1, 2, 3 y 4) para evaluar los distintos criterios de adquisición y estos han sido ponderados obteniéndose de este modo los criterios de calificación (Tabla 19, Anexo 6).

- **Técnica 2: Observación directa** (régimen habitual): **Trabajo Cooperativo**, valorándose contenido actitudinal y la participación de los miembros del grupo. Esta técnica formaría parte de una evaluación continua y el alumno no sabe que esta siendo valorado.

- Instrumento: Escalas de valoración nos ofrecerán un visionado cuantitativo de acuerdo con la tabla de niveles y del grado de consecución del aspecto observado en distintas categorías: Calidad de la fuente, Organización de la información, Plazo de tiempo del grupo, Delegación de responsabilidad, Ideas/Preguntas investigadas, Participación grupal, Calidad de interacción y responsabilidad compartida
- El criterio de evaluación mediante esta técnica e instrumento serán: Calidad y capacidad de trabajo, Compromiso y grado de responsabilidad en el grupo cooperativo. A su vez se han asignado unos ítems o estándares de aprendizaje (Nivel 1, 2, 3 y 4) para evaluar los distintos criterios de adquisición y estos han sido ponderados obteniéndose de este modo los criterios de calificación (Tabla 20, Anexo 7).

- **Técnica 3: Revisión del trabajo de clase** (régimen habitual): **Trabajos puntuales**. Esta técnica englobará la comprensión de los contenidos conceptuales, procedimentales y actitudinales observados en las actividades. Este tipo de técnica formaría parte de una evaluación continua y el alumno sabe que va a ser evaluado.

- Instrumento: Productos obtenidos de las actividades como mapas conceptuales, esquemas, cuestiones breves y realización de dibujos, gráficos y esquemas. Se utilizarán escalas de valoración que ofrecerán un visionado cuantitativo de acuerdo con la tabla de niveles y del grado de consecución del aspecto observado en distintas categorías: Síntesis de la revisión documental, organización de la información, uso de las herramientas tecnológicas, presentación del producto, aportes y conclusiones. Los instrumentos ofrecen información tanto cuantitativa como cualitativa.
- Los criterios de evaluación mediante esta técnica e instrumento serán:

evaluados la capacidad de seleccionar y condensar la información pertinente sobre los contenidos tratados en la tabla 8. A su vez se han asignado unos ítems o estándares de aprendizaje (Nivel 1, 2,3 y 4) para evaluar los distintos criterios de adquisición y estos han sido ponderados obteniéndose de este modo los criterios de calificación (Tabla 21, Anexo 8).

- **Técnica 4: Evaluación de actitudes** (Puntual). Esta técnica se utiliza para evaluar actitudes de aprendizaje de manera cuantitativa. El alumno sabe que esta siendo evaluado por el resto de sus compañeros.
 - **Instrumento: Cuestionario.** Este instrumento se valora la actividad grupal. Los alumnos expresan su opinión y valoración del resto de compañeros de su grupo cooperativo (co-evaluación) y también debe evaluar su papel y grado de implicación dentro del grupo.
 - El **criterio de evaluación** mediante esta técnica e instrumento serán: 1) Establecimientos de acuerdos y normas de grupo, comunicación con el grupo, 2) participación/implicación en el proyecto, 3) valoración de las aportaciones del resto de compañeros y 4) participación en la elaboración del grupo final. A su vez cada indicador o criterio debe ser calificado en una escala de 1 a 5 (1= insatisfactorio y 5= satisfactorio) obteniéndose así los criterios de calificación (Tabla 22, Anexo 9). Una ponderación satisfactoria máxima en todos los indicadores tendrá un valor del 10% sobre el porcentaje final de evaluación de la actividad.

El alumno tras la realización de cada una de las actividades obtendrá una calificación que será proporcional al grado de consecución del rendimiento de sus actividades. Esta calificación seguirá la normativa vigente, así como los acuerdos fijados en la programación didáctica de la asignatura por todos los docentes pertenecientes al departamento de ciencias. Los instrumentos de evaluación utilizados en la propuesta de intervención han sido diseñados a partir de los estándares de aprendizaje determinados por el Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre.

En definitiva, el resultado de los instrumentos de evaluación en la propuesta diseñada contemplará dos escenarios:

- **Calificación positiva**

Cuando el alumno o alumna ha logrado una calificación igual o superior a 5 puntos sobre 10 como resultado de la media ponderada tras aplicar los siguientes criterios;

- Valoración de la participación del alumno en el grupo cooperativo, prestando atención al papel o rol desempeñado en función de sus responsabilidades y a su aportación en el desarrollo del producto final de la actividad. La calificación máxima de este criterio es un 45%.
- Pruebas, proyectos y productos específicos para cada actividad, ya sea pruebas escritas u orales con carácter individual o colectivo. La calificación máxima de este criterio es un 55%.
- Calificación no positiva

Cuando el alumno o la alumna ha logrado una calificación inferior a 5 puntos sobre 10 como resultado de la media ponderada al aplicar los criterios descritos en el párrafo anterior. Solo en este caso se considerará necesario realizar una prueba específica individual por escrito para poder valorar su aprendizaje dentro de una clasificación positiva.

3.4 Evaluación de la propuesta

Al inicio de esta propuesta de intervención se indicaba que el objetivo general es ofrecer a los alumnos una mirada más vanguardista sobre los avances de la genética y sobre todo que sean capaces de entenderla dentro en sus vidas cotidianas enfrentándose con una actitud crítica, reflexiva y ética en la toma de decisiones. Para ello, se han diseñado 7 actividades que se llevarán acabo en 17 sesiones, de las cuales 16 serán en el aula del centro educativo y 1 salida será a un centro de investigación donde los alumnos podrán observar como es la vida del científico y como desarrollan sus actividades profesionales. La materia cultura científica es una materia escogida como opcional específica para las modalidades de Ciencias Sociales y Humanidades, sin embargo, presenta un carácter obligatorio para los alumnos de ciencias, por ello es que el docente debe prever al inicio de la propuesta que quizá debe contextualizar con contenidos adicionales para la comprensión de los objetivos diseñados en cada actividad atendiendo a la diversidad del alumnado que tenga en el aula. Es necesario reflexionar sobre las necesidades individuales que pueda tener cada alumno.

En la presente propuesta la planificación de cada una de las actividades esta diseñada para que el protagonista sea el alumno y el docente sea un guía del proceso de enseñanza y aprendizaje. Predominará el trabajo cooperativo y la gamificación en casi todas las actividades para adquirir los contenidos y objetivos utilizando los recursos que previamente el docente ha programado. Asimismo, se potenciará el método científico para que los alumnos adquieran cualidades de investigadores buscando y seleccionando información, haciéndose preguntas, demostrando ser resolutivo, trabajando en equipo, mostrando una actitud crítica y reflexiva sobre la

información que obtiene y sus pensamientos y actitudes y finalmente haciendo un uso adecuado de las TIC.

Por otra parte, el desarrollo de la evaluación debe ser innovadora centrándose en el esfuerzo realizado por los alumnos en el desarrollo de las actividades, en los productos generados y en las actitudes demostradas. Además, será necesario que los propios alumnos evalúen la propuesta de intervención, siendo recomendable realizarla una vez terminadas todas las sesiones y cercana en el tiempo para que puedan proyectar sus opiniones lo más objetivamente posible. Esta evaluación será realizada con unas encuestas de satisfacción (Cuestionario V, Tabla 18), donde los alumnos reflexionarán sobre el grado de justificación que otorgan a los apartados: ambiente, recursos y desarrollo de la secuencia didáctica y finalmente la actitud del profesor y sugerencias.

A propósito de lo planteado en el marco teórico, la intención de esta propuesta de intervención en la que se ha buscado que predomine el enfoque CTS, es para aumentar la motivación de los alumnos por las materias de ciencias, que como hemos comentado anteriormente es menor del 60% en alumnos de secundaria y además menos del 20% de ellos no saben utilizar los contenidos aprendidos en su vida cotidiana (Sjöber y Schreiner, 2010; MECD, 2016a). Asimismo, los ejemplos publicados y explicados en el presente marco teórico (Martín-Gordillo, 2005; Aznar e Ibañez, 2006) dejan de manifiesto que el uso del enfoque CTS en las materias ciencias muestra el alto grado de aceptación por parte los alumnos de Educación secundaria Obligatoria y Bachillerato. Por lo tanto, es el deseo del autor de esta propuesta que los alumnos muestren actitudes más positivas hacia los grandes descubrimientos que estamos viviendo en ciencia y específicamente en genética, porque un aumento de motivación e interés por las ciencias mejora la alfabetización científica y el aprendizaje significativo de los alumnos.

Finalmente será propuesta una rúbrica de autoevaluación con la cual el docente de la materia podrá conocer de antemano los objetivos y las finalidades de poner en marcha un proyecto innovador basado en el decálogo de la Fundación Telefónica para Proyectos Innovadores (Fundación Telefónica, 2014) (Anexo 10, Tabla 23). Esta rúbrica es una excelente herramienta para conocer como fortalecer las debilidades y amenazas que pudiera tener la propuesta de intervención, debido a que conoceríamos las limitaciones de la propuesta y podrían proponerse soluciones donde aprovechando las oportunidades que brinda la materia de cultura científica acaben consiguiéndose logros satisfactorios.

Tabla 18: Cuestionario V: Evaluación de la propuesta de intervención por parte de los alumnos.

Sexo	Hombre	Mujer									
Indica la dedicación aproximada que has empleado fuera del horario escolar a las actividades											
Menos de 1h	Entre 1-2h	Más de 2h									
Valora el grado de acuerdo o desacuerdo de 1 a 10, dónde 1=completamente en desacuerdo y 10 totalmente de acuerdo											
Tu profesor...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N/A
Expone los conceptos con claridad											
Presenta de forma ordenada y clara todos los contenidos de la propuesta de intervención para poder seguir los contenidos											
Comunica los objetivos de la UD al inicio de la propuesta de intervención											
Responde a las dudas de los alumnos											
Explica la evaluación y los criterios de calificación que van a ser usados											
Evalúa adecuadamente las actividades											
Explica los errores cometidos en las actividades y como corregirlos											
Respeto a todos los alumnos											
Atiende a todos los alumnos											
Expone ejemplos claros para los contenidos de clase											
Usa diferentes soportes y materiales para explicar los contenidos											
Propone diferentes recursos para realizar las actividades											
Motiva a los alumnos a realizar las actividades para comprender mejor el mundo que les rodea.											
Crea un buen ambiente en el aula											
Trata con insistencia el tema de igualdad de genero y el reconocimiento de la mujer en la ciencia											
Utiliza ejemplos relacionados con la vida cotidiana											
Muestra interés porque los alumnos demuestren siempre una actitud reflexiva y crítica con sus decisiones											
Las clases...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N/A
Son interesantes porque explica cosas que estarán relacionadas con la vida tanto en el presente como en el futuro											
Empiezan y terminan a la hora las clases											
Existe integración de procedimientos y actitudes para ser adquiridos junto con los contenidos											

¿Qué recursos utiliza tu profesor?			
Ordenador		Material de laboratorio	
Proyector		Libro de texto	
Pizarra digital		Material para actividades	
Películas		Animaciones	
¿Qué recursos utiliza tu profesor?			
Ordenador		Material de laboratorio	
Proyector		Libro de texto	
Pizarra digital		Material para actividades	
Películas		Animaciones	

Valora las cualidades de tu profesor de 1 a 10, dónde 1=muy deficiente y 10 sobresaliente												
Cualidades	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	N/A	
En mi opinión es un buen profesor												
Me gusta como imparte los conceptos de la propuesta												
Muestra entusiasmo por la asignatura												
Es un experto en los conceptos de esta propuesta												
Utiliza ejemplos útiles para explicar la propuesta que posteriormente los podemos relacionar con nuestra vida cotidiana												
Se comunica de forma clara y fácil de entender												
Nos anima a seguir estudiando ciencias y/o a implicarnos en el conocimiento de cuestiones científicas												

¿Te gustaría que este profesor impartiera otra propuesta?	
Si	No
¿Tienes alguna sugerencia para este profesor?	

Fuente: Elaboración propia

N/A (No aplicable)

4 Conclusiones

El marco teórico de este TFM viene apoyado por referencias bibliográficas donde se demuestran las evidencias que contextualizan los objetivos de este trabajo. Por lo tanto, reflexionando sobre los mismos objetivos que fueron descritos al inicio de este trabajo, podemos exponer las siguientes conclusiones:

1. Respecto al objetivo general de este trabajo final de máster:

- Nuestras sociedades no son ajenas a los avances científicos y tecnológicos en los que nos vemos envueltos. Son diarias las noticias de mejora o aparición de nuevas herramientas genéticas que van a permitir mejorar la calidad de vida y con ello erradicar, prevenir o paliar enfermedades humanas. Por lo tanto, comprender la revolución de la genética en nuestros días debería ser de interés general y es por ello que existe una clara conexión con el enfoque de Ciencia, Tecnología y Sociedad (CTS).
- La materia de Cultura Científica en 1º de Bachillerato proporciona un excelente escenario para abordar diferentes metodologías constructivistas que permitan a los alumnos adquirir los conocimientos y competencias para comprender los avances más vanguardistas de la genética en el nuevo milenio, a partir de propuestas innovadoras y utilizando un enfoque CTS se mejora la motivación de los alumnos por las asignaturas de ciencias.
- Los alumnos de secundaria son los ciudadanos y ciudadanas del futuro, todos ellos deberán tomar decisiones con determinación que conciernan a sus vidas y a su entorno, en consecuencia deben ser educados en cualquier disciplina y materia dentro de un marco de reflexión que los dote con cualidades investigadoras para obtener de la mayor información y conocimiento posible en la toma de decisiones, porque de este modo serán seres autónomos con capacidad para realizar un análisis de sentido crítico y ético ante la resolución de conflictos, problemas o iniciativas .

2. Respecto a los objetivos específicos de este trabajo final de máster:

- El diseño de actividades focalizadas en el método científico dota a los alumnos de herramientas y recursos que favorecen la comprensión y el conocimiento de los contenidos y objetivos curriculares que acontecen a la materia de Cultura Científica para 1º de Bachillerato y por extensión a otras disciplinas.
- La contextualización de los contenidos y hechos relacionados con la genética y en general por la biología, explicados bajo un enfoque CTS, permite desarrollar y obtener un mayor sentido crítico y ético que permite a los alumnos mejorar su alfabetización científica y comprender mejor las cuestiones cotidianas de índole científico y biomédico. Además de favorecer un cambio actitudinal hacia las materias de ciencias.

- Las actividades planteadas utilizando el enfoque CTS tienen como finalidad conseguir los objetivos y competencias para las cuales fueron diseñadas y que son los exigidos a nivel curricular. Esta propuesta de resolución fomenta sobre todo el “aprender a aprender”, donde los alumnos serán los protagonistas de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de herramientas como las TIC que les permitirá adquirir la información que posteriormente analizarán de manera crítica y reflexiva de manera colectiva, para finalmente con capacidad de liderazgo y sentido creativo comunicaran al resto de alumnos generándose un aprendizaje grupal y social. Los conocimientos adquiridos en este tipo de propuestas priorizan el aprendizaje significativo a través de experiencias cotidianas y cercanas.
- La aplicación del enfoque CTS en las aulas mediante el diseño de actividades innovadoras basadas en el trabajo cooperativo y en la adaptación de la gamificación, con el fin de que los alumnos adopten distintos papeles profesionales y de género para resolver problemas, favorece una mejora de la convivencia en el aula y desarrolla un aprecio por el respeto a la diversidad de opiniones, una mayor empatía y tolerancia por las diferencias culturales, políticas o religiosas y finalmente un compromiso por conseguir la igualdad de género para aumentar la visibilidad de las mujeres en el mundo científico. En definitiva, fomenta la educación democrática en valores.
- Las materias científicas enseñadas desde una perspectiva como la planteada en esta propuesta de intervención, genera la búsqueda de conocimiento a través de procedimientos que estimulan el pensamiento teórico vinculándolo a las experiencias cotidianas y reales de los alumnos. En consecuencia, generará mayor interés y motivación por el estudio y comprensión de las ciencias y en definitiva despertará cierta vocación hacia carreras científicas en posteriores estudios académicos.

5 Limitaciones y prospectiva

Una vez descrito y contextualizado este Trabajo de Final de Máster, es imprescindible explorar las posibles limitaciones que presenta en su dimensión más práctica. Destacar que la principal limitación es debido a que dicha propuesta de intervención no ha sido experimentada en un contexto educativo y por lo tanto se desconoce en el marco real los acontecimientos y por tanto las debilidades y limitaciones que se podrían encontrar para su realización, hasta el punto de poder ser inviable su ejecución debido a múltiples circunstancias como las que se detallan a continuación;

- Escaso número de trabajos publicados que demuestren las correctas pautas de diseño y planificación en contextos educativos siguiendo enfoque CTS en materia de genética y de Biología en general. En el marco teórico del presente trabajo se han destacado publicaciones de autores destacados en este campo que contextualizan el papel de este enfoque CTS en educación, su finalidad, así como dos claros ejemplos llevados a la práctica: Martín-Gordillo, 2005 y Aznar e Ibañez, 2006. Sin embargo, no existe bibliografía reciente donde se describan estudios más acordes a los tiempos que vivimos con nuevos descubrimientos biomédicos y en los que se utilice herramientas educativas más actualizadas. El autor de este trabajo confía en que, aunque es cierto lo argumentado, las expectativas son de obtener resultados positivos y enriquecedores con la ejecución de la propuesta, como anteriormente ha sido publicado con propuestas que han utilizado este enfoque CTS.
- Mencionar que es una asignatura específica con carácter obligatorio para aquellos alumnos de la modalidad de ciencias pero con carácter libre de elección para las modalidades de humanidades y ciencias sociales en el centro educativo para el que ha sido diseñada esta propuesta de intervención. Sin embargo, según marca la legislación vigente dentro del Decreto 52/2015, de 21 Mayo, del consejo de Gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo de Bachillerato, es una materia específica que puede ser escogida o no por los alumnos de Bachillerato de cualquier modalidad sin tener un carácter obligatorio. Por lo tanto, es una materia que presenta ciertas peculiaridades como que los alumnos no hayan cursado Biología en 4º de ESO y por lo tanto puede dificultar el progreso de la propuesta de intervención. Por lo contrario, la diversidad del alumnado puede ser una oportunidad para el enriquecimiento de la misma.
- Otra limitación puede venir del mismo diseño de la propuesta de intervención en la que la evaluación de la misma se va hacer de manera innovadora y donde priman los resultados obtenidos de los trabajos cooperativos, la observación directa y las actitudes presentadas por los alumnos. El autor de este trabajo considera que es una asignatura

que ofrece un escenario perfecto para evaluar a los alumnos sin realizar pruebas individuales escritas. Sin embargo, este mismo sistema de evaluación que es la tendencia de las nuevas perspectivas didáctico-pedagógicas para conocer la adquisición de los contenidos y las competencias de los alumnos, puede ser recibido con poca aceptación por los mismos que no están acostumbrados a estos sistemas de evaluación tan abiertos y flexibles.

Finalmente, para concluir este trabajo de TFM vamos a exponer futuras directrices y proyecciones que se abren a partir de este proyecto:

- La utilización del enfoque CTS en el proceso de enseñanza-aprendizaje podría utilizarse en general en otros bloques de esta asignatura como por ejemplo los avances de la biomedicina y además podría ser extrapolado en otras materias como Biología y Geología en 4º de la ESO en el bloque 3 de Ecología y Medio Ambiente en contenidos como los dispuestos en el Real Decreto 1105/2014; “La superpoblación y sus consecuencias: deforestación, sobreexplotación, incendios, etc. La actividad humana y el medio ambiente” o en el bloque 3 de la Evolución de la vida en contenidos como “La Ingeniería Genética: técnicas y aplicaciones. Biotecnología. Bioética”. Estos contenidos ofrecen una temática excepcional para diseñar actividades que sigan una estrategia basada en un enfoque CTS siguiendo el diseño elaborado en la siguiente propuesta.
- Los contenidos abordados en la siguiente propuesta de intervención podrían ser abordados siguiendo otras metodologías activas en las que se utilice estrategias didácticas como el aprendizaje basado en problemas (ABP). Este tipo de metodologías han demostrado resultados muy favorecidos en la adquisición de los contenidos y competencias en el ámbito científico, siendo especialmente popular esta metodología en otras disciplinas como la Física y la Química.
- Finalmente, la implantación del enfoque CTS en un centro educativo suscita ofrecer un nuevo enfoque en los procesos de enseñanza-aprendizaje de los alumnos. En este enfoque se antepone un nuevo objetivo como es la mejora actitudinal de los alumnos en los procesos educativos rompiendo barreras entre las distintas disciplinas. No cabe duda, que su implantación supone un aumento de la motivación y la autoestima de los alumnos y como consecuencia una mejora de los resultados educativos en el centro escolar. En definitiva, el centro educativo colaborará en el gran reto pedagógico de formar a los futuros ciudadanos que ejercerán su deber democrático en la toma de decisiones que afectan a la calidad de vida de la humanidad (Solbes y Vilches, 2004; Acedero et al., 2002; Caamaño, 1995).

6 Referencias bibliográficas

- Acevedo Díaz, J. A., (2004). Reflexiones sobre las finalidades de la enseñanza de las ciencias: Educación científica para la ciudadanía. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, , 3-16.
- Acevedo Díaz, J. A., (1995). Educación tecnológica desde una perspectiva CTS. una breve revisión del tema. *ALAMBIQUE Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 3, 75-84.
- Acevedo Díaz, J. A., (1996a). Cambiando la práctica docente en la enseñanza de las ciencias a través de CTS. *Centro De Altos Estudios Universitarios De La OEI*,
- Acevedo Díaz, J. A., (1996b). La tecnología en las relaciones CTS: Una aproximación al tema. *Enseñanza De Las Ciencias*, 14(1), 35.
- Acevedo Díaz, J. A., (1997). Ciencia, tecnología y sociedad (CTS): Un enfoque innovador para la enseñanza de las ciencias. *Revista De Educación De La Universidad De Granada*, (10), 269-275.
- Acevedo Díaz, J. A., (2000). Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educación secundaria en formación inicial. *Bordón*, 52(1), 5-16.
- Acevedo Díaz, J. A. y Acevedo Romero, P. (2001). Bibliografía sobre educación CTS. una selección desde la perspectiva de la didáctica de las ciencias. *Profesorado*, 26, 131-144.
- Acevedo Romero, P. y Acevedo Díaz, J. A. (2002). Proyectos y materiales curriculares para la educación CTS: Enfoques, estructuras, contenidos y ejemplos. *Bordón*, 54(1).
- Acevedo, J. A., Vázquez, A. y Manassero, M. A. (2002). *El movimiento ciencia, tecnología y sociedad y la enseñanza de las ciencias* . Edición Digital en castellano para la OEI. Conselleria d'Educació i Cultura del Govern de les Illes Balears.
- Adorno, T., (1998). Educación para la emancipación. Ediciones Morata. *Madrid, España*,
- Aikenhead, G., (1994). What is STS science teaching. *STS Education: International Perspectives on Reform*, , 47-59.
- Aikenhead, G. S., (2003). Review of research on humanistic perspectives in science curricula. Paper presented at the *4th Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Research and the Quality of Science Education*. Noordwijkerhout, the Netherlands.
- Aikenhead, G., (2005). Educación ciencia-tecnología-sociedad (CTS) una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, 16(2), 304-315.

- Aldea, C. S. V., (1995). El proyecto genoma humano, sus implicaciones sociales y la biología de bachillerato. *Alambique: Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, (3), 109-115.
- Anguita Virella, F. (2015). *Cultura científica 1º de bachillerato. saber hacer*. Santillana Educación, SL.
- Arteaga Valdés, E., Armada Arteaga, L. y Del Sol Martínez, Jorge Luis. (2016). La enseñanza de las ciencias en el nuevo milenio. retos y sugerencias. *Revista Universidad Y Sociedad*, 8(1), 169-176.
- Avery, O. T., MacLeod, C. M. y McCarty, M. (1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types: Induction of transformation by a desoxyribonucleic acid fraction isolated from pneumococcus type III. *Journal of Experimental Medicine*, 79(2), 137-158.
- Bernal, J. D. (1954). *Science in history: Volume 4: The social sciences: Conclusion*. CA Watts & Company Limited.
- Blanco Hernández, S. M., (2018). Marco común de competencia digital docente. *Revista Iberoamericana De Educación a Distancia*, 21(1), 369-370.
- Blanco, A. V. y Amigo, J. C. (2016). El rol del docente en la era digital. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, 30(2), 103-114.
- Bruner, J. S. (1966). *Toward a theory of instruction*. Cambridge: Harvard University Press.
- Caamaño, A., (2005). Contextualizar la ciencia. una necesidad en el nuevo currículo deficiencias. *Alambique. Didáctica De Las Ciencias Experimentales*, 46, 5-8.
- Campbell, K. H., McWhir, J., Ritchie, W. A. y Wilmut, I. (1996). Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. *Nature*, 380(6569), 64.
- Cesar, P. (2016). *Veinte años del nacimiento de la oveja Dolly*. SlideShare. Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de <https://www.slideshare.net/PabloCesarCambar/veinte-aos-del-nacimiento-de-la-oveja-dolly>
- Corral, Y., Fuentes, N. y Maldonado, C. T. (2007). Contexto socioeducativo y actitud frente a las ciencias naturales en estudiantes de la ETR simón bolívar. *Revista Ciencias De La Educación*, (29), 57-79.
- Correns, C., (1900). Mendels regel uber das verhalten der nachkommenschaft der rasenbastrade. *Berichte D.Deutch.Bot.Ges*, 18, 158-168.

- Couso, D., Jiménez, M. P., López-Ruiz, J., Mans, C., Rodríguez, C., Rodríguez, J. M. y Sanmartí, N. (2011). Informe ENCIENDE: Enseñanza de las ciencias en la didáctica escolar para edades tempranas en España. *Confederación De Sociedades Científicas De España*.
- De Melo Martín, María Inmaculada, (2003). Clonar o no clonar seres humanos: He ahí el dilema. *CTS I: Revista Iberoamericana De Ciencia, Tecnología, Sociedad E Innovación*, (5), 3.
- De Vries, H., (1900). Sur la loi de disionclion des hybrides, CR hehd. *Séances Acad.Sci.130119001845Æ4F, Published*, 26, 243-246.
- Deadman, J. A. y Kelly, P. J. (1978). What do secondary school boys understand about evolution and heredity before they are taught the topics? *Journal of Biological Education*, 12(1), 7-15.
- Decreto 42/2015, de 10 de junio, por el que se regula la ordenación y se establece el currículo del bachillerato en el principado de Asturias. (2015). Boletín Oficial del Principado de Asturias, 149, de 29 de junio de 2015
- Decreto 52/2015, de 21 de mayo, del consejo de gobierno, por el que se establece para la Comunidad de Madrid el currículo del Bachillerato. Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid, 120, de 22 de mayo de 2015.
- Dell Technologies, (2017). The next era of human machine. *Applied Clinical Trials*, 26(4-5), 15.
- Delors, J., Amagi, I., Carneiro, R., Chung, F., Geremek, B., Gorham, W., . . . Savané, K. S. (1997). La educación encierra un tesoro: Informe para la UNESCO de la comisión internacional sobre la educación para el siglo veintiuno.
- Desy, E. A., Peterson, S. A. y Brockman, V. (2011). Gender differences in science-related attitudes and interests among middle school and high school students. *Science Educator*, 20(2), 23-30.
- Díaz Barriga Arceo, F., (2003). Cognición situada y estrategias para el aprendizaje significativo. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 5(2), 1-13.
- ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato. Boletín Oficial Del Estado, 25, de 29 de enero de 2015
- Edmund, N. W. (1994). *The general pattern of the scientific method (SM-14) . Student Edition*. ERIC.

- Edwards, R. G. y Steptoe, P. C. (1978). Birth after the reimplantation of a human embryo. *Lancet*, 2(8085), 366.
- Fernández, I. (2000). *Análisis de las concepciones docentes sobre la actividad científica: Una propuesta de transformación*. Universitat de València.
- Fernández, I., Gil, D., Carrascosa, J., Cachapuz, A. y Praia, J. (2002). Visiones deformadas de la ciencia transmitidas por la enseñanza. *Enseñanza De Las Ciencias*, 20(3), 477-488.
- Fernández, I., Gil-Pérez, D., Valdés, P. y Vilches, A. (2005). ¿Qué visiones de la ciencia y la actividad científica tenemos y transmitimos? *Cómo Promover El Interés Por La Cultura Científica*, , 29-62.
- Furió-Mas, C., Vilches, A., Aranzabal, J. G. y Romo, V. (2001). Finalidades de la enseñanza de las ciencias en la secundaria obligatoria.¿ alfabetización científica o preparación propedéutica? *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 19(3), 365-376.
- Gherab Martín, K. (2009). *Ciencia y cultura en la red*. Madrid: CSIC, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- Gil Pérez, D., Macedo, B., Martínez-Torregrosa, J., Sifredo Barrios, C., Valdés, P. y Vilches Peña, A. (2005). ¿ Cómo promover el interés por la cultura científica? una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años.
- Habermas, J. y Redondo, M. J. (1989). *Teoría de la acción comunicativa: Complementos y estudios previos* Cátedra Madrid.
- Hackling, M. W. y Treagust, D. (1984). Research data necessary for meaningful review of grade ten high school genetics curricula. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(2), 197-209.
- Haley, S. B. y Good, R. G. (1976). Concrete and formal operational thought: Implications for introductory college biology. *The American Biology Teacher*, 38(7), 407-430.
- Hernández, V., Gómez, E., Maltes, L., Quintana, M., Muñoz, F., Toledo, H., . . . Pérez, E. (2011). La actitud hacia la enseñanza y aprendizaje de la ciencia en alumnos de enseñanza básica y media de la provincia de Llanquihue, región de los lagos-chile. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 37(1), 71-83.
- Hickman, F. M., Patrick, J. y Bybee, R. (1987). *Science/technology/society: A framework for curriculum reform in secondary school science and social studies*. ERIC.

- Hodson, D., (1993). In search of a rationale for multicultural science education. *Science Education*, 77(6), 685-711.
- Holland, J. G. y Skinner, B. F. (1961). The analysis of behavior: A program for self-instruction.
- Imbernón Muñoz, F., (2006). Actualidad y nuevos retos de la formación permanente. *Revista Electrónica De Investigación Educativa*, 8(2), 1-11.
- Iñiguez Porras, F. J. (2006). *La enseñanza de la genética: Una propuesta didáctica para la educación secundaria obligatoria desde una perspectiva constructivista*. Universitat de Barcelona.
- Kind, Alexander Y Schnieke, Angelika, (2008). Clonación de mamíferos: Algo más que una simple oveja. *Madrid BBVA*, Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/clonacion-de-mamiferos-algo-mas-que-una-simple-oveja/>
- LaCadena Calero, J. R., (2011). Genética y sociedad. *Discursos.*,
- Lacadena, J. R., (2003). Genética y bioética. *Milenio*, , 14-46.
- Ley orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa. Boletín Oficial Del Estado, 295, de 10 de diciembre de 2013
- Marbà Tallada, A. y Márquez, C. (2010). ¿ Qué opinan los estudiantes de las clases de ciencias? un estudio transversal de sexto de primaria a cuarto de ESO. *Enseñanza De Las Ciencias*, 28(1), 19.
- Mariano Martín Gordillo. (2017). *El enfoque CTS en la enseñanza de la ciencia y la tecnología*.
- Martín Díaz, M. J., (2002). Enseñanza de las ciencias¿ para qué? *REEC: Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 1(2), 1.
- Martín Gordillo, M. (2005). *La vacuna del SIDA: Un caso sobre salud, investigación y derechos sociales*.
- Martínez Aznar, M. M. y Ibañez Orcajo, M. T. (2006). Resolver situaciones problemáticas en genética para modificar las actitudes relacionadas con la ciencia. *Enseñanza De Las Ciencias*, 24(2), 193-206.
- Martínez Aznar, M. y Ibañez Orcajo, T. (2005). Solving problems in genetics. *International Journal of Science Education*, 27(1), 101-121.
- Martínez, E. y Flores, J. (1997). *La popularización de la ciencia y la tecnología: Reflexiones básicas*. Fondo de Cultura Económica USA.

- Mazzitelli, C. y Aparicio, M. (2009). Las actitudes de los alumnos hacia las ciencias naturales, en el marco de las representaciones sociales, y su influencia en el aprendizaje. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 8(1), 193-215.
- Membiela, P., (1995). Ciencia-tecnología-sociedad. *Alambique*, (3), 7-11.
- Membiela, P., (1997). Una revisión del movimiento educativo ciencia-tecnología-sociedad. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 15(1), 51-57.
- Mendel, G., (1866). Versuche über pflanzenhybriden. verhandlungen des naturforschenden vereines in brünn, bd. IV für das jahr 1865. *Abhandlungen*, , 3-47.
- Morata, G., (2008). El siglo del gen. biología molecular y genética. *Fronteras Del Conocimiento*, , 161-170. Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2916245>
- Navarro, M. y Förster, C. (2012). Nivel de alfabetización científica y actitudes hacia la ciencia en estudiantes de secundaria: Comparaciones por sexo y nivel socioeconómico. *Pensamiento Educativo. Revista De Investigación Educativa Latinoamericana*, 49, 1
- Gattaca [motion picture]*. Niccol, A., DeVito, D., Shamberg, M., Sher, S. y Lyon, G. (Directors). (1997).[Video/DVD].
- Oliva-Martínez, J. M. y Acevedo-Díaz, J. A. (2005). La enseñanza de las ciencias en primaria y secundaria hoy. algunas propuestas de futuro. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 2(2), 241-250.
- Perdomo, I. C., (2001). Alfabetismo científico y educación. *Revista Iberoamericana De Educación*.
- Pérez Gómez, Á I., (1998). La cultura escolar en la sociedad neoliberal.
- PISA 2015. programa para la evaluación internacional de los alumnos. informe español*. Madrid: Ministerio de Educación y Ciencia.
- Prensky, M. (2015). *Enseñar a nativos digitales*. Ediciones SM.
- Radford, A. y Bird-Stewart, J. A. (1982). Teaching genetics in schools. *Journal of Biological Education*, 16(3), 177-180.

- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la educación secundaria obligatoria y del bachillerato. Boletín Oficial Del Estado, 3, 3 de enero de 2015
- Real Decreto 1476/2007, de 6 de noviembre, por el que se establece la estructura de bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. En Boletín Oficial del Estado, 266, de 6 de noviembre 2007
- Ríos, E. y Solbes, J. (2007). Las relaciones CTSA en la enseñanza de la tecnología y las ciencias: Una propuesta con resultados. *Revista Electrónica De Enseñanza De Las Ciencias*, 6(1), 32-55.
- Román, M., (2011). Aprender a aprender en la sociedad del conocimiento. *Santiago De Chile: Conocimiento*.
- Rosenthal, D. B., (1989). Two approaches to science-technology-society (STS) education. *Science Education*, 73(5), 581-589.
- Ruiz, R., (2007). El método científico y sus etapas. *Biblioteca Las casas*, 3 (3).
- Salmerón, F., (2018). Diversidad cultural y tolerancia. *Repositorio Digital. Ministerio De Las Culturas, Las Artes Y El Patrimonio*. Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de <http://repositorio.cultura.gob.cl/handle/123456789/1721>
- Sarwar, M., Naz, A. y Noreen, G. (2011). Attitudes toward science among school students of different nations: A review study. *Journal of College Teaching & Learning (TLC)*, 8(2).
- Shayer, M. y Wharry, D. (1974). Piaget in the classroom. part I: Testing a whole class at the same time. *School Science Review*, 55(192), 447-458.
- Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2010). The ROSE project: An overview and key findings. *Oslo: University of Oslo*, , 1-31.
- Smith, S. F., (1980). A learning system based on genetic adaptive algorithms.
- Solbes, J., Montserrat, R. y Más, C. F. (2007). Desinterés del alumnado hacia el aprendizaje de la ciencia: Implicaciones en su enseñanza. *Didáctica De Las Ciencias Experimentales Y Sociales*, (21), 91-117.
- Solbes, J. y Vilches, A. (2004). Papel de las relaciones entre ciencia, tecnología, sociedad y ambiente en la formación ciudadana. *Enseñanza De Las Ciencias: Revista De Investigación Y Experiencias Didácticas*, 22(3), 337-347.

- Stephoe, P. C. y Edwards, R. G. (1978). Birth after reimplantation of a human embryo. *Lancet*, 2(8085), 366.
- Telefónica, F., (2014). Decálogo de un proyecto innovador. *Fundación Telefónica. Área De Innovación Educativa: Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de [Http://Www.fundaciontelefonica.Com/Arte_cultura/Publicacioneslistado/Pagina-Itempublicaciones/Itempubli/341](http://www.fundaciontelefonica.com/Arte_cultura/Publicacioneslistado/Pagina-Itempublicaciones/Itempubli/341)*
- Tschermak, E. (1900). *Über künstliche kreuzung bei pisum sativum* E. Tschermak.
- Vazquez Alonso, Á y Manassero Mas, M. A. (2000). Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria De Formación Del Profesorado*, (37), 187-208.
- Vázquez, A., (1999). Innovando la enseñanza de las ciencias: El movimiento ciencia-tecnología-sociedad. *Revista Del Col·Legi Oficial De Doctors i Llicenciats De Balears*, 8, 25-35.
- Vázquez, A. y Manassero, M. A. (1997). Actitudes y valores relacionados con la ciencia, la tecnología y la sociedad en alumnado y profesorado. implicaciones para la educación de las actitudes. *Memoria De Investigación. Ministerio De Educación Y Cultura*.
- Vila Merino, E., (2009). Educar para la tolerancia, educar para la convivencia. *Espiral. Cuadernos Del Profesorado*, 2(4), 43-47.
- Villafuerte, L. P., Serrato, A. R. G. y Zavala, G. (2015). Actitudes hacia la ciencia de estudiantes de educación preuniversitaria del centro de México. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 12(3), 475-490.
- Waks, L. J., (1996). Las relaciones escuela-comunidad y su influencia en la educación en valores en CTS. *Para Comprender Ciencia, Tecnología Y Sociedad*, 35-47.
- Walker, L. J., (1980). Cognitive and perspective-taking prerequisites for moral development. *Child Development*, , 131-139.
- Warnock, M., (2011). , "Ética y embriología", en valores y ética para el siglo XXI. Recuperado el 6 de diciembre de 2019 de <https://www.bbvaopenmind.com/articulos/etica-y-embriologia/>
- Watson, J. D. y Crick, F. (1953). A structure for deoxyribose nucleic acid.
- Zilberstein, J. y Portela, R. (2002). Una concepción desarrolladora de la motivación y el aprendizaje de las ciencias. *La Habana: Editorial Pueblo Y Educación*.
- Ziman, J. M. (1980). *Teaching and learning about science and society* Cambridge University Press.

7 Anexos

7.1 Anexo 1

El Dogma de la Biología Molecular

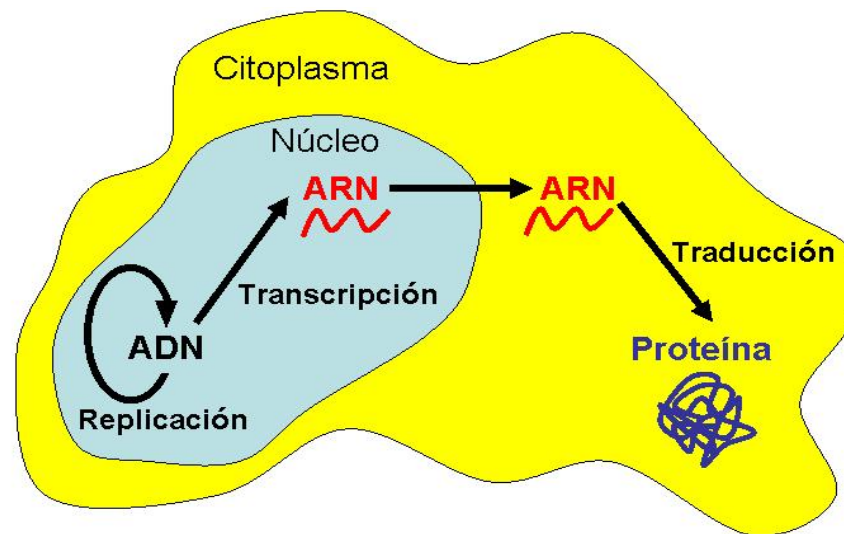


Figura 4: El Dogma de la Biología Molecular (Fuente: Cultura Científica, 1º Bachillerato, Santilla, 2015).

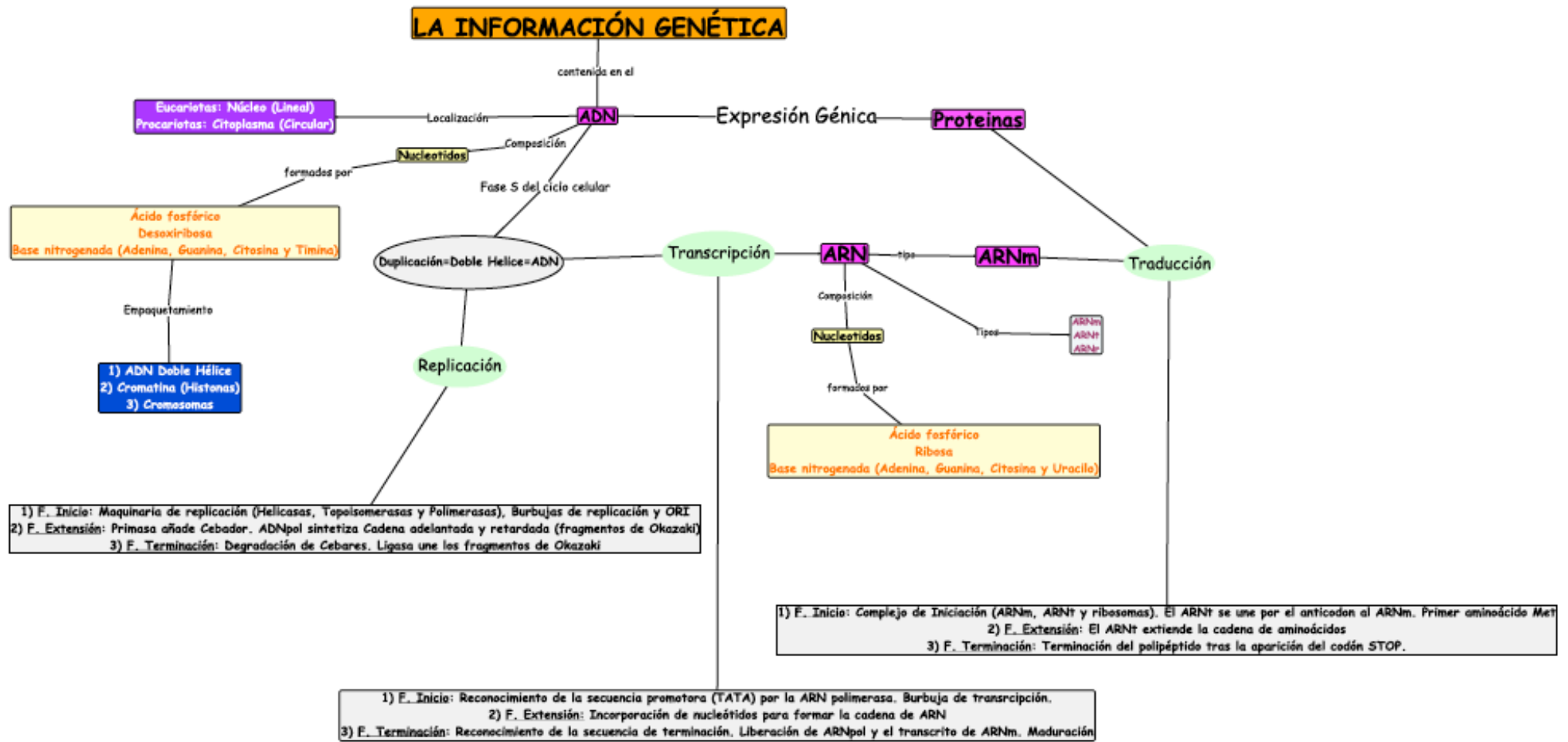


Figura 5: Mapa conceptual de la información genética (Fuente: Elaboración propia).

ESCRIBE LA SECUENCIA GENÉTICA CORRESPONDIENTE PARA CADA PROCESO CELULAR

CADENA DE ADN (5'→3')

t	t	c	c	t	g	c	c	c	a	t	g	g	a	g	a	c	c	c	a	c	c	t	g	c	c	c	c	g	g
a	c	c	g	c	c	c	a	c	t	t	c	g	t	g	c	c	c	t	a	c	c	t	g	c	g	g	c	a	c
c	t	g	t	t	c	c	c	c	a	a	g	t	c	c	c	g	g	t	g	g	c	a	c	c	t	g	c	a	c
a	c	c	g	c	c	c	c	g	t	g	c	a	c	c	c	g	c	c	t	c	c	g	c	c	c	c	a	g	
g	a	c	g	a	g	t	t	c	t	g	g	c	c	c	t	g	a	c	c	g	c	c	c	c	c	t	c	c	
a	c	c	c	c	c	t	a	a																					

CADENA DE ADN (3'→5') (REPLICACIÓN)

CADENA DE ARNm (TRANSCRIPCIÓN)

PROTEINA (TRADUCCIÓN)

Figura 6: Determinar la secuencia genética para cada proceso celular (Fuente: Elaboración propia).

La Historia de la Genética

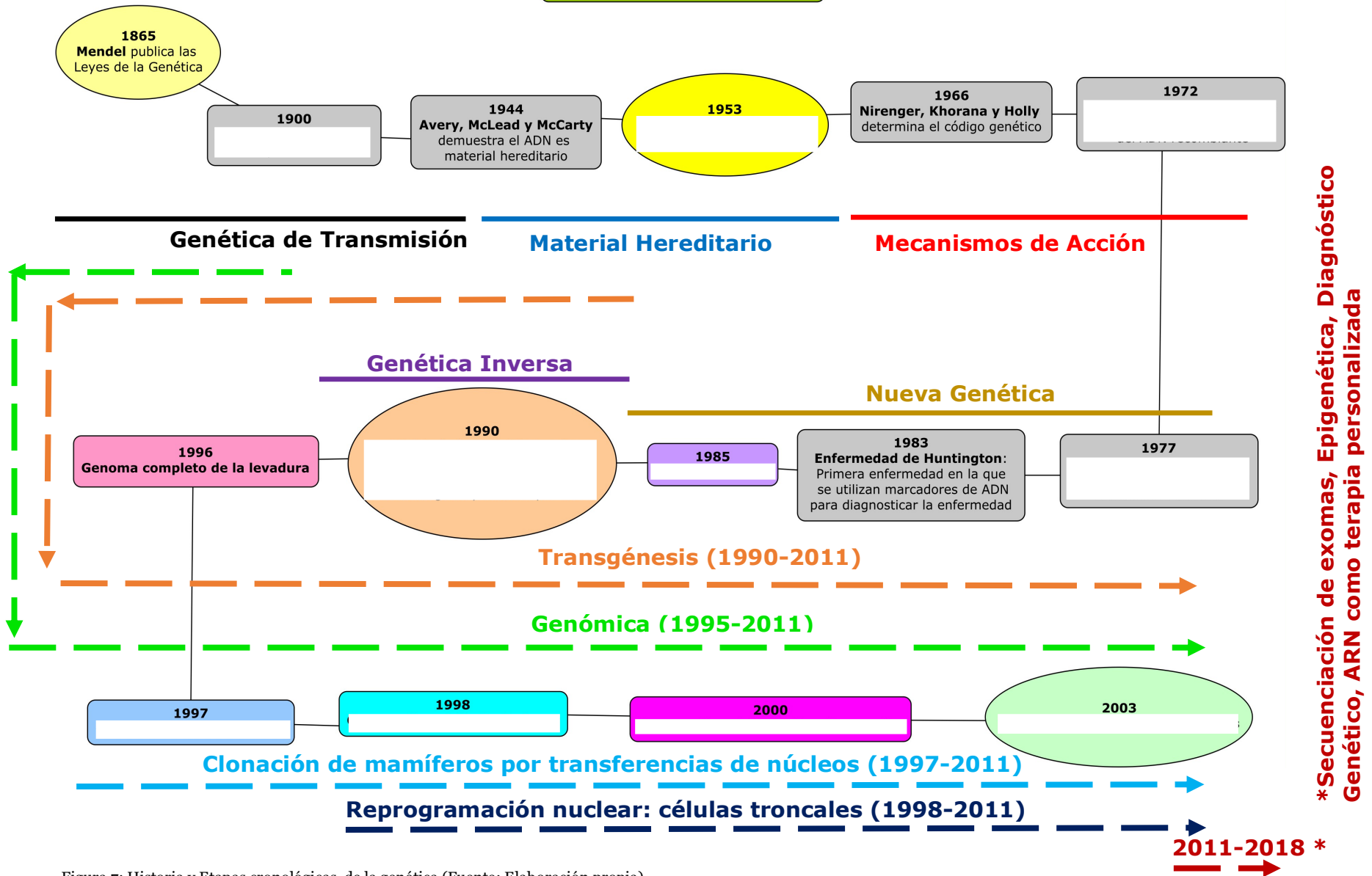


Figura 7: Historia y Etapas cronológicas de la genética (Fuente: Elaboración propia)

7.2 Anexo 2

Cuestionario I

- a) Explicar en 5-10 líneas la etapa cronológica
- b) Citar los avances genéticos de la etapa
- c) Describir las aplicaciones médicas, agrícolas o ganaderas que ha percibido la sociedad
- d) Los principales científicos de la etapa
- e) ¿De qué trata el Proyecto Genoma Humano?
- f) ¿Cuándo se inició el PGH? Haz una línea de tiempo de sus principales acontecimientos.
- g) ¿Cuáles fueron sus objetivos del PGH? Describe el tamaño aproximado del genoma de los organismos secuenciados.
- h) ¿Qué empresas estaban implicadas en el PGH?
- i) ¿Qué tipos de mapas se realizan en este PGH?
- j) ¿Cuáles pueden ser sus aplicaciones actuales una vez conocida toda la información?
- q) Indica algunas de las posibilidades futuras que puede ofrecer el conocimiento del genoma humano

7.3 Anexo 3

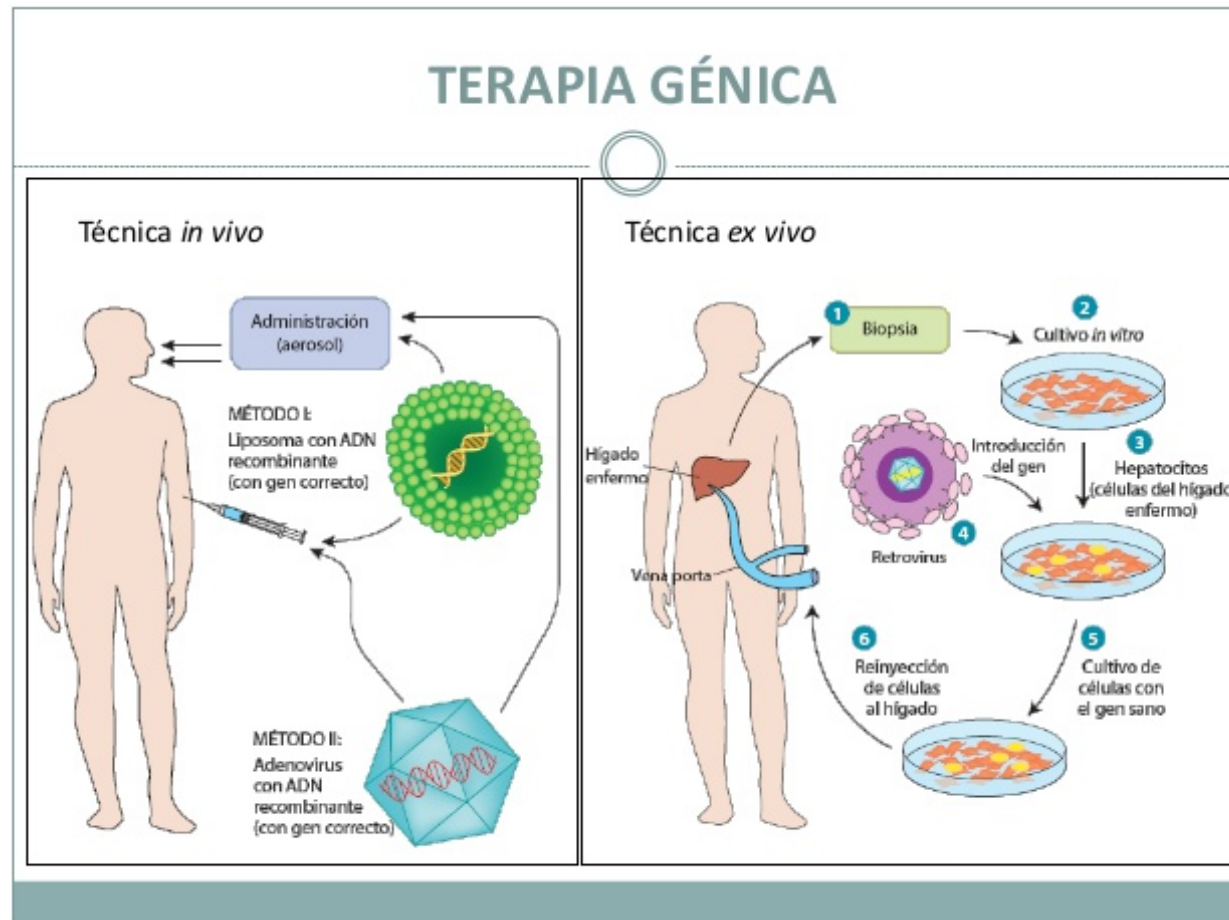


Figura 8: Tipos de terapia génica: Técnica *in vivo* y Técnica *ex vivo* (Fuente: Cultura Científica, 1º Bachillerato, Santilla, 2015)

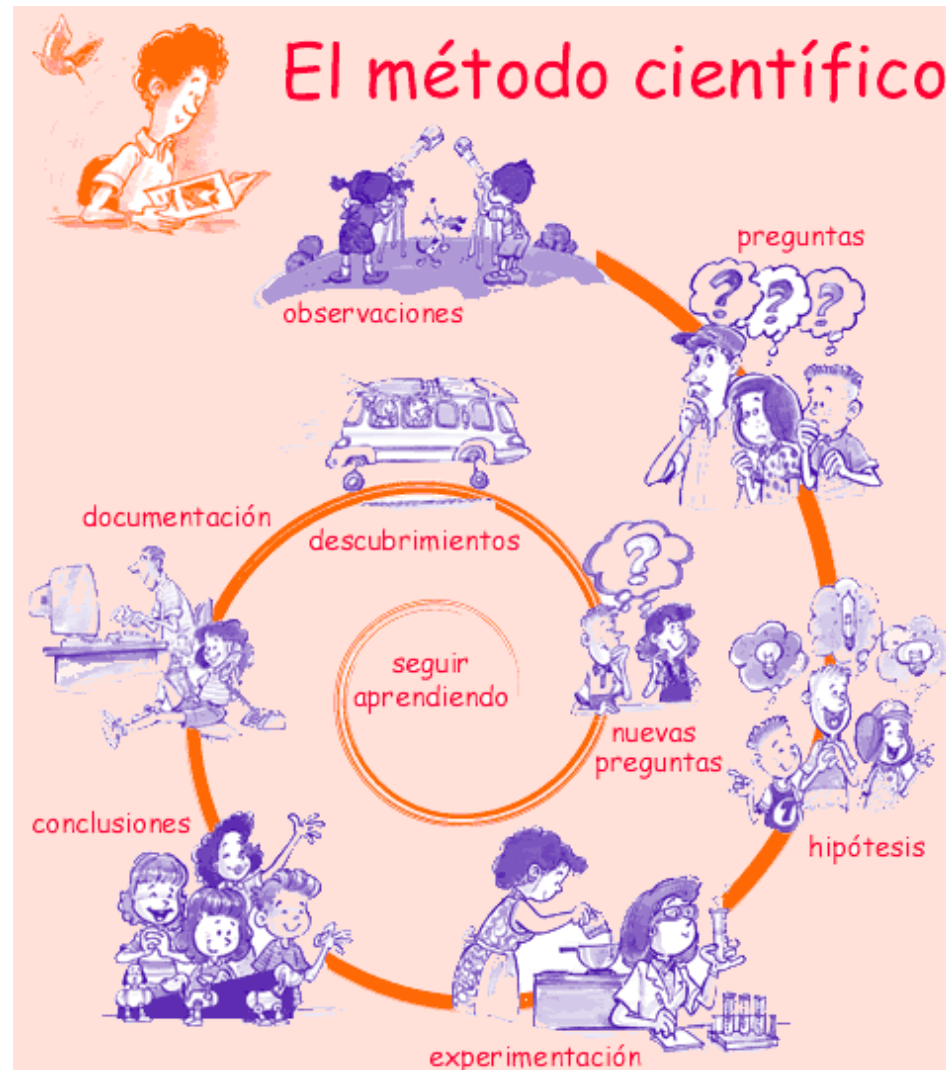


Figura 9: Etapas del método científico (Fuente: Autor desconocido)

Cuestionario II

1. Explicar la enfermedad; síntomas, causas, personas afectadas, tratamiento, perspectivas de vida
2. ¿Qué gen es responsable de la enfermedad?
3. ¿Podría aplicarse una terapia génica? ¿Qué tipo de terapia génica?
4. ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes de aplicar un tipo u otro de terapia?
5. ¿Qué tipo de curación tendrían los afectados; completa o parcial?
6. ¿Dónde y quienes están llevando a cabo esta investigación?
7. ¿Es una investigación desarrollada con fondos públicos o privados?
8. ¿Puede fabricarse un tratamiento farmacéutico? ¿Una vacuna contra las enfermedades?
9. ¿Pueden existir rechazo en la terapia génica?
10. ¿Plantea problemas sociales y éticos los tratamientos de estas enfermedades?
11. ¿Existe aprobación para el tratamiento de terapias génica en la enfermedad de estudio por parte de los organismos legislativos?
12. ¿Qué nivel de riesgo para la salud de las personas sería aceptable con el fin de conseguir un tratamiento para la enfermedad?

7.4 Anexo 4

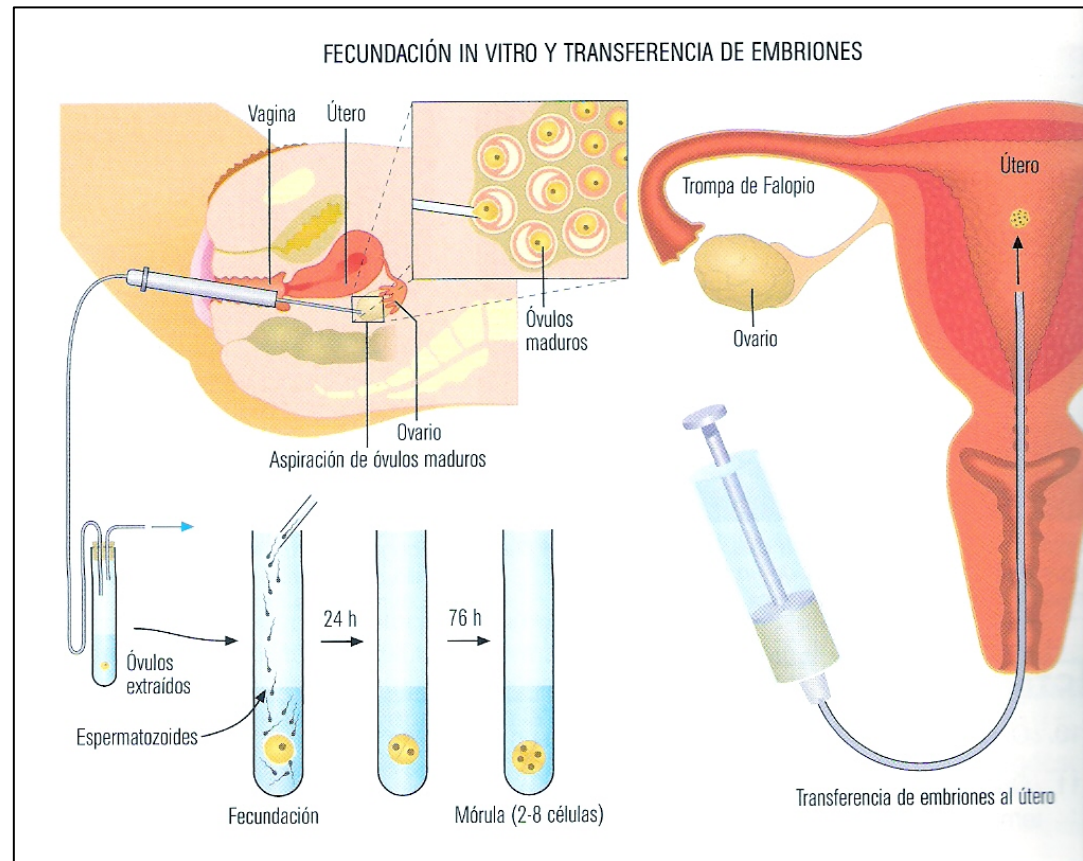


Figura 10: Diferencias entre fecundación in vitro y transferencia de embriones o inseminación artificial (Fuente: Autor desconocido).

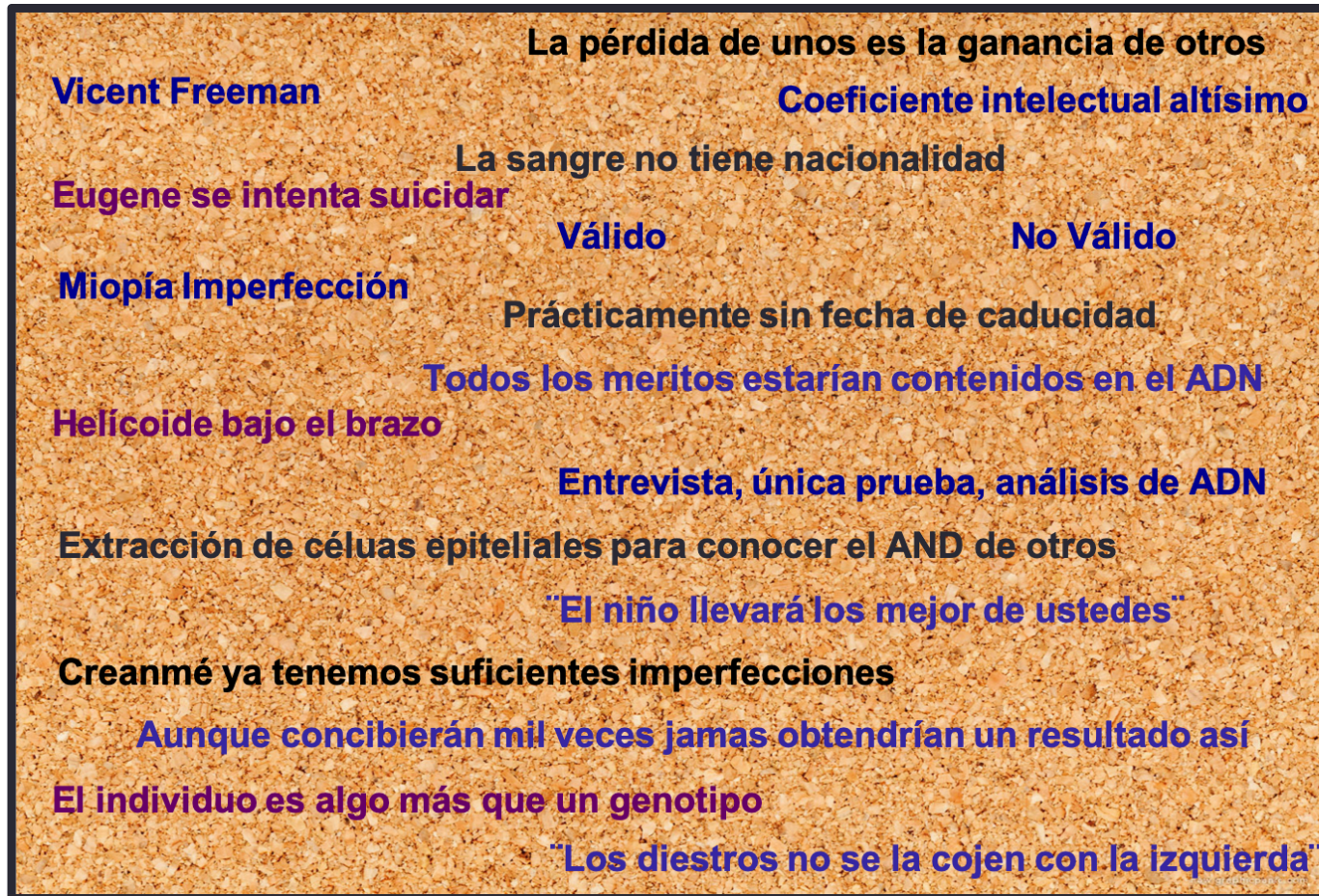


Figura 11: Términos o aspectos de la película GATTACA para comentar en el debate (Fuente: Elaboración propia).

7.5 Anexo 5

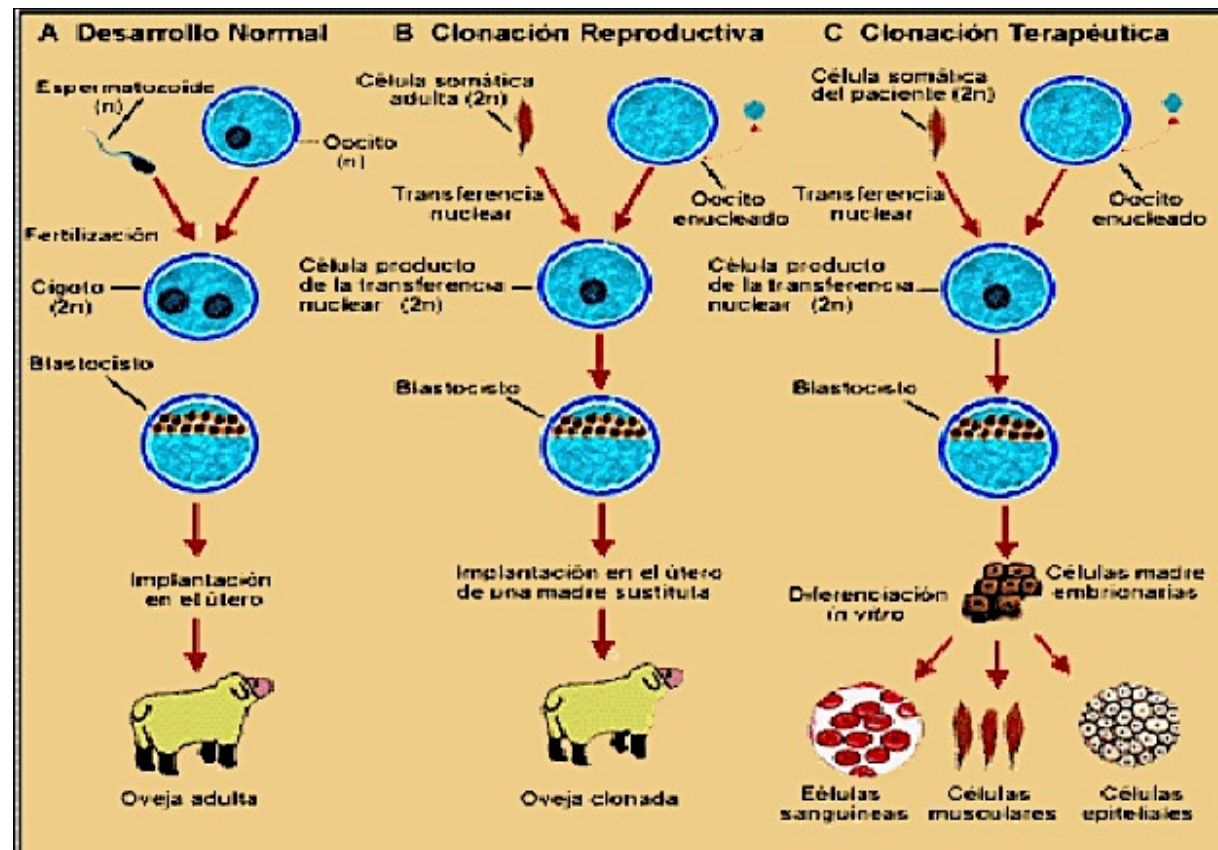


Figura 12: Comparación de los distintos tipos de clonación (Fuente: Autor desconocido).

Cuestionario III

1. ¿En qué consiste la clonación?
2. ¿Qué diferencia existe entre clonación reproductiva y clonación terapéutica?
3. ¿Existe alguna posibilidad de clonar tejidos sin tener que crear y destruir un embrión?
4. ¿Qué argumentos se exponen en contra de la clonación humana en las distintas fuentes bibliográficas consultadas?
5. ¿Cuál es tu opinión personal sobre el tema?

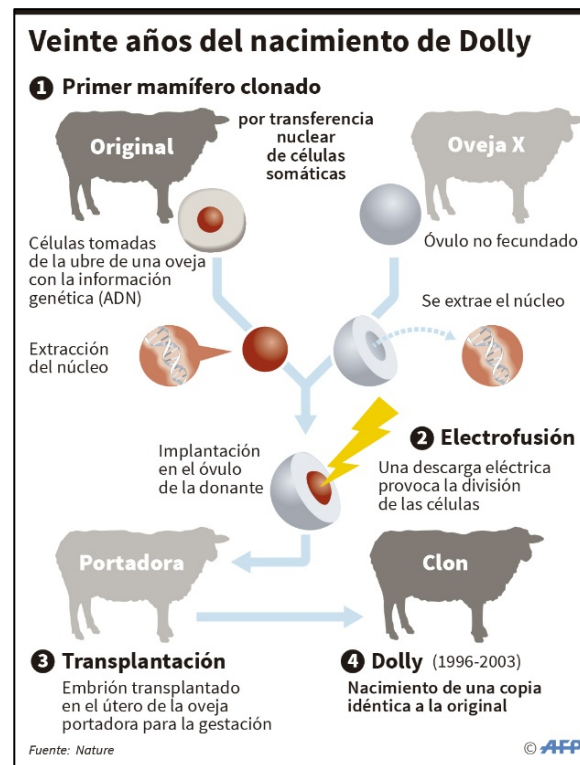


Figura 13: Diseño del nacimiento de Dolly (Fuente: Cesar, P. 2016).

7.6 Anexo 6

Tabla 19: Rúbrica de Observación; Debates y Exposiciones Orales

Técnica e Instrumentos	Criterios de evaluación	Categoría	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
Observación: Debates y exposiciones orales	Comunicación oral, actitudes críticas y reflexivas, argumentación científica, alfabetización científica y fuentes de comunicación e información científica	Organización Método científico	Todos los argumentos fueron vinculados a una idea principal (premisa) y fueron organizados de manera lógica siguiendo el método científico.	La mayoría de los argumentos fueron claramente vinculados a una idea principal (premisa) y fueron organizados de manera lógica siguiendo parcialmente el método científico	Todos los argumentos fueron claramente vinculados a una idea principal (premisa), pero la organización no fue, algunas veces, ni clara ni lógica. Además no se apoya en el método científico	Los argumentos no fueron claramente vinculados a una idea principal (premisa). No conoce el método científico.
		Comprensión del tema	El equipo claramente entendió el tema a profundidad y presentó su información enérgica y convincentemente.	El equipo claramente entendió el tema a profundidad y presentó su información con facilidad.	El equipo parecía entender los puntos principales del tema y los presentó con facilidad.	El equipo no demostró un adecuado entendimiento del tema.
		Estilo de presentación	El equipo consistentemente usó gestos, contacto visual, tono de voz y un nivel de entusiasmo en una forma que mantuvo la atención de la audiencia.	El equipo por lo general usó gestos, contacto visual, tono de voz y un nivel de entusiasmo en una forma que mantuvo la atención de la audiencia.	El equipo algunas veces usó gestos, contacto visual, tono de voz y un nivel de entusiasmo en una forma que mantuvo la atención de la audiencia.	Uno o más de los miembros del equipo tuvieron un estilo de presentación que no mantuvo la atención de la audiencia.
		Uso de hechos/estadísticas	Cada punto principal estuvo bien apoyado con varios hechos relevantes, estadísticas y/o ejemplos.	Cada punto principal estuvo adecuadamente apoyado con hechos relevantes, estadísticas y/o ejemplos.	Cada punto principal estuvo adecuadamente apoyado con hechos, estadísticas y/o ejemplos, pero la relevancia de algunos fue dudosa.	Ningún punto principal fue apoyado.
		Rebatir	Todos los contra-argumentos fueron precisos, relevantes y fuertes.	La mayoría de los contra-argumentos fueron precisos, relevantes y fuertes.	La mayoría de los contra-argumentos fueron precisos y relevantes, pero algunos fueron débiles.	Los contra-argumentos no fueron precisos y/o relevantes.

		Información	Toda la información presentada en el debate fue clara, precisa y minuciosa.	La mayor parte de la información en el debate fue clara, precisa y minuciosa.	La mayor parte de la información en el debate fue presentada en forma clara y precisa, pero no fue siempre minuciosa.	La información tiene varios errores; no fue siempre clara.
		Ponderación	15%	10%	7,5%	0%

Fuente: Elaboración propia

7.7 Anexo 7

Tabla 20: Rúbrica de Observación Directa; Trabajo Cooperativo

Técnica e Instrumentos	Criterios de evaluación	Categoría	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
Observación: Trabajo cooperativo	Calidad y capacidad de trabajo, Compromiso y responsabilidad en el grupo cooperativo	Calidad de las fuentes	Los alumnos identifican por lo menos 2 fuentes confiables e interesantes de información para cada una de sus ideas o preguntas	Los alumnos identifican por lo menos 2 fuentes confiables de información para cada una de sus ideas o preguntas	Los alumnos, con ayuda de un adulto, identifican por lo menos 2 fuentes confiables de información para cada una de sus ideas o preguntas	Los alumnos, con bastante ayuda de un adulto, identifican por lo menos 2 fuentes confiables de información para cada una de sus ideas o preguntas.
		Organización de la información	Los estudiantes tienen desarrollado un plan claro para organizar la información conforme ésta va siendo reunida. Todos los estudiantes pueden explicar el plan de organización de los descubrimientos investigados.	Los estudiantes tienen desarrollado un plan claro para organizar la información al final de la investigación. Todos los estudiantes pueden explicar este plan	Los estudiantes tienen desarrollado un plan claro para organizar la información conforme ésta va siendo reunida. Todos los estudiantes pueden explicar la mayor parte de este plan	Los estudiantes no tienen un plan claro para organizar la información y/o los estudiantes no pueden explicar su plan.

Plazo de tiempo del grupo	El grupo desarrolla un plazo de tiempo razonable y completo describiendo cuándo las diferentes partes del trabajo (por ejemplo, planeación, investigación, primer borrador, borrador final) estarían terminadas. Todos los estudiantes en el grupo pueden describir el plazo de tiempo usado.	El grupo desarrolla un plazo de tiempo que describe cuándo la mayoría de las partes estarían terminadas. Todos los estudiantes en el grupo pueden describir el plazo de tiempo usado.	El grupo desarrolla un plazo de tiempo que describe cuándo la mayoría de las partes estarían terminadas. La mayoría de los estudiantes en el grupo pueden describir el plazo de tiempo usado.	El grupo necesita la ayuda de un adulto para desarrollar un plazo de tiempo y/o varios estudiantes en el grupo no saben qué plazo de tiempo fue usado
Delegación de responsabilidad	Cada estudiante en el grupo puede explicar que información es necesaria para el grupo y qué información él o ella es responsable de localizar y cuándo es necesaria.	Cada estudiante en el grupo puede explicar qué información él o ella es responsable de localizar	Cada estudiante en el grupo puede, con la ayuda de sus compañeros, explicar qué información él o ella es responsable de localizar.	Uno o más estudiantes en el grupo no pueden explicar qué información ellos son responsables de localizar.
Ideas/Preguntas investigadas	Los alumnos identifican por lo menos 4 ideas/preguntas razonables, perspicaces y creativas a seguir cuando hacen la investigación.	Los alumnos identifican por lo menos 4 ideas/preguntas razonables a seguir cuando hacen la investigación	Los alumnos identifican, con la ayuda de un adulto, por lo menos 4 ideas/preguntas razonables a seguir cuando hacen la investigación.	Los alumnos identifican, con bastante ayuda de un adulto, 4 ideas/preguntas razonables a seguir cuando hacen la investigación.
Participación grupal	Todos los miembros participan de forma activa.	Al menos 3 de los 4 alumnos participa de forma activa.	La mitad de los miembros participa de forma activa.	No hay participación activa de los miembros del grupo.
Calidad de la interacción	La calidad de interacción es alta, los roles están bien ejecutados, hay liderazgo y escucha	Hay interacción entre los miembros de forma regular, se originan discusiones y momentos de escucha	La interacción es en momentos puntuales y hay momentos de tensión en el grupo	No existe interacción entre los miembros cada uno trabaja de forma individual sin compartir ideas

			activa de opiniones y puntos de vista	activa pero no es permanente.		
		Responsabilidad compartida	La responsabilidad esta bien definida y todos trabajan por igual	La mayor parte del grupo asume su parte de responsabilidad y la mayoría trabajan por igual	Solo la mitad del grupo asume la responsabilidad y el trabajo del grupo.	Solo hay un miembro que asume la responsabilidad y trabajo del grupo
		Ponderación	15%	10%	7,5%	0%

Fuente: Elaboración propia

7.8 Anexo 8

Tabla 21: Rúbrica de Revisión del Trabajo en clase y Productos

Técnica e Instrumentos	Criterios de evaluación	Categoría	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
Revisión del trabajo en clase y los productos generados	capacidad de seleccionar y condensar la información pertinente sobre los contenidos tratados	Síntesis de la revisión documental	Expresa ideas de forma clara y precisa empleando siempre un vocabulario adecuado de forma escrita.	Expresa ideas de forma razonable y emplea casi siempre un vocabulario adecuado de forma escrita.	Expresa algunas ideas de forma desorganizada y sólo emplea en ocasiones un vocabulario adecuado de forma escrita.	No expresa ideas de forma clara y precisa ni con el vocabulario adecuado de forma escrita.
		Organización de la información	Indica claramente los componentes principales de los contenidos tratados, así como las características de cada uno de ellos. Organiza la información de forma entendible, identificando todas las peculiaridades.	Indica casi todos los componentes principales de los procesos de los contenidos tratados, así como casi todas las características de cada uno de ellos. Organiza la información de forma entendible pero no identifica peculiaridades de los procesos.	Identifica pocos componentes principales de los procesos de los contenidos tratados, así como pocas características de cada uno de ellos. Organiza confusamente la información.	No indica ningún componente principal de los procesos tratados, ni ninguna de las características de cada uno de ellos. No organiza la información de forma entendible.
		Uso de las herramientas tecnológica	Sabe buscar información online de forma adecuada y presenta una visión crítica sobre los contenidos encontrados.	Sabe buscar información online aunque no siempre presenta una visión crítica sobre los contenidos encontrados.	Algunas veces busca información online y ocasionalmente presenta una visión crítica sobre los contenidos encontrados.	No sabe buscar información online de forma adecuada y no presenta una visión crítica sobre los contenidos encontrados.
		Presentación del producto	El producto presenta la totalidad de los requerimientos que la tarea propone.	El producto presenta la mayoría de requerimientos que la tarea propone.	Parcialmente los requerimientos de la tarea se desarrollan el producto.	Muchos de los requerimientos de la tarea no están presentes en el producto .

		Aportes y conclusiones	Las conclusiones y aportes personales quedan consignados a lo largo del producto elaborado.	El producto presenta conclusiones y aportes personales	Parcialmente en el producto sustenta conclusiones y aportes personales	Las conclusiones propuestas no están sustentadas en el producto
		Ponderación	55%	36,6%	27,5%	0%

Fuente: Elaboración propia

7.9 Anexo 9

Tabla 22: Cuestionario IV: Evaluación de Actitudes

Nombre de quien realiza la evaluación	Nombre del compañero evaluado	Establecimiento de acuerdos y normas en el grupo	Comunicación con el grupo	Participación/ implicación en el proyecto	Valoración de las aportaciones del resto de compañeros	Participación en la elaboración del documento final

Fuente: Apuntes del Máster de Formación de Profesorado, Unir

Nota: Una ponderación satisfactoria máxima en todos los indicadores tendrá un valor del 10% sobre el porcentaje final de evaluación de la actividad.

7.10 Anexo 10

Tabla 23: Rúbrica de autoevaluación por parte de docente

Categoría	Nivel 4	Nivel 3	Nivel 2	Nivel 1
Experiencia de aprendizaje Vital	Se ofrece a los usuarios una experiencia vital de aprendizaje orientada al logro de la mejora real en sus vidas.	La formación de los usuarios se focaliza en las competencias para la vida, a partir de la realización de actividades de aprendizaje sobre experiencias reales y auténticas.	Se incorpora alguna actividad de aprendizaje, más allá de la adquisición instrumental de conocimientos o habilidades concretas.	El enfoque radical únicamente en la adquisición de conocimientos o habilidades instrumentales de aprendizaje.
Metodologías activas de aprendizaje	El aprendizaje práctico y experiencial del alumno es central. Formación autónoma y en grupo donde el formador es facilitador del proceso.	Se potencia que el usuario experimente actividades de aprendizaje autónomo. El formador será un facilitador del proceso.	Se incorpora metodologías en el que el formador propone al usuario algunas oportunidades de aprendizaje autónomo.	Predominan las metodologías de aprendizaje transmisoras, en el que el rol de usuario es de mero receptor, no agente activo de su propio proceso de aprendizaje.
Aprendizaje más allá del aula	El usuario puede construir su propio espacio de aprendizaje, conectando contextos formales e informales, curriculares y extra curriculares.	Se abordan actividades formativas en la que se conectan los aprendizajes formales e informales, curriculares y extracurriculares.	Se desarrollan alguna actividad formativa externa al currículo formal.	Únicamente se contemplan los aprendizajes curriculares impartidos en las aulas del centro educativo.
Experiencia de aprendizaje cooperativo	Predomina la formación en competencias relacionadas con el trabajo en equipo y la gestión de tareas de forma cooperativa con agentes internos y externos al grupo con metodologías inclusivas.	La actividad principal se centra en el desarrollo de dinámicas relacionadas con el trabajo en equipo y la gestión de tareas de forma cooperativa.	Se incorpora alguna actividad de aprendizaje en la que los usuarios deben trabajar en equipo.	No existen actividades formativas que fomenten el trabajo en equipo y la colaboración entre los usuarios.
Aprendizaje C21	El aprendizaje se centra en exclusiva en C21 facilitando al usuario estrategias y rutinas de pensamiento que lo formen en procesos prácticos de metacognición.	La competencia en c21 es esencial, en especial la competencia “aprender a aprender” como herramienta para el crecimiento personal de la vida.	Se incorpora el aprendizaje de algunas c21 entre los usuarios.	No se contemplan aprendizajes relacionados con la adquisición de las c21, especialmente de la competencia de “aprender a aprender”.
Experiencia de aprendizaje auténtica	El usuario se forma en la gestión y evaluación de la competencia emocional y en valores, a partir de la	El usuario se forma en la gestión de la competencia emocional a partir de la realización de actividades	Se incorpora alguna actividad aislada relacionada con la gestión de la competencia emocional del usuario.	No existe actividades formativas relacionadas con la gestión de la competencia emocional del usuario.

	realización de actividades significativas y vitales relacionadas con su entorno físico y humano.	significativas relacionadas con su entorno físico y humano.		
La evaluación como herramienta de aprendizaje	Se propone al usuario la realización de actividades de aprendizaje basadas en instrumentos prácticos de autoevaluación, coevaluación y hetero-evaluación, a partir de rúbricas, escalas, y registro de desempeño competenciales.	Actividades prácticas frecuentes para que el usuario pueda autoevaluar su progreso de aprendizaje según los objetivos previstos	Se realizan actividades puntuales para que el usuario tenga referencia sobre los objetivos de aprendizaje que se le propone alcanzar.	No se desarrollan actividades explícitas para que el usuario conozca los objetivos alcanzables de aprendizaje, experimentando así con procesos de evaluación como parte de su proceso de aprendizaje
Experiencia de aprendizaje digital	Focalización de las actividades en la creación de productos originales, con selección y uso oportuno de cuantas herramientas digitales se requiera para la expresión personal o grupal.	Entre las actividades principales desarrolladas se potencia la creación de productos originales a partir de herramientas digitales sugeridas en el itinerario formativo para la expresión digital o grupal.	Se facilitan pautas para la creación de productos originales en las actividades de aprendizaje, con uso de herramientas digitales sugeridas en su itinerario formativo.	No se contemplan actividades para la creación de productos originales con el uso de herramientas digitales

Fuente; Proyectos innovadores de la Fundación Telefónica

